

QUANTENOPTIK UND PHOTONIK (Q)

Prof. Dr. Maciej Lewenstein
 ICFO - Institut de Ciències Fotoniques
 Mediterranean Technology Park
 Av. del Canal Olímpic s/n
 08860 Castelldefels (Barcelona), Spain
 E-Mail: maciej.lewenstein@icfo.es

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN

(Hörsäle HI, HII, HIV, HVI und H14)

Hauptvorträge

- Q 1.1 Mo 10:40 (HVI) **Superkontinua für die Photonik**, [Carsten Fallnich](#), Erik Benkler, Marco Greve, Nils Haverkamp, Holger Hundertmark, Dietmar Kracht, Philip St. John Russell, Harald R. Telle, Dieter Wandt
- Q 13.1 Mo 16:30 (HVI) **Coupling Light and Atoms — Recent Results and New Approaches**, [A. Rauschenbeutel](#), W. Alt, I. Dotsenko, D. Haubrich, M. Khudaverdyan, Y. Miroschnychenko, M. Pöllinger, S. Reick, G. Sagué, E. Vetsch, F. Warken, D. Meschede
- Q 57.1 Do 10:40 (HVI) **Magnetische Metamaterialien**, [Ekaterina Shamonina](#)
- Q 78.1 Fr 10:30 (HVI) **Entanglement in complex many-particle systems: condensed matter meets quantum information and quantum optics**, [Andreas Osterloh](#)

Fachsitzungen

- | | | | | |
|------|--|----------------|-----|-------------|
| Q 1 | Hauptvortrag I | Mo 10:40–11:10 | HVI | Q 1.1–1.1 |
| Q 2 | Quantengase I | Mo 11:10–12:55 | HVI | Q 2.1–2.7 |
| Q 3 | Gruppenberichte Quanteneffekte | Mo 11:10–12:40 | HI | Q 3.1–3.3 |
| Q 4 | Gruppenbericht Stark korrelierte Systeme | Mo 11:10–11:40 | HII | Q 4.1–4.1 |
| Q 5 | Stark korrelierte Systeme | Mo 11:40–12:40 | HII | Q 5.1–5.4 |
| Q 6 | Halbleiterlaser | Mo 11:10–12:55 | HIV | Q 6.1–6.7 |
| Q 7 | Photonik in komplexen und periodischen Strukturen I | Mo 11:10–12:40 | H14 | Q 7.1–7.6 |
| Q 8 | Quantengase II | Mo 14:00–16:00 | HVI | Q 8.1–8.8 |
| Q 9 | Quanteninformation I | Mo 14:00–16:00 | HI | Q 9.1–9.8 |
| Q 10 | Quanteneffekte I | Mo 14:00–16:00 | HII | Q 10.1–10.8 |
| Q 11 | Festkörperlaser I | Mo 14:00–16:00 | HIV | Q 11.1–11.8 |
| Q 12 | Wellenleitung und Informationsübertragung | Mo 14:00–16:00 | H14 | Q 12.1–12.8 |
| Q 13 | Hauptvortrag II | Mo 16:30–17:00 | HVI | Q 13.1–13.1 |
| Q 14 | Quantengase III | Mo 17:00–18:45 | HVI | Q 14.1–14.7 |
| Q 15 | Quanteninformation II | Mo 17:00–18:30 | HI | Q 15.1–15.6 |
| Q 16 | Quanteneffekte II | Mo 17:00–18:45 | HII | Q 16.1–16.7 |
| Q 17 | Festkörperlaser II | Mo 17:00–18:30 | HIV | Q 17.1–17.6 |
| Q 18 | Photonik in komplexen und periodischen Strukturen II | Mo 17:00–18:30 | H14 | Q 18.1–18.6 |
| Q 19 | Symposium Quantum state analysis and estimation | Di 10:30–16:00 | HVI | SYSA |
| Q 20 | Photonische Kristalle I | Di 10:40–12:55 | HI | Q 20.1–20.9 |
| Q 21 | Ultrakalte Moleküle | Di 10:40–11:55 | HII | Q 21.1–21.5 |
| Q 22 | Festkörperlaser III | Di 10:40–12:40 | HIV | Q 22.1–22.8 |
| Q 23 | Optische Meßtechnik | Di 10:40–12:10 | H14 | Q 23.1–23.6 |
| Q 24 | Informationsspeicherung und -verarbeitung | Di 12:10–12:40 | H14 | Q 24.1–24.2 |

Q 25	Photonische Kristalle II	Di 13:45–16:00	HI	Q 25.1–25.9
Q 26	Fallen und Kühlung I	Di 14:00–16:00	HII	Q 26.1–26.8
Q 27	Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse	Di 13:45–16:00	HIV	Q 27.1–27.9
Q 28	Poster Teilchenoptik	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 28.1–28.1
Q 29	Poster Quanteneffekte	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 29.1–29.13
Q 30	Poster Stark korrelierte Systeme	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 30.1–30.2
Q 31	Poster Fallen und Kühlung	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 31.1–31.14
Q 32	Poster Ultrakalte Moleküle	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 32.1–32.2
Q 33	Poster Nichtlineare Optik und Atomoptik	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 33.1–33.4
Q 34	Poster Quantengase	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 34.1–34.21
Q 35	Poster Photonische Kristalle	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 35.1–35.18
Q 36	Poster Photonik in komplexen und periodischen Strukturen	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 36.1–36.2
Q 37	Poster Wellenleitung und Informationsübertragung	Di 16:30–18:30	Labsaal	Q 37.1–37.4
Q 38	Quantengase IV	Mi 10:40–12:55	HVI	Q 38.1–38.9
Q 39	Gruppenbericht Quanteninformation	Mi 10:40–11:10	HI	Q 39.1–39.1
Q 40	Quanteninformation III	Mi 11:10–12:55	HI	Q 40.1–40.7
Q 41	Quanteneffekte IV	Mi 10:40–12:55	HII	Q 41.1–41.9
Q 42	Gruppenbericht Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik	Mi 10:40–11:10	HIV	Q 42.1–42.1
Q 43	Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik	Mi 11:10–12:40	HIV	Q 43.1–43.6
Q 44	Gruppenbericht Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen	Mi 10:40–11:10	H14	Q 44.1–44.1
Q 45	Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen I	Mi 11:10–12:40	H14	Q 45.1–45.6
Q 46	Symposium Photonic Crystals	Mi 14:00–16:00	HV	SYPC
Q 47	Photonische Kristalle III	Mi 17:30–18:30	HV	Q 47.1–47.4
Q 48	Gruppenberichte Quantengase	Mi 14:00–15:00	HVI	Q 48.1–48.2
Q 49	Quantengase V	Mi 15:00–18:15	HVI	Q 49.1–49.11
Q 50	Quanteninformation IV	Mi 14:00–15:00	HI	Q 50.1–50.4
Q 51	Quantencomputer	Mi 15:00–18:00	HI	Q 51.1–51.10
Q 52	Gruppenbericht Fallen und Kühlung	Mi 14:00–14:30	HII	Q 52.1–52.1
Q 53	Fallen und Kühlung II	Mi 14:30–17:00	HII	Q 53.1–53.8
Q 54	Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik II	Mi 14:00–17:00	HIV	Q 54.1–54.10
Q 55	Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen II	Mi 14:00–17:15	H14	Q 55.1–55.11
Q 56	Symposium Ultracold dipolar Gases	Do 10:40–16:30	HV	SYDG
Q 57	Hauptvortrag III	Do 10:40–11:10	HVI	Q 57.1–57.1
Q 58	Quantenkommunikation	Do 11:10–12:40	HVI	Q 58.1–58.6
Q 59	Photonische Kristalle IV	Do 11:10–12:55	HI	Q 59.1–59.7
Q 60	Laserspektroskopie I	Do 11:10–12:55	HII	Q 60.1–60.7
Q 61	Gruppenbericht Präzisionsmessungen	Do 11:10–11:40	HIV	Q 61.1–61.1
Q 62	Präzisionsmessungen I	Do 11:40–12:40	HIV	Q 62.1–62.4
Q 63	Quanteninformation V	Do 14:00–16:00	HVI	Q 63.1–63.8
Q 64	Photonische Kristalle V	Do 14:00–16:00	HI	Q 64.1–64.8
Q 65	Laserspektroskopie II	Do 14:00–15:00	HII	Q 65.1–65.4
Q 66	Laser in der Medizin und Umweltmeßtechnik	Do 15:00–16:00	HII	Q 66.1–66.4
Q 67	Präzisionsmessungen II	Do 14:00–15:45	HIV	Q 67.1–67.7
Q 68	Poster Festkörperlaser	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 68.1–68.8
Q 69	Poster Halbleiterlaser	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 69.1–69.2
Q 70	Poster Ultrakurze Lichtimpulse	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 70.1–70.6
Q 71	Poster Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 71.1–71.7
Q 72	Poster Laserspektroskopie	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 72.1–72.15
Q 73	Poster Laser in der Umweltmeßtechnik	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 73.1–73.4
Q 74	Poster Präzisionsmessungen	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 74.1–74.7
Q 75	Poster Quanteninformation	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 75.1–75.16
Q 76	Poster Quantenkommunikation	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 76.1–76.8
Q 77	Poster Quantencomputer	Do 16:30–18:30	Labsaal	Q 77.1–77.9
Q 78	Hauptvortrag IV	Fr 10:30–11:00	HVI	Q 78.1–78.1
Q 79	Symposium Radiation transport in random media	Fr 11:00–16:00	HVI	SYRT

Postdeadline Sitzung

Aufgrund der großen Zahl der Anmeldungen und fachübergreifenden Symposien und des streng gesteckten Zeitplans ist keine Postdeadline-Sitzung geplant. In einzelnen Fällen kann jedoch eine ausnahmsweise nachträgliche Genehmigung eines Beitrags in Erwägung gezogen werden.

Bitte wenden Sie sich diesbezüglich direkt an den Fachverbandsvorsitzenden Maciej Lewenstein.

Mitgliederversammlung des Fachverbands Quantenoptik und Photonik

Mi 13:00–13:30 HVI

Vorläufige Tagesordnung:

1. Bericht des FV-Vorsitzenden
2. Bericht aus der AG Photonik
3. Verschiedenes

Maciej Lewenstein

Fachsitzungen

– Hauptvorträge, Gruppenberichte, Kurzvorträge und Posterbeiträge –

Q 1 Hauptvortrag I

Zeit: Montag 10:40–11:10

Raum: HVI

Hauptvortrag

Q 1.1 Mo 10:40 HVI

Superkontinua für die Photonik — ●CARSTEN FALLNICH¹, ERIK BENKLER¹, MARCO GREVE¹, NILS HAVERKAMP¹, HOLGER HUNDERTMARK², DIETMAR KRACHT², PHILIP ST. JOHN RUSSELL³, HARALD R. TELLE¹ und DIETER WANDT² — ¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, D-38116 Braunschweig — ²Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover — ³Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Günther-Scharowsky-Str. 1, D-91058 Erlangen

Der Vortrag präsentiert Experimente zu Femtosekunden-Superkontinua (SC) und zu deren Führung geeigneter Wellenleiter für Anwendungen in der Photonik. Spektrale Bandbreiten von mehr als einer Oktave um 1550 nm Zentralwellenlänge sind mit geringen Impulsener-

gien und hoher Phasenkohärenz z.B. in mikrostrukturierten SF6-Fasern möglich [1,2]. Allerdings können spektrale Verstärkungsfaktoren über die SC-Bandbreite um bis zu zwei Größenordnungen variieren [3]. Mittels Selbstreferenzierung [4] lässt sich die Schlupffrequenz [2] und mit Hilfe einer stabilen Zeitreferenz auch die Puls wiederholrate stabilisieren [5]. Somit lassen sich Frequenzkämme z.B. zur Lasersynchronisierung [6] oder als phasenkohärente Multi-Wellenlängen-Strahlquellen [7] nutzen.

[1] H. Hundertmark et al., *Opt. Express* 11, 3196 (2003) [2] H. Hundertmark et al., *Opt. Express* 12, 770 (2004) [3] N. Haverkamp et al., *Opt. Express* 12, 582 (2004) [4] H.R. Telle et al., *Appl. Phys. B* 69, 327 (1999) [5] N. Haverkamp et al., *Appl. Phys. B* 78, 321 (2004) [6] E. Benkler et al., *Opt. Lett.* 30, 2016 (2005) [7] P. Baum et al., *Opt. Lett.* 30, 2028 (2005)

Q 2 Quantengase I

Zeit: Montag 11:10–12:55

Raum: HVI

Q 2.1 Mo 11:10 HVI

Complex scaling approach to the decay of Bose-Einstein condensates — ●PETER SCHLAGHECK and TOBIAS PAUL — Institut für Theoretische Physik, Universität Regensburg, 93040 Regensburg

The mean-field dynamics of a Bose-Einstein condensate is studied in presence of a microscopic trapping potential from which the condensate can escape via tunneling through finite barriers. We show that the method of complex scaling can be used to obtain a quantitative description of this decay process. A real-time propagation approach that is applied to the complex-scaled Gross-Pitaevskii equation allows to calculate the chemical potentials and lifetimes of the metastably trapped Bose-Einstein condensate. The method is applied to a one-dimensional harmonic confinement potential combined with a Gaussian envelope, for which we compute the lowest symmetric and antisymmetric quasibound states of the condensate. A comparison with alternative approaches using absorbing boundary conditions as well as complex absorbing potentials shows good agreement.

Q 2.2 Mo 11:25 HVI

Exact tunnelling rates for the nonlinear Wannier-Stark problem — ●SANDRO WIMBERGER — CNR-INFM and Dipartimento di Fisica E. Fermi, Università degli Studi di Pisa, Largo Pontecorvo 3, I-56127 Pisa

We present a method to numerically compute exact tunnelling rates for a Bose-Einstein condensate which is described by the nonlinear Gross-Pitaevskii equation. Our method is based on a sophisticated real-time integration of the complex-scaled Gross-Pitaevskii equation, and it is capable of finding the stationary eigenvalues for the Wannier-Stark problem. We show that even weak nonlinearities have significant effects in the vicinity of very sensitive resonant tunnelling peaks, which occur in the rates as a function of the Stark field amplitude. The mean-field interaction induces a broadening and a shift of the peaks, and the latter is explained by analytic perturbation theory. Our results are confronted with a recent experimental proposal to measure the quantum transport processes around the resonant tunnelling peaks, see S. Wimberger et al., preprint cond-mat/0506357.

Q 2.3 Mo 11:40 HVI

Theory of superradiant Rayleigh scattering from Bose-Einstein condensates — ●OLIVER ZOBAY and GEORGIOS M. NIKOLOPOULOS — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, 64289 Darmstadt, Germany

We study superradiant scattering off Bose-Einstein condensates by solving the semiclassical Maxwell-Schrödinger equations describing the coupled dynamics of matter-wave and optical fields [1]. Taking the spa-

tial dependence of these fields along the condensate axis into account, we are able to reproduce and explain many of the characteristic features observed in the experiments [2,3], such as the shape of momentum side-mode distributions for forward and backward scattering, the spatial asymmetry between forward and backward side modes, and the depletion of the condensate center observed for forward scattering.

[1] O. Zobay and G. M. Nikolopoulos, *Phys. Rev. A* **72**, 041604(R) (2005). [2] S. Inouye, A. P. Chikkatur, D. M. Stamper-Kurn, J. Stenger, D. E. Pritchard, and W. Ketterle, *Science* **285**, 571 (1999). [3] D. Schneble, Y. Torii, M. Boyd, E. W. Streed, D. E. Pritchard, and W. Ketterle, *Science* **300**, 475 (2003).

Q 2.4 Mo 11:55 HVI

Non-Abelian Atom Optics — ●ANDREAS JACOB and LUIS SANTOS — Institut für Theoretische Physik 3, Universität Stuttgart

We analyze the possibility to observe non-Abelian effects in the Atom Optics of cold atoms in optical lattices. After proposing realistic experimental schemes for the implementation of non-Abelian physics, we analyze the expansion of a Bose gas under non-Abelian conditions, showing the appearance of interference fringes. Additionally, we analyze non-Abelian Atom interferometers, and the effects of interactions in these arrangements.

Q 2.5 Mo 12:10 HVI

Spinor dynamics in Fock space — ●REINHOLD WALSER, LEV PLIMAK, CARSTEN WEISS, and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, Germany

Well isolated trapped multi-component Bose gases represent an ideal environment to investigate exact many-body dynamics of simple spin systems [1-4]. In the present contribution, we will discuss static and dynamic aspects of quantum systems where only few quantized modes need to be considered. On one hand, the discrete nature of the Fock representation leads to highly efficient numerical algorithms, but on the other hand, it also leads to very intuitive description in terms of many-body potentials and effective masses.

[1] W. Zhang, D. L. Zhou, M.-S. Chang, M. S. Chapman, and L. You *Phys. Rev. A*, **72**, 013602 (2005) [2] J. Kronjäger *et al.*, cond-mat/0509083, to be published *Phys. Rev. A*, (2005) [3] L. Santos and T. Pfau, cond-mat/0510634 (2005) [4] L. Plimak, C. Weiß, R. Walser and W.P. Schleich, *Opt. Comm.* submitted (2005)

Q 2.6 Mo 12:25 HVI

Dynamics of an ultracold quantum gas far from equilibrium — •THOMAS GASENZER, JÜRGEN BERGES, MICHAEL SCHMIDT, and MARCOS SECO — Institut für Theoretische Physik, Philosophenweg 16, 69120 Heidelberg

A full quantum many-body theoretical study of the equilibration process of an ultracold Bose gas, initially in a state far away from equilibrium, is presented. In more and more experimental situations, ultracold atomic Bose and Fermi gases are driven far away from a thermal equilibrium state. Magnetic and optical Feshbach resonances as well as sophisticated trapping techniques play an important role in this progress. Precise measurements of the ensuing dynamics have become possible which have the potential for important impact in various areas of physics. The far-from-equilibrium configurations of particular interest are those where quantum fluctuations become important which are not taken into account in mean-field theory. An approach to beyond-mean-field quantum many-body theory on the basis of Green-function techniques is presented. This allows to describe both the short and long-time evolution of a gas far from equilibrium. The dynamical many-body theory remains applicable at long times, where thermal equilibrium is approached. This is shown

for the example of a weakly interacting one-dimensional Bose gas. The method allows to distinguish quantum and classical aspects of the dynamical evolution.

Q 2.7 Mo 12:40 HVI

Bose Gas in Disorder Potential With Arbitrary Correlation — •PATRICK NAVEZ¹, AXEL PELSTER², and ROBERT GRAHAM² — ¹Labo Vaste-Stoffysica en Magnetisme, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnlaan 200 D, B-3001 Heverlee, Belgium — ²Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany

We consider a dilute, weakly interacting Bose gas moving in a Gaussian distributed frozen disorder potential $V(\mathbf{x})$. Depending on the disorder correlation function $\overline{V(\mathbf{x}_1)V(\mathbf{x}_2)} = R(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)$, this model describes superfluid helium in porous media or cold atoms trapped by magnetic fields along wires with current irregularities. In our approach we interpret the underlying zero temperature Gross-Pitaevskii equation as a spatial Langevin equation and calculate disorder ensemble averages from it. The resulting condensate and superfluid densities are determined as a function of the disorder correlation length.

Q 3 Gruppenberichte Quanteneffekte

Zeit: Montag 11:10–12:40

Raum: HI

Gruppenbericht

Q 3.1 Mo 11:10 HI

Adiabatischer Ramantransfer optischer Zustände — •FRANK VEWINGER, JÜRGEN APPEL, EDEN FIGUEROA, GEORG GÜNTER, PETER MARZLIN und ALEXANDER I. LVOVSKY — Department of Physics and Astronomy, University of Calgary, Calgary, AB, T2N 1N4 Canada

Wir präsentieren ein Protokoll zum Transfer von Quantenzuständen zwischen zwei optischen Moden basierend auf elektromagnetisch induzierter Transparenz. Wird ein metastabiler Zustand durch zwei (klassische) Kontrollfelder an zwei angeregte Zustände gekoppelt, welche wiederum mittels zweier (quantisierter) Signalfelder an einen weiteren metastabilen Zustand gekoppelt sind (Multi- Λ Konfiguration), so lässt sich durch die geeignete Wahl der Kontrollfelder der Quantenzustand eines Signalfeldes adiabatisch auf die zweite Signalmode übertragen. Wir präsentieren ein theoretisches Modell, welches den Transfer beschreibt, sowie erste Ergebnisse auf dem Weg zur experimentellen Implementierung in Rubidiumdampf.

Gruppenbericht

Q 3.2 Mo 11:40 HI

Coherent processes in an ultracold gas of Rydberg atoms — •M. REETZ-LAMOUR¹, T. AMTHOR¹, A.L. DE OLIVEIRA^{2,3}, J. DEIGLMAYR¹, S. WESTERMANN¹, J. DENSKAT¹, and M. WEIDEMÜLLER¹ — ¹Physikalisches Institut Universität Freiburg, Hermann-Herder-Str. 3, 79104 Freiburg — ²Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Física, Joinville, SC 89223-100, Brazil — ³Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Carlos, SP 13560-970, Brazil

Due to the long-range character of the interaction between highly excited atoms, the dynamics of an ultracold gas of Rydberg atoms is determined by van-der-Waals and dipole-dipole interaction. One outstanding property is the tunability of resonant energy transfer processes with a static electric field [1]. The long-range interaction leads to many-body entanglement and has possible applications in quantum computing.

In a recent series of experiments we studied the coherent preparation and the coherent character of interactions in an ultracold gas of Rydberg

atoms [3]. Our experiments also reveal the role of interaction-induced mechanical forces.

[1] W.R.Anderson *et al.*, PRL **80** (1998) 249; I.Mourachko *et al.*, PRL **80** (1998) 253

[3] K.Singer *et al.*, PRL **93** (2004) 163001; J.Deiglmayr *et al.*, *subm. to Opt.Comm.*; S.Westermann *et al.*, *subm. to Eur.Phys.J.D*

Gruppenbericht

Q 3.3 Mo 12:10 HI

Microscopic origin of Casimir-Polder forces — •STEFAN YOSHI BUHMANN and DIRK-GUNNAR WELSCH — Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena, Germany

Dispersion forces between polarizable objects are a well-known consequence of the vacuum fluctuations of the electromagnetic field. One usually distinguishes between the van der Waals force between two atoms, the Casimir-Polder force between an atom and a macroscopic body, and the Casimir force between two bodies, where the distinction is made between microscopic point-like atoms on the one hand and macroscopic magnetodielectric bodies, which within the frame of macroscopic quantum electrodynamics are characterized by smoothly varying permittivities and permeabilities, on the other hand. Within the frame of macroscopic quantum electrodynamics, the Casimir-Polder force on a ground-state atom placed within an arbitrary arrangement of magnetodielectric bodies can be given in terms of the polarizability of the atom and the scattering Green tensor of the body-assisted electromagnetic field. We present a general proof that the Casimir-Polder force calculated in this way can be rewritten as an infinite series of microscopic many-atom van der Waals forces, for which explicit expressions are derived. The proof, which bridges the gap between the macroscopic and the microscopic description, is based on the Born expansion of the Green tensor together with the Clausius-Mosotti law, which relates the permittivity of the body to the polarizability of its atomic constituents. To illustrate our result, we explicitly show that the leading two-atom contribution is identical to the expression that can be derived from fourth-order perturbation theory.

Q 4 Gruppenbericht Stark korrelierte Systeme

Zeit: Montag 11:10–11:40

Raum: HII

Gruppenbericht

Q 4.1 Mo 11:10 HII

Strongly Correlated Fermionic Atoms in Optical Lattices — •MICHAEL KÖHL, THILO STÖFERLE, HENNING MORITZ, KENNETH GÜNTER, and TILMAN ESSLINGER — Institut für Quantenelektronik, ETH Zürich, CH-8093 Zürich

We report on the realization of a strongly interacting quantum degenerate gas of fermionic atoms in a three-dimensional optical lattice. We prepare a band-insulating state for a two-component Fermi gas with

one atom per spin state per lattice site. Using a Feshbach resonance, we induce strong interactions between the atoms. When sweeping the magnetic field from the repulsive side towards the attractive side of the Feshbach resonance we induce a coupling between Bloch bands leading to a transfer of atoms from the lowest band into higher bands. Sweeping the magnetic field across the Feshbach resonance from the attractive towards the repulsive side leads to two-particle bound states and ultimately to the formation of deeply bound molecules. From the fraction of formed molecules we determine the temperature of the atoms in the lattice.

Q 5 Stark korrelierte Systeme

Zeit: Montag 11:40–12:40

Raum: HII

Q 5.1 Mo 11:40 HII

Time-dependent phenomena in ultracold atoms confined by optical lattices — ●CORINNA KOLLATH — DPMC, University of Geneva, Quai Ernest-Ansermet 24, CH-1211 Geneva

The good tunability of the system parameters in the experimental realization of ultracold atoms in optical lattices opens the possibility to investigate time-dependent phenomena. We study the response of the ultracold atoms in the optical lattice to external time-dependent perturbations. We calculate the time-evolution of the perturbed system using the recently developed adaptive time-dependent DMRG (density-matrix renormalization group method).

Q 5.2 Mo 11:55 HII

Inducing frustration in optical lattices — ●JUAN JOSE GARCIA-RIPOLL¹ and JIANNIS PACHOS² — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, Garching b. München, Germany — ²DAMTP, Center for Mathematical Sciences, Wilberforce Road, Cambridge, CB3 0WA, United Kingdom

In this work we consider a simple model of cold bosonic atoms trapped in 1D optical lattices, and design a setup to induce frustration by means of Raman-assisted tunneling. We have studied numerically and analytically the quantum phases of this system and found that, apart from the Mott-Insulator to superfluid transition, there appear additional phase transitions into gapped phases with localized atoms and short-range correlations, similar to a Bose-glass. We speak then of a breakdown of superfluidity due to the frustration.

Q 5.3 Mo 12:10 HII

Quantum Phases and Dynamics of Ultracold Atomic Gases in 1D Superlattices — ●MARKUS HILD, FELIX SCHMITT, and ROBERT ROTH — Institut fuer Kernphysik, Technische Universitaet Darmstadt

We discuss the properties of ultracold atomic gases in inhomogeneous 1D optical lattices in the theoretical framework of the Hubbard model. Static and dynamic properties are addressed via an exact numerical solution using a basis of Fock-states. The restriction of the many-body Hilbert space to the physically relevant states allows us to handle moderate system sizes and to access all important observables. We study the phase diagram of quantum gases in disordered- and superlattices to gain information on the characteristics of the various quantum phases, including the Mott-insulator- and the Bose-glass-phase. In particular, the dynamical response of the system in time-dependent lattice potentials provides signatures of the quantum phases which are directly accessible by experiment.

Q 5.4 Mo 12:25 HII

Wigner crystallization in dipolar gases — ●H. FEHRMANN¹, M. BARANOV², and M. LEWENSTEIN³ — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Hannover, Appelstraße 2, 30167 Hannover, Germany — ²Van der Waals-Zeeman Instituut, Universiteit van Amsterdam, Valckenierstraat 65-67, Netherlands — ³ICFO, Av. del Canal Olímpic, 08860 Castelldefels (Barcelona), Spain

We analyze the possibility to observe a Wigner crystal phase in a 2D rapidly rotating polarized dipolar fermionic gas in the lowest Landau level. We demonstrate that for small filling factors ($\nu < 1/7$) the Wigner crystal state with the triangular lattice has lower energy than the Laughlin state, and therefore, is the ground state of the system. To find the critical value ν_{cr} , at which the quantum phase transition from liquid to crystal takes place, we perform self-consistent numerical calculations of the Wigner crystal phonon spectra with the account of anharmonic effects. The value $\nu_{cr} = 0.154$ is found as the point below which these spectra become unstable.

Q 6 Halbleiterlaser

Zeit: Montag 11:10–12:55

Raum: HIV

Q 6.1 Mo 11:10 HIV

Improvements of the spectral properties of multimode standard laser diodes by back-coupling of light with volume holographic gratings* — ●INGO BREUNIG, FELIX KRÖGER, and KARSTEN BUSE — Physikalisches Institut, Universität Bonn, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

High power laser diodes in the red or near-infrared spectral range are cheap and compact light sources for various applications. Standard FABRY-PEROT laser diodes unfortunately show spatial and spectral characteristics that are insufficient for several applications. A good method to improve the spectral properties is to provide an optical feedback, e.g. by a surface grating in the LITROW or LITTMAN configuration. In our experiments we use a fixed volume holographic grating recorded in silica glass with a maximum reflectivity of 61% at a wavelength of 976 nm and with a bandwidth of ± 0.15 nm. The beam of a standard multimode laser diode without antireflection coating is sent back by the grating under an angle of 0° . With this feedback we observe a narrowing of the spectral linewidth by a factor of 100. Furthermore, we achieve a stabilization of the center wavelength which is better than 2 pm on a timescale of ten minutes without any active feedback. Such improvement of the spectral characteristics can be observed with but also without collimation optics, being a remarkable difference to the common methods with surface gratings. The frequency stability is unfortunately reduced in such a system. Compactness and robustness makes the direct BRAGG reflection of light advantageous over the other methods.

*Financial support by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (FOR 557), and by the Deutsche Telekom AG is gratefully acknowledged.

Q 6.2 Mo 11:25 HIV

Extended-Cavity Diode Laser with an external Bragg Mirror* — ●FELIX KROEGER, INGO BREUNIG, and KARSTEN BUSE — Universität Bonn, Physikalisches Institut

Laser diodes in the red and near-infrared spectral range are cheap and compact light sources for various applications. There are well-known techniques to reduce the linewidth of diode lasers by wavelength-selective feedback from a surface grating, the so-called LITROW or LITTMAN con-

figurations. In our setup we use a volume holographic grating (BRAGG mirror) with normal incidence. The maximum reflectivity is about 95 % at 808.0 nm, and the bandwidth is 0.4 nm. With this BRAGG reflector an optical feedback into an anti-reflection-coated laser diode is provided. This way we are building a compact extended-cavity diode laser system with an emission linewidth of approximately 25 MHz and a long-term stability of more than 7 hours. The optimum reflectivity and geometry of the outcoupling mirror as well as the possible modehop-free tuning range are currently under investigation.

*Financial support by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (FOR 557) and by the Deutsche Telekom AG is gratefully acknowledged.

Q 6.3 Mo 11:40 HIV

Terahertz-modulated emission from an organic VCSEL — ●M. SWOBODA¹, M. KOSCHORRECK², R. GEHLHAAR¹, V. G. LYSSENKO¹, M. SUDZIUS¹, H. FRÖB¹, M. HOFFMANN¹, and K. LEO¹ — ¹Institut für Angewandte Photophysik, Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, Germany, www.iapp.de — ²ICFO - Institut de Ciències Fotòniques, Jordi Girona 29, Nexus II, 08034 - Barcelona, Spain

We measure the emission dynamics of an optically pumped high-Q organic vertical-cavity surface-emitting laser (VCSEL). As active material, we use the organic semiconductor composite of tris-(8-hydroxy quinoline) aluminium (Alq_3) and 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran (DCM). A rate equation model describes the dynamics [1]. Due to optical anisotropy in the dielectric mirror layers, two perpendicularly polarized laser lines appear. An upconversion experiment provides a 400 fs temporal resolution. The observed line splitting of 0.18 THz results in a modulation of the laser emission at 5.5 ps period time and is also modelled using a rate equation approach.

[1] M. Koschorreck *et al.* Dynamics of a high-q vertical cavity organic laser.

Appl. Phys. Lett., **87**,181108,(2005)

Q 6.4 Mo 11:55 HIV

Räumlich aufgelöste Charakterisierung optisch gepumpter Halbleiterscheibenlaser — •FLORIAN SAAS¹, UTE ZEIMER², RÜDIGER GRUNWALD¹, WOLFGANG PITTROFF², MARTIN ZORN², MARKUS WEYERS² und UWE GRIEBNER¹ — ¹Max-Born-Institut, Max-Born-Strasse 2a, D-12489 Berlin, Germany — ²Ferdinand-Braun-Institut, Gustav-Kirchhoff-Str.4, D-12489 Berlin, Germany

Optisch gepumpte Halbleiterscheibenlaser sind zunehmend für Dauerstrichlaser (cw) im Leistungsbereich einiger Watt und Kurzpulslaser von Interesse [1]. Die räumlich aufgelöste Charakterisierung der Quantumwell Gainstrukturen, prozessiert mit der Bottom-up Technik, unter Einsatz verschiedener Messmethoden wird vorgestellt. Es konnte eine hohe Ebenheit (Krümmungsradius ca. 3 m) und nahezu Defektfreiheit der Strukturen mit einer Lumineszenzwellenlängenverschiebung von nur 1 nm bei einer Wellenlänge um 1 μm über eine Fläche von 1 mm * 1 mm gemessen werden. Die hohe Qualität der Strukturen wurde in cw und modengekoppeltem Laserbetrieb bestätigt. Bei Verschiebung des Laserspots über das aktive Material blieb die Ausgangsleistung relativ konstant bei einer Laserwellenlängendrift von nur 5 nm. Die maximale cw-Ausgangsleistung betrug 540 mW mit einer Pumpeffizienz von 23%. Im passiv modengekoppelten Regime konnten unter Einsatz eines schnellen Halbleiterabsorbers (Relaxationszeit ca. 1 ps) kürzeste Pulsdauern von 1.5 ps erzielt werden.

[1] S. Hoogland et al., IEEE Photon. Technol. Lett. 17, 267-269 (2005).

Q 6.5 Mo 12:10 HIV

Hybride Modenkopplung von Diodenlasern mit resonatorinterner Dispersionskompensation — •TUYEN LE¹, MICHAEL BREEDE¹, MARTIN HOFMANN¹, ANDREAS KLEHR² und GÖTZ ERBERT² — ¹AG Optoelektrische Bauelemente und Werkstoffe, IC2/133, Ruhr-Universität Bochum, D 44780 Bochum — ²Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Gustav-Kirchhoff-Straße 4, D 12489 Berlin

Femtosekunden- (fs-) Lasertechnologie beinhaltet ein hohes Marktpotential, das aber aufgrund der Komplexität und des hohen Preises derzeitiger fs-Laser (z.B. Ti:Saphir-Laser) nicht erschlossen werden kann. Diodenlaser sind zwar sehr kostengünstige Lasersysteme mit ausreichender Verstärkungsbandbreite für fs-Pulserzeugung. Diese konnte aber bisher vorwiegend aufgrund der starken Selbstphasenmodulation durch die Kopplung von Real- und Imaginärteil der Suszeptibilität in Halbleiterlasern nicht ausgeschöpft werden. Wir präsentieren hier einen Ansatz zur fs-Pulserzeugung mit hybrider Modenkopplung von Mehrsegment-Diodenlasern, die zur Dispersionskontrolle einen Spatial Light Modulator

(SLM) im externen Resonator beinhalten.

Q 6.6 Mo 12:25 HIV

Intracavity Frequenzverdopplung von optisch gepumpten Halbleiter-Scheibenlasern mit BiBO und KTP — •RENÉ HARTKE, ERNST HEUMANN und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Optisch gepumpte Halbleiter-Scheibenlaser (OPS-Disk Laser) bieten eine Kombination aus hoher Strahlqualität und Leistungsskalierbarkeit bis in den Watt-Bereich im cw-Betrieb. Durch resonatorinterne Frequenzverdopplung lassen sich kompakte OPS-Disk Laser im sichtbaren Bereich realisieren, die zum Beispiel für Anwendungen im Display-Bereich einsetzbar sind.

Eine Leistung von 110 mW bzw. 45 mW bei 525 nm wurde unter Raumtemperatur mit BiBO bzw. KTP als nichtlinearem Kristall erreicht. Das entspricht Konversionsraten von 34% bzw. 14% bezüglich der aus dem Resonator ohne Frequenzverdoppler optimal auskoppelbaren IR-Leistung. Die Kristalllänge betrug jeweils 4 mm.

Polarisationseffekte, insbesondere unter Typ II Phasenanpassung (KTP), werden untersucht und analysiert mit dem Ziel, die Effizienz der Frequenzverdopplung weiter zu steigern. Die Grundwellen der von uns verwendeten OPS-Disk Laser sind linear polarisiert. Während diese Polarisation bei Frequenzverdopplung mit BiBO erhalten blieb, wurde bei KTP eine Depolarisation beobachtet.

Q 6.7 Mo 12:40 HIV

Frequenzverdopplung von Breitstreifendiodenlasern mit periodisch gepolten Lithiumniobat — •ANDREAS JECHOW, DANILO SKOCZOWSKY, VOLKER RAAB und RALF MENZEL — Universität Potsdam, Institut für Physik, Lehrstuhl für Photonik, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

Durch externe Resonatoren können mit Breitstreifenlaserdioden exzellente Werte in Strahlqualität, Bandbreite und Leistungsdichte erreicht werden. Dies erschließt Diodenlasern neue Anwendungsbereiche wie z.B. die nichtlineare Optik. Von besonderem Interesse ist dabei die Frequenzkonversion von infrarotem in sichtbares Licht. Eine im externen Resonator frequenzstabilisierte und durchstimmbare Laserdiode liefert bei einer Wellenlänge von 976 nm beugungsbegrenztes Laserlicht mit einer cw-Leistung von 1 W. Mit diesem externen Resonator und einem PPLN-Kristall wurden im Einfachdurchgang 15 mW bei einer Wellenlänge von 488 nm mit einer Bandbreite von 15 GHz erzeugt.

Q 7 Photonik in komplexen und periodischen Strukturen I

Zeit: Montag 11:10–12:40

Raum: H14

Q 7.1 Mo 11:10 H14

Anisotropic Light Diffusion in Suspensions of Birefringent Colloids — •T. GISLER, K. SANDOMIRSKI, G. MARET, and H. STARK — Universität Konstanz, Fachbereich Physik, Fach M621, 78457 Konstanz

We study multiple scattering of light in suspensions of birefringent, spherical colloids with a large, positive birefringence $n_e - n_o \approx 0.2$. Due to the anisotropy in the diamagnetic susceptibility, these particles are oriented by a magnetic field \mathbf{B} which suppresses the orientation fluctuations.

In the diffusive regime of light transport, the diffuse transmission T_d decreases with increasing magnetic field B when the incident wave vector \mathbf{k}_i is parallel to \mathbf{B} . On the other hand, T_d measured for $\mathbf{k}_i \perp \mathbf{B}$ increases with B . Furthermore, the particle orientation by the magnetic field leads to a pronounced anisotropy in the transmission profiles when $\mathbf{k}_i \perp \mathbf{B}$: the photon diffusion coefficient \mathcal{D}_\perp perpendicular to the magnetic field is larger than \mathcal{D}_\parallel , the photon diffusion coefficient parallel to \mathbf{B} , with a maximal value of the anisotropy $\mathcal{D}_\perp/\mathcal{D}_\parallel \approx 1.6$ at a magnetic field strength $B = 7$ T. Even at high particle densities and with samples thick enough that ballistic light is virtually absent, we find that the diffusely transmitted light is partially polarized, with a degree of polarization that increases with B and reaches a value 0.14 at $B = 7$ T. This indicates that the orientation of the particles by the magnetic field induces a macroscopic uniaxial symmetry into the random medium guiding the diffusive light propagation.

Q 7.2 Mo 11:25 H14

Talbot effect observed on microstructured surfaces — •MANUEL GONÇALVES, ANDRÉ SIEGEL, and OTHMAR MARTI — University of Ulm, Dept. of Experimental Physics, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm, Germany

The Talbot effect, known in optics since the middle of the 19th century acquired, recently, also strong interest in atom optics. In both classical and atom optics the theoretical analysis of this effect relies on the paraxial and parabolic approximations of the Fresnel diffraction.

We show that, in some cases, this approach is inadequate. We have observed experimentally the self-imaging on two-dimensional arrays of microspheres adsorbed on flat surfaces, and on microstructured surfaces using colloidal crystals as templates. These structures can focus an incoming plane wave sharply generating very narrow light sources. We show that if the size of light sources is of the order of the wavelength, or even smaller, the conventional paraxial approximation to calculate the Talbot length, z_T , fails.

In order to explain the evolution of the light intensity with the distance to the array, we have developed a theoretical model based on the Rayleigh-Sommerfeld diffraction theory, without using the paraxial approximation. The results obtained are in good agreement with the experimental measurements. On the other hand, the diffraction patterns predicted by the classical Fresnel formalism were not observed experimentally.

Q 7.3 Mo 11:40 H14

Optische Nichtlinearitäten in photonischen Bandlückenfasern mit hohlem Kern — •ERIK BENKLER, AXEL SPRINGHOFF und HARALD R. TELLE — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Photonische Bandlückenfasern mit Hohlkern sind neuartige Wellenleiter zur einmodigen Übertragung hoher optischer Leistungen und zur Kompression ultrakurzer Lichtimpulse. Das Feld wird hier weitgehend im Hohlkern geführt, woraus eine geringe Wechselwirkung mit Phononen im Mantelmaterial und eine kleine effektive Nichtlinearität dritter Ordnung resultiert. Bei sehr hohen Spitzenintensitäten werden trotzdem nichtlineare Effekte beobachtet, die teilweise im Fasermantel und teilweise im Kern (z.B. Luft) stattfinden. Wir haben ein hochempfindliches Femtosekunden-Vierwellenmischverfahren mit Heterodyn-Detektion entwickelt, mit dem derartig kleine Nichtlinearitäten bereits bei niedrigen Impulsenergien quantitativ und wellenlängenabhängig gemessen werden können. Es verwendet kleine Frequenzabstände, so dass eventuelle Phononenbeiträge wirkungsvoll unterdrückt werden. Über Anwendungen dieses Systems auf verschiedene Wellenleiter, insbesondere auf Hohlkernfasern, wird berichtet.

Q 7.4 Mo 11:55 H14

Quantum-optical and classical spectroscopy with radiatively coupled multi quantum-wells — •MARCO WERCHNER, MARTIN SCHÄFER, WALTER HOYER, MACKILLO KIRA, and STEPHAN W. KOCH — Department of Physics and Material Sciences Center, Philipps University, Marburg, Germany

The optical properties of multiple-quantum-well systems are in many respects different from single quantum-well results. Radiative-coupling effects have been observed for classical spectroscopy after coherent excitation [1] as well as for steady-state photoluminescence spectra in the incoherent regime [2].

Here, an extended microscopic theory compared to [2] is presented which allows one to study *quantum* excitation, i.e. the full dynamics after excitation with an incoherent light pulse. This theory is applied to analyze reflection and transmission spectra for such a quantum excitation. In particular, the influence of the quantum-well spacing is investigated. Key differences between quantum and classical excitation are shown to result from different dephasing characteristics of coherent and incoherent excitons.

[1] T. Stroucken, A. Knorr, P. Thomas, and S. W. Koch, Phys. Rev. B **53**, 2026 (1996)

[2] M. Kira, F. Jahnke, W. Hoyer, and S. W. Koch, Prog. Quantum Electron. **23**, 189 (1999)

Q 7.5 Mo 12:10 H14

Symmetry Properties of Light-Matter Interaction in Chiral and Achiral Metamaterials — •TINEKE STROUCKEN¹, WALTER HOYER¹, TORSTEN MEIER¹, STEPHAN W. KOCH¹, MATTHIAS REICHELT², JERRY V. MOLONEY², and EWAN M. WRIGHT³ — ¹Department of Physics and Material Sciences Center, Philipps-University, Renthof 5, D-35032 Germany — ²Arizona Center for Mathematical Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA — ³College of Optical Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

Recently, optical properties of metamaterials, i.e., regular arrays of artificial sub-wavelength structures, have received considerable attention. The possibility to achieve a magnetic response at optical frequencies allows for a variety of new optical phenomena, such as negative refraction. In general, the response of a metamaterial is modeled with the aid of an effective electric and magnetic susceptibility. Although effectively homogeneous, the interaction of electromagnetic waves with metamaterials may depend on the polarization state of the exciting light field, indicating an anisotropic response. In particular, nonreciprocal response and optical activity for circularly polarized light interacting with planar chiral metamaterials could be observed[1,2].

Here, we investigate the general symmetry properties of the light-matter interaction in metamaterials and discuss their constraints on the effective optical response[3].

[1] A. Papakostas et al., Phys. Rev. Lett. **90**, 107404 (2003)

[2] M. Kuwata-Gonokami et al., Phys. Rev. Lett. **95**, 227401 (2005)

[3] M. Reichelt et al., submitted to Applied Physics B

Q 7.6 Mo 12:25 H14

Two-dimensional self trapped photonic lattices in anisotropic photorefractive media — •BERND TERHALLE¹, NINA SAGEMERTEN¹, DENIS TRÄGER¹, CORNELIA DENZ¹, ANTON S. DESYATNIKOV², DRAGOMIR N. NESHEV², WIESLAW KROLIKOWSKI², and YURI S. KIVSHAR² — ¹Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster — ²Nonlinear Physics Center and Laser Physics Center, Center for Ultra-high bandwidth Devices for Optical Systems (CUDOS), Research School of Physical Sciences and Engineering, Australian National University, Canberra ACT 0200, Australia

Photonic structures provide many novel possibilities to control light propagation, because the wave band-gap spectrum and diffraction are strongly affected by the periodic refractive index modulation. Lattices of different symmetries can be induced optically in photorefractive crystals using periodic light patterns that propagate without change in their profile. Due to the anisotropy of photorefractive materials, ordinary polarised light propagates in an almost linear regime, whereas extraordinary polarised light experiences strong photorefractive nonlinearity. Therefore one can distinguish between linear, nonlinear and so called mixed lattices. In our contribution, we investigate structure, stability and waveguiding properties of such lattices in real space as well as in Fourier space.

Q 8 Quantengase II

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: HVI

Q 8.1 Mo 14:00 HVI

Superfluid-Insulator Transition in a Periodically Driven Optical Lattice — •ANDRE ECKARDT, CHRISTOPH WEISS, and MARTIN HOLTHAUS — Institut fuer Physik, Carl-von-Ossietzky-Universitaet, 26111 Oldenburg

We demonstrate that the transition from a superfluid to a Mott insulator in the Bose-Hubbard model can be induced by an oscillating force through an effective renormalization of the tunneling matrix element. The mechanism involves adiabatic following of Floquet states, and can be tested experimentally with Bose-Einstein condensates in periodically driven optical lattices.

Q 8.2 Mo 14:15 HVI

How correlation functions illuminate the frontiers of an extended mean-field theory in a quasi-1D Bose gas — •M. ECKART, R. WALSER, and W. P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, D-89069 Ulm, Germany

Quasi-1D systems have gained a lot of interest, because they have recently been experimentally realized in the context of ultracold gases and have always been a valuable playground for theorists due to the fact, that exact solutions exist for a reduced dimensionality. One of the most interesting questions is how to describe the cross-over from the Gross-Pitaevskii regime of weakly correlated bosons ($\gamma \ll 1$) to the Tonks-Girardeau regime of strongly correlated bosons ($\gamma \gg 1$). The most sensitive experimentally available observable that can be used to study this cross-over is the third-order correlation function which is proportional to the directly measurable three-body recombination rate.

Although the quasi-1D case is the harshest environment for a mean-

field theory, we show how an extension, which also includes density fluctuations and pairing fields, can be used to describe the cross-over up to values of $\gamma \approx 1$. As any mean-field theory is known to fail in the strongly correlated regime, we give a detailed analysis of how far an extended mean-field theory can be pushed. The benefit of our approach lies in the fact that correlation functions emerge naturally and that we obtain results for the homogeneous as well as the experimentally relevant trapped case. In the region where an extended mean-field theory is applicable we also present the first calculations of the full behavior (diagonal and off-diagonal) of correlation functions up to third order.

Q 8.3 Mo 14:30 HVI

Resonanzphänomene in $F = 1$ und $F = 2$ ^{87}Rb Spinor-Kondensaten — ●JOCHEN KRONJÄGER, CHRISTOPH BECKER, MARTIN BRINKMANN, LARS NEUMANN, SEBASTIAN SCHNELLE, KAI BONGS und KLAUS SENGSTOCK — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Neue experimentelle und theoretische Untersuchungen von $F = 1$ Spinorkondensaten haben das grundlegende Verständnis der kohärenten Spindynamik in diesem System weit vorangebracht. Uns ist es z.B. gelungen, einen speziellen Anfangszustand definierter Phase zu präparieren und dessen gemessene Entwicklung analytisch zu beschreiben [1]. Arbeiten in der Gruppe von M. Chapman demonstrierten die kohärente Kontrolle der Spindynamik mit Magnetfeldpulsen [2].

Ein spannender Aspekt der Dynamik in $F = 1$ im zweidimensionalen Phasenraum in Analogie zum starren Pendel [3] ist die Vorhersage einer Divergenz der Oszillationsperiode für bestimmte Anfangswerte, wie beim Übergang vom schwingenden zum rotierenden Pendel.

Eine derartige Resonanz konnte nun in $F = 2$ ^{87}Rb erstmals vermessen werden. Wir diskutieren eine neuartige Interpretation des Phänomens als nichtlineare Phasenanpassung analog zum optischen Vier-Wellen-Mischen. Diese weiterführende Interpretation erlaubt ein qualitatives Verständnis unabhängig von der detaillierten Phasenraumdynamik, die im Fall $F = 2$ hoch komplex ist.

[1] J. Kronjäger et al., *cond-mat/0509083* (2005)

[2] M.-S. Chang et al., *Nature Physics* **1**, 111-116 (2005)

[3] W. Zhang et al., *Phys. Rev. A* **72**, 013602 (2005)

Q 8.4 Mo 14:45 HVI

Stability of a Dilute Ultracold Trapped Gas of Bose and Fermi Atoms — ●STEFFEN RÖTHEL¹ and AXEL PELSTER² — ¹Fachbereich Physik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin, Germany — ²Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany

Considering the grand-canonical partition function of a Bose-Fermi mixture, we integrate out the fermionic field and derive the effective action of the Bose subsystem. Its extremization at zero temperature yields in the Thomas-Fermi limit an algebraic Gross-Pitaevskii equation for the condensate wave function. Within this approximation we determine the density profiles of both components in a ^{87}Rb - ^{40}K mixture where the δ -interaction is repulsive between the bosons and attractive between both components.

Furthermore, we investigate the stability of the Bose-Fermi mixture with respect to collapse by evaluating numerically the effective action for a trial Gaussian density profile of the condensate. We find that the instability occurs in the center of the density profile, and that the critical numbers of bosons and fermions are reciprocal to each other. Our results, which strongly depend on the numerical value of the Bose-Fermi s-wave scattering length, are compared with recent experiments on ^{87}Rb - ^{40}K mixtures in Florence and Hamburg.

Q 8.5 Mo 15:00 HVI

Rotating Bose-Einstein Condensates in Anharmonic Traps — ●SEBASTIAN KLING¹ and AXEL PELSTER² — ¹Fachbereich Physik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin, Germany — ²Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany

We study a Bose gas within a rotating anharmonic trap in the corotating frame. In the fast rotating regime, interesting physics takes place, since the centrifugal force overcompensates the harmonic confinement, so the trapping potential becomes Mexican-hat shaped. We calculate the eigenfrequencies of the vortex-free condensate at zero temperature for low energy excitations and the velocity profile after switching off the trap. Furthermore, we discuss how thermodynamic properties such as the critical temperature and the heat capacity of the Bose gas depend on the rotation frequency.

Q 8.6 Mo 15:15 HVI

Critical Temperatures of $F = 1$ Spinor Condensate — ●PARVIS SOLTAN-PANAHI¹, AXEL PELSTER², and HAGEN KLEINERT¹ — ¹Fachbereich Physik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin, Germany — ²Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany

Applying the functional integral approach of many-body theory, we investigate the thermodynamical properties of a spinor condensate with spin $F = 1$. At first, we neglect any two-particle interaction and compute the temperature dependence of the specific heat and the magnetic susceptibility. Furthermore, we determine how the critical temperatures for the occurrence of the ferromagnetic and the antiferromagnetic phase change with the magnetization of the system. Finally, we elaborate how these critical temperatures are affected by additional short-range two-particle interactions within a mean-field approximation.

Q 8.7 Mo 15:30 HVI

Interference of an array of atom lasers — ●CARSTEN GECKELER, GIOVANNI CENNINI, GUNNAR RITT, and MARTIN WEITZ — Physikalisches Institut, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

We report on the observation of interference of a series of atom lasers. A comb-like array of coherent atomic beams is generated by outcoupling atoms from distinct Bose-Einstein condensates confined in the independent sites of a mesoscopic optical lattice. The observed interference signal arises from the spatial beating of the overlapped atom laser beams, which is monitored over a range corresponding to 2 ms of free fall time. The average relative de Broglie frequency of the atom lasers was measured.

Q 8.8 Mo 15:45 HVI

An analytical study of resonant transport of Bose-Einstein condensates — ●KEVIN RAPEDIUS, DIRK WITTHAUT, and HANS JÜRGEN KORSCH — Technische Universität Kaiserslautern, FB Physik, D-67653 Kaiserslautern, Germany

We study the stationary nonlinear Schrödinger equation, or Gross-Pitaevskii equation, for a one-dimensional finite square-well potential. By neglecting the mean-field interaction outside the potential well it is possible to discuss the transport properties of the system analytically in terms of ingoing and outgoing waves. Resonances and bound states are obtained analytically. The transmitted flux shows a bistable behaviour. Novel crossing scenarios of eigenstates similar to beak-to-beak structures are observed for a repulsive mean-field interaction. One can prove that resonances transform to bound states due to an attractive nonlinearity and vice versa for a repulsive nonlinearity, and the critical nonlinearity for the transformation can be calculated analytically. The bound state wavefunctions of the system satisfy an oscillation theorem as in the case of linear quantum mechanics. Furthermore, the implications of the eigenstates on the dynamics of the system are discussed.

Q 9 Quanteninformati on I

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: HI

Q 9.1 Mo 14:00 HI

Experimental Quantum Cryptography with Qutrits — •SIMON GRÖBLACHER¹, THOMAS JENNEWEIN², ALIPASHA VAZIRI³, GREGOR WEIHS⁴, and ANTON ZEILINGER^{1,2} — ¹Institut für Experimentalphysik, Universität Wien, Boltzmannngasse 5, A-1090 Wien, Austria — ²Institut für Quantenoptik und Quanteninformati on (IQOQI), Österreichische Akademie der Wissenschaften, Boltzmannngasse 3, A-1090 Wien, Austria — ³Physics Department, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA — ⁴Institute for Quantum Computing & Department of Physics, University of Waterloo 200, University Ave. W, Waterloo, ON N2L 3G1, Canada

We produce two identical keys using, for the first time, entangled trinary quantum systems (qutrits) for quantum key distribution. The advantage of qutrits over the normally used binary quantum systems is an increased coding density and a higher security margin. The qutrits are encoded into the orbital angular momentum of photons, namely Laguerre-Gaussian modes with azimuthal index $l + 1, 0$ and -1 , respectively. The orbital angular momentum is controlled with phase holograms. In an Ekert-type protocol the violation of a three-dimensional Bell inequality verifies the security of the generated keys. A key is obtained with a qutrit error rate of approximately 10%.

Q 9.2 Mo 14:15 HI

Single-Copy Entanglement, Criticality, and Entanglement-Area Laws in Quasi-Free Systems — •MARCUS CRAMER¹, JENS EISERT², ROMAN ORÚS³, JULIAN DREISSIG¹, MARTIN PLENIO², and JOSÉ IGNACIO LATORRE³ — ¹Universität Potsdam — ²Imperial College London — ³Universitat de Barcelona

For harmonic bosonic systems on general graphs of arbitrary dimension we give an overview of the relation between decay of correlations, energy gap and entanglement area laws [1-3]. For critical one-dimensional spin chains we establish the fact that the entropy of entanglement of a block of spins is exactly twice the entanglement that can be distilled from a single copy of the chain [4,5].

[1] M.B. Plenio, J. Eisert, J. Dreissig, and M. Cramer, Phys. Rev. Lett. 94, 060503 (2005).

[2] M. Cramer, J. Eisert, M.B. Plenio, and J. Dreissig, Phys. Rev. A 72 (2005).

[3] M. Cramer and J. Eisert, quant-ph/0509167.

[4] J. Eisert and M. Cramer, Phys. Rev. A 72, 042112 (2005).

[5] R. Orus, J.I. Latorre, J. Eisert, and M. Cramer, submitted to Phys. Rev. Lett., quant-ph/0506023.

Q 9.3 Mo 14:30 HI

Approximating ground states with long-range entanglement using weighted graph states — •SIMON ANDERS¹, MARTIN PLENIO², WOLFGANG DÜR^{1,3}, and HANS J. BRIEGEL^{1,3} — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, Austria — ²Institute for Mathematical Sciences, Imperial College, London, UK — ³Institut für Quantenoptik und Quanteninformati on der ÖAW, Innsbruck, Austria

We present a variational method for the approximation of ground states of strongly interacting spin systems in arbitrary geometries and spatial dimensions. The approach is based on so-called deformed weighted graph states and superpositions thereof. These states allow for the efficient computation of all localized observables including the energy. They include states with diverging correlation length and unbounded multi-particle entanglement. As a demonstration, we apply our approach to the Ising model on 1D, 2D and 3D square lattices.

Q 9.4 Mo 14:45 HI

Genuine three-partite entangled states with a local hidden variable model — •GEZA TOTH¹ and ANTONIO ACIN² — ¹Theoretical Division, Max Planck Institute for Quantum Optics, Hans-Kopfermann-Strasse 1, D-85748 Garching, Germany — ²ICFO-Institut de Ciències Fotòniques, Mediterranean Technology Park, 08860 Castelldefels (Barcelona), Spain

We present a family of three-qubit quantum states with a basic rotationally symmetric local hidden variable model. Any von Neumann measurement can be described by a local model for these states. We show that some of these states are genuine three-partite entangled. The generalization for larger dimensions or higher number of parties is also

discussed. As a byproduct, we present symmetric extensions of two-qubit Werner states.

For further details, please see quant-ph/0512088.

Q 9.5 Mo 15:00 HI

Two-setting Bell Inequalities for Graph States — •GEZA TOTH^{1,2}, OTFRIED GÜHNE³, and HANS J. BRIEGEL^{3,4} — ¹Research Institute of Solid State Physics and Optics, Hungarian Academy of Sciences, H-1525 Budapest P.O. Box 49, Hungary — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Strasse 1, D-85748 Garching, Germany — ³Institut für Quantenoptik und Quanteninformati on, Österreichische Akademie der Wissenschaften, A-6020 Innsbruck, Austria — ⁴Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, Technikerstrasse 25, A-6020 Innsbruck, Austria

We present Bell inequalities for graph states with high violation of local realism. In particular, we show that there is a basic Bell inequality for every nontrivial graph state which is violated by the state at least by a factor of two. This inequality needs the measurement of at most two operators for each qubit and involves only some of the qubits. We also show that for some families of graph states composite Bell inequalities can be constructed such that the violation of local realism increases exponentially with the number of qubits. We prove that some of our inequalities are facets of the convex polytope containing the many-body correlations consistent with local hidden variable models. Our Bell inequalities are built from stabilizing operators of graph states. For further details, please see quant-ph/0510007.

Q 9.6 Mo 15:15 HI

Optimal entanglement witnesses for continuous-variable systems — •PHILIPP HYLLUS and JENS EISERT — QOLS, Blackett Laboratory, and Institute of Mathematical Sciences, Imperial College London, SW7 London 2PE, United Kingdom.

We present work which is concerned with all tests for continuous-variable entanglement that arise from linear combinations of second moments or variances of canonical coordinates, as they are commonly used in experiments to detect entanglement. All such tests for bi-partite and multi-partite entanglement correspond to hyperplanes in the set of second moments. It is shown that all optimal tests, those that are most robust against imperfections with respect to some figure of merit for a given state, can be constructed from solutions to semi-definite optimization problems. Moreover, we show that for each entanglement witness, there is a one-to-one correspondence between the witness and a stronger product criterion, based on the same measurements. This generalizes the known product criteria. To provide a service to the community, we also present the documentation of two numerical routines, FULLYWIT and MULTIWIT, which have been made publicly available.

Q 9.7 Mo 15:30 HI

Entanglement studies on the valence-shell photoionization — •THOMAS RADTKE¹, STEPHAN FRITZSCHE¹, and ANDREY SURZHYKOV² — ¹Universität Kassel, Institut für Physik, D-34109 Kassel, — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, D-69117 Heidelberg

Atomic photoionization is certainly one of the most intensively studied physical processes today. Recently, new interest in this process has appeared within the context of quantum computing and quantum information as it allows also to observe and manipulate quantum entanglement. In particular, we have studied the effect of a single photoionization process on a pair of spin-state entangled electrons for the case of two non-interacting hydrogen-like ions [1].

In this contribution, we extend these studies towards the valence-shell photoionization of alkaline-earth metals for which the two outer electrons are naturally correlated. The initial two-electron state is thus completely entangled. We investigate the change of the degree of entanglement (in terms of the concurrence measure) between the ejected electron and the remaining alkaline-like ion in the $2s_{1/2}$ ground state as function of various parameters, such as photon energy, polarization and/or the angle of detection.

[1] T. Radtke, S. Fritzsche, A. Surzhykov, Phys. Lett. A 347 (2005) 73.

Q 9.8 Mo 15:45 H1

Erzeugung quantenmechanisch verschränkter Zustände von vier bis acht Ionen — ●CHRISTIAN ROOS^{1,2}, HARTMUT HÄFFNER^{1,2}, WOLFGANG HÄNSEL^{1,2}, JAN BENHELM^{1,2}, DANY CHEK-AL-KAR², MICHAEL CHWALLA², TIMO KÖRBER^{1,2}, UMAKANT RAPOL^{1,2}, MARK RIEBE², PIET SCHMIDT², OTFRIED GÜHNE¹, WOLFGANG DÜR^{1,3} und RAINER BLATT^{1,2} — ¹Institut für Quantenoptik und -information, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Technikerstr. 21a, A-6020 Innsbruck — ²Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck — ³Institut für theoretische Physik, Universität Innsbruck, Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck

Die Erzeugung vierteilchen-verschränkter Zustände steht seit einigen Jahren im Zentrum intensiver experimenteller Bemühungen. Wir berichten über die Herstellung verschränkter Zustände von vier bis acht Ionen. Die Ionen werden in einer linearen Paulfalle gespeichert und mittels Laserpulsen in ihrem quantenmechanischen Zustand kontrolliert. Durch eine geeignete Pulsfolge lassen sich N-Ionen W-Zustände erzeugen, die wir vollständig durch Messung ihrer Dichtematrix charakterisieren. Dabei zeigt sich, dass die erzeugte Matrix sich nicht als Produktzustand beschreiben läßt, sondern vielmehr echte N-Ionenverschränkung enthält.

Q 10 Quanteneffekte I

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: H11

Q 10.1 Mo 14:00 H11

Can fractal fluctuations be observed in atom-optics kicked rotor experiments? — ●ANDREA TOMADIN^{1,2} and SANDRO WIMBERGER² — ¹Scuola Normale Superiore, Piazza dei Cavalieri, I-56100 Pisa — ²Dipartimento di Fisica E. Fermi, Università degli Studi di Pisa, Largo Pontecorvo 3, I-56127 Pisa

Spectral arguments predict the existence of parametric fractal fluctuations in the δ -kicked rotor model owing to the strong “dynamical localization” of the eigenstates [1].

We present a comprehensive discussion of the possibility of observing such dynamically-induced fractality in the atom-optics realization of the kicked rotor. The influence of the atoms’ initial momentum distribution is studied as well as the systematic dependence of the expected fractal dimension on finite-size effects of the experiment (detection windows and finite measurement times). Our results show that clear signatures of fractality could be observed in experiments with flashed optical lattices, which already offer an excellent control on interaction times and the initial atomic ensemble [2].

[1] I. Guarneri and M. Terraneo, Phys. Rev. E **65**, 015203(R) (2001).

[2] C. Ryu, M. Andersen, A. Vaziri, M.B. d’Arcy, J.M. Grossmann, K. Helmerson, and W.D. Phillips, in preparation (2005).

Q 10.2 Mo 14:15 H11

Large refractive indices in collective atomic systems — ●MIHAI MACOVEI and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg.

Large indices of refraction have been suggested as candidate for a number of fascinating applications. Typically, however, they are accompanied by a large absorption of the medium, which prohibits a useful implementation [1]. We show that collective interactions of atoms via the vacuum fluctuations of the surrounding electromagnetic reservoir are suitable to generate transparent media with large indices of refraction of order 10 or high dispersion of arbitrary sign. For this purpose, we consider an atomic system consisting of two ensembles of two-level atoms with somewhat different transition frequencies and interacting with a single moderately strong laser field. Depending on the resonance condition for each kind of atom, one of the atomic species may contribute to a high refractive indices while the other one shifts the weak probe susceptibility resulting in zero absorption [2].

[1] M. O. Scully and M. S. Zubairy, *Quantum Optics* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 1997).

[2] Mihai Macovei and Christoph H. Keitel, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **38**, L315 (2005).

Q 10.3 Mo 14:30 H11

Measurement of the separation between atoms beyond diffraction limit — ●J. EVERS^{1,2}, J.-T. CHAN², M. O. SCULLY^{2,3}, and M. S. ZUBAIRY² — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — ²Institute for Quantum Studies and Dept. of Physics, Texas A&M University, College Station, Texas 77843-4242 — ³Princeton Institute for Materials Research, Princeton University, Princeton, NJ 08544-1009

Precision measurement of small separations between two quantum objects has been of interest since the early days of science. Here, we discuss a scheme which yields spatial information on a system of two identical atoms placed in a standing wave laser field [1]. The information is extracted from the collective resonance fluorescence spectrum of the two

particles, relying entirely on far-field imaging techniques. Both the interatomic separation and the positions of the two particles within the standing wave field relative to the nodes can be measured with fractional-wavelength precision over a wide range of sub-wavelength distances.

[1] J. Chang, J. Evers, M. O. Scully and M. S. Zubairy, quant-ph/0508010.

Q 10.4 Mo 14:45 H11

Geometry-dependent dynamics of two Λ -type atoms via vacuum-induced coherences — ●J. EVERS, M. KIFFNER, M. MACOVEI, and C. H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

The dynamics of a pair of atoms can significantly differ from the single-atom dynamics if the distance of the two atoms is small on a scale given by the relevant transition wavelengths [1]. Here, we discuss two nearby three-level atoms in Λ -configuration, and focus on the dependence of the optical properties on the geometry of the setup. We find that in general transitions in the two atoms can be dipole-dipole coupled by interactions via the vacuum field even if their transition dipole moments are orthogonal. We give an interpretation of this effect and show that it may crucially influence the system dynamics. In particular, for a fixed setup of driving fields and detectors, the spatial orientation of the two-atom pair decides if the system reaches a true constant steady state or if it exhibits periodic oscillations in the long-time limit. As an example observable, we study the resonance fluorescence intensity, which is either constant or is modulated periodically in the long-time limit.

[1] Z. Ficek and R. Tanas, Phys. Rep. **372**, 369 (2002).

Q 10.5 Mo 15:00 H11

Quantum interference enforced by time-energy complementarity — ●M. KIFFNER, J. EVERS, and C. H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

The interplay of the concepts of complementarity and interference in the time-energy domain are studied. In particular, we theoretically investigate the fluorescence light from a $J = 1/2$ to $J = 1/2$ transition that is driven by a monochromatic laser field. We find that the spectrum of resonance fluorescence exhibits a signature of vacuum-mediated interference effects, whereas the total intensity is not affected by interference. We demonstrate that this result is a consequence of the principle of complementarity, applied to time and energy. Since the considered level scheme can be found e.g. in $^{198}\text{Hg}^+$ ions, our setup turns out to be an ideal candidate to provide evidence for as yet experimentally unconfirmed vacuum-induced atomic coherences.

Q 10.6 Mo 15:15 H11

Nonlinear vacuum effects in strong laser fields — ●ANTONINO DI PIAZZA, KAREN Z. HATSAGORTSYAN, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg

Quantum electrodynamics predicts that the vacuum in the presence of strong electromagnetic fields behaves in general as a nonlinear birefringent dielectric medium. We investigate the feasibility that by using strong laser fields, some nonlinear vacuum effects are observed experimentally. In particular, we show that by making three terawatt optical laser beams to collide in vacuum, then photons are expected to be scattered in the collision (assisted photon-photon scattering). Also, we propose a possible experimental setup to measure the vacuum refractive indices in the presence of a strong standing wave generated by two equal counterpropagating optical laser beams with intensity of the order of 10^{23} W/cm².

Q 10.7 Mo 15:30 HII

Quantum Reflection of thermal atoms from nano-crafted structures — •ULRICH WARRING — Physikalisches Institut Heidelberg, Philosophen Weg 12, 69120 Heidelberg

In the Heidelberger Atomic Beam Spin Echo (ABSE) spectrometer, we have recently succeeded to detect Quantum Reflection (QR) of ^3He atoms from plain and well-characterized surfaces. For semi-conductors, we find that QR takes place at the transition from the van der Waals dominated part of the interaction potential to the Casimir-Polder part. In order to investigate the topological aspects of the Casimir-Polder force, we studied QR from different gratings. Depending on the shape and the orientation of these nano-structures, dramatic changes in reflectivity were observed. Quantitatively, the data are explained by an earlier breakdown of the WKB-approximation. Observed dispersion in the reflected intensity is quantitatively explained in terms of Quantum Diffraction.

Q 10.8 Mo 15:45 HII

Quantum mechanical detector model for a moving spread-out quantum particle — •JENS TIMO NEUMANN¹, GERHARD C. HEGERFELDT¹, and LAWRENCE S. SCHULMAN² — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Göttingen, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen, Germany — ²Physics Department, Clarkson University, Potsdam, New York 13699-5820, USA

Q 11 Festkörperlaser I

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: HIV

Q 11.1 Mo 14:00 HIV

Aufbau eines Yb-Faserverstärkers bei 1014 nm — •MATHIAS SINTHER, ALBERT SEIFERT und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Ytterbium-dotierte Faserverstärker haben neben den entsprechenden Faserlasern in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. In diesem Beitrag soll ein Yb-Faserverstärker vorgestellt werden, der bei einer Wellenlänge von 1014 nm betrieben wird. Um die hier auftretende Absorption zu reduzieren, werden die Fasern mit flüssigem Stickstoff gekühlt. Die austretende Strahlung mit einer Leistung von einigen Watt soll in weiteren Stufen des Experiments frequenzvervieracht werden, um als Strahlungsquelle für eine Hg-Atomfalle zu dienen. Der aktuelle Stand des Projekts wird diskutiert.

Q 11.2 Mo 14:15 HIV

Verlustmessung an Nd³⁺-dotierten planaren Wellenleitern — •ANDREAS KAHN, YURY KUZMINYKH, HANNO SCHEIFE und GÜNTER HUBER — Universität Hamburg, Institut für Laser-Physik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg, Deutschland

Ein nicht-destruktives Verfahren zur Bestimmung der in aktiven planaren Wellenleitern auftretenden Streuverluste wurde entwickelt. Das Prinzip der Verlustmessung beruht auf einem von der Anregungswellenlänge und vom Ort abhängigen seitlichen Fluoreszenznachweis. Das Verfahren diente zum Vergleich von mittels Pulsed Laser Deposition auf $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Substrate aufgedampften hoch-texturierten Sesquioxidschichten. Hierbei ergaben sich Streuverluste von (19.4 ± 3.4) dB/cm für eine $3\ \mu\text{m}$ dicke bzw. (11.6 ± 0.9) dB/cm für eine $10\ \mu\text{m}$ dicke Nd(0.2%):Sc₂O₃-Schicht sowie Verluste von (6.9 ± 2.2) dB/cm für eine $3\ \mu\text{m}$ dicke Nd(1%):Y₂O₃-Schicht. Zum Vergleich dient u. a. ein kommerzieller thermisch gebondeter Fünf-Schicht-Wellenleiter (5 mm Saphir - $15\ \mu\text{m}$ YAG - $5\ \mu\text{m}$ Nd(1%):YAG - $15\ \mu\text{m}$ YAG - 5 mm Saphir) mit Streuverlusten von (6.9 ± 0.9) dB/cm, für den Lasertätigkeit gezeigt werden konnte.

Q 11.3 Mo 14:30 HIV

Hochleistungs-Yb:LaSc₃(BO₃)₄-Scheibenlaser mit weitem Durchstimmbereich — •CHRISTIAN KRÄNKEL, MICHAEL MOND, KLAUS PETERMANN und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Ein Scheibenlaser mit Yb:LaSc₃(BO₃)₄ als aktivem Material wird vorgestellt. Die maximal erzielte Ausgangsleistung beträgt 16.6 W bei einem differentiellen Wirkungsgrad von 39%. Bei einer Laserdioden-Pumpwellenlänge von 974 nm konnten mit einem doppelbrechenden Filter als zusätzlichem Resonatorelement verschiedene Laserwellenlängen zwischen 995 nm und 1086 nm realisiert werden. Neben der Präsentation

Although the space- and time-resolved detection of moving particles is more or less a standard technique for sufficiently fast particles, an extension to single cold atoms showing quantum effects is far from obvious: Concerned with a spreading and extending wave packet, one is faced with highly nontrivial quantum mechanical questions. A deep understanding of these questions can be expected to prove useful in many applications. We investigate a spin-based detector model for the detection of such a moving spread-out quantum particle; the center-of-mass motion as well as the actual detection process are formulated in terms of quantum physics without any recurrence to classical approximations. The relation to the recently proposed fluorescence model for the measurement of quantum arrival times is discussed.

dieser Ergebnisse wird auf die besonderen Eigenschaften von LSB als Wirtsmaterial für Scheibenlaseranwendungen eingegangen.

Q 11.4 Mo 14:45 HIV

Migration als Schlüsselparameter für Ytterbium-dotierte Scheibenlasermaterialien — •RIGO PETERS, CHRISTIAN KRÄNKEL, SUSANNE T. FREDRICH, KLAUS PETERMANN und GÜNTER HUBER — Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, D-22761

Ytterbium-dotierte Lasermaterialien haben in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Das einfache Energieniveauschema, welches interionische Verlustprozesse ausschließt, sowie der geringe Quanteneffekt ermöglichen hohe Effizienzen bei geringer thermischer Belastung.

Das Scheibenlaserkonzept ermöglicht eine Skalierbarkeit bis in den kW-Bereich. Zur Erhöhung der Effizienz und Strahlqualität des Systems müssen sehr dünne, hochdotierte Scheiben verwendet werden. Bei steigender Yb-Konzentration treten jedoch aufgrund von Energiemigration, welche auf Dipol-Dipol-Wechselwirkungen zwischen den aktiven Ionen und stets vorhandenen Verunreinigungen beruht, zunehmend nichtstrahlende Verluste auf, die die Effizienz des Systems beeinträchtigen.

Dieser Schlüsselparameter soll hier vorgestellt und anhand von spektroskopischen Analysen für die Yb-dotierten Materialien YAG, NGW, KYW und LSB verglichen werden. Hierdurch lassen sich Aussagen über die Eignung als Scheibenlasermaterialien treffen und Rückschlüsse auf die Ursachen der nichtstrahlenden Verluste ziehen.

Q 11.5 Mo 15:00 HIV

Gepulster Yb-dotierter Faserverstärker als Strahlquelle für ein Brillouin-LIDAR zur Messung von Temperaturprofilen in Wasser — •KAI SCHORSTEIN und THOMAS WALTHER — Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, AG Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Zur berührungslosen Messung von Temperaturprofilen in Wasser kann ein Brillouin-LIDAR verwendet werden. Als Strahlquelle kommt ein System von gepulsten Yb-dotierten Faserverstärkern zum Einsatz. Dabei werden Doppelmantelfasern unterschiedlicher Geometrie, Länge und Dotierung eingesetzt. Gepumpt wird der Verstärker bei 976 nm und ermöglicht Verstärkung im Bereich von 1020-1100 nm. Die Fasern sind mit SMA Steckern für freistehenden Faserenden für höchste Leistungen ausgestattet. Außerdem sind die Endflächen mit einer 8° angeschrägten Politur versehen, um unerwünschte Lasertätigkeit zu unterdrücken. Da das LIDAR von einem Hubschrauber oder Flugzeug aus betrieben werden soll, müssen bestimmte Randbedingungen wie mechanische Stabilität, Abmessung, Gewicht und Stromaufnahme bei der Konzeption der Strahlquelle berücksichtigt werden. Für eine gute Temporaufklärung

sind weiterhin schmalbandige Pulse in der Nähe des Fourierlimits mit einer Repetitionsrate im kHz-Bereich, sowie eine möglichst hohe Pulsenergie wünschenswert. Der flexible Wellenlängenbereich erlaubt außerdem eine optimale Abstimmung auf den Detektor. Präsentiert wird der aktuelle Entwicklungsstand des Lasersystems.

Q 11.6 Mo 15:15 HIV

Resonatorinterne Frequenzverdopplung von Dauerstrich-Pr:LiYF₄-Lasern bei 640 nm — ●ANDRÉ RICHTER, ERNST HEUMANN und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Es wird erstmals über einen resonatorinternen frequenzverdoppelten Praseodym(Pr)-Laser bei einer Wellenlänge von 320 nm berichtet. Der verwendete LiYF₄(YLF)-Laserkristall ist HR/AR für die Laserwellenlänge bei 640 nm beschichtet und mit 0,7 at-% Pr dotiert. Als Pumpquelle wurde ein frequenzverdoppelter optisch gepumpter Halbleiterlaser (OPS) der Firma Coherent Lübeck verwendet. Diese Pumpquelle liefert Ausgangsleistungen bis zu 300 mW bei 480 nm. Auf der Grundwellenlänge des Pr-Lasers konnten bei einer absorbierten Pumpleistung von 216 mW und 2% Auskopplung maximal 72 mW Laserleistung erzielt werden. Die resonatorinterne Frequenzverdopplung erfolgt durch LiB₃O₅ (LBO) unter Typ I Phasenanpassung im einfach gefalteten Resonator. LBO-Kristalle verschiedener Längen (3 mm, 5 mm und 8 mm) standen zur Verfügung, mit denen bisher eine maximale UV-Leistung von 19 mW erreicht werden konnte. Das entspricht einer Umwandlungseffizienz von 26% von der Fundamentalen in die frequenzverdoppelte Strahlung und einem optisch-optischen Wirkungsgrad von 9%. Die Leistung unterlag Schwankungen von 3% über 5 Stunden. Diese sind einerseits auf die mechanische Instabilität des Aufbaus und andererseits auf die Leistungsstabilität der Pumpquelle zurückzuführen. Das Kurzzeitverhalten der Laserleistung wies unregelmäßige Fluktuationen im MHz-Bereich auf.

Q 11.7 Mo 15:30 HIV

Numerische Simulation der Modendynamik und der Pulserzeugung eines modengekoppelten Laseroszillators mit einem nichtlinearen Spiegel auf der Basis der Stimulierten-Brillouin-Streuung — ●PHILIP KAPPE, MARTIN OSTERMEYER und RALF MENZEL — Institut für Physik, Universität Potsdam

Die Simulation basiert auf der spektral aufgelösten numerischen Lösung der Ratengleichungen, die um zusätzliche Austauschterme für die Modenkopplung und die Doppler Verschiebung erweitert wurden. Die spontane Emission und das Verstärkungsprofil werden ebenfalls berücksichtigt. Die Güteschaltung durch die Stimulierte-Brillouin-Streuung wird empirisch beschrieben und findet ebenfalls Eingang in die Ratengleichungen.

Auf diese Weise konnte die Entwicklung von mehreren 100 Moden sowie der entsprechende Intensitätsverlauf während der SBS-Güteschaltung dargestellt werden. Ein Vergleich der Ergebnisse mit experimentellen Beobachtungen am beschriebenen Laser zeigt, dass man die größten Übereinstimmungen erhält, wenn bei der Rechnung spontane Emission in nur einen Mode zugelassen wird, wenn die Oszillation also von nur einem Mode aus startet. In diesem Fall wird die spektrale Bandbreite in erster Linie durch die Dopplerverschiebung während des Pulsaufbaus erzeugt, wenn die SBS-Reflektivität noch nicht 100 % erreicht. Danach wird das Spektrum lediglich als ganzes verschoben.

Q 11.8 Mo 15:45 HIV

Charakterisierung des neuen Scheibenlasermaterials Yb:NaGd(WO₄)₂ — ●RIGO PETERS¹, KLAUS PETERMANN¹, GÜNTER HUBER¹ und DANIEL RYTZ² — ¹Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, D-22761 Hamburg — ²FEE GmbH, Struthstr. 2, D-55743

Yb³⁺:NGW ist wegen der guten physikalischen Eigenschaften des Wirtskristalls und des bekannt geringen Quantendefektes von Yb³⁺ ein potentiell geeignetes Material für Scheibenlaser- und Kurzpulsanwendungen. Hierzu wurden spektroskopische und strukturanalytische Untersuchungen an Yb³⁺:NGW durchgeführt. Durch ein die Reabsorption unterdrückendes Messverfahren konnten exakte Werte für die intrinsische Fluoreszenzlebensdauer bestimmt werden. Ferner wurden die Absorptions- und Emissionswirkungsquerschnitte des ²F_{5/2} ↔ ²F_{7/2} Übergangs bestimmt und durch Fluoreszenz- und Absorptionsmessungen bei 10K die Lage der Starkniveaus in den beteiligten Multipletts ermittelt.

In einem 17 at% Yb³⁺:NGW-Kristall von 1,1mm Länge konnte Lasertätigkeit zwischen 1025 nm und 1044 nm demonstriert werden. Bei Verwendung einer Laserdiode bei 975 nm als Pumpquelle wurde ein differentieller Wirkungsgrad von 51 % bei 589 mW maximaler Ausgangsleistung und eine Schwelppumpleistung von 199 mW erreicht.

Q 12 Wellenleitung und Informationsübertragung

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: H14

Q 12.1 Mo 14:00 H14

Informationstransfereigenschaften optischer räumlicher Solitonen und Solitonensysteme — ●JAN SCHMIDT, MARKUS TIEMANN, JÜRGEN PETTER und THEO TSCHUDI — TU Darmstadt, IAP, Hochschulstr. 6, 64289 Darmstadt

Es wurde bereits gezeigt, dass optische räumliche Solitonen als Wellenleiter für infrarote Strahlung genutzt werden können. Im Hinblick auf die Möglichkeiten der Informationsübertragung präsentieren wir die Ergebnisse von Dispersionsmessungen an selbstinduzierten Wellenleitern in einem Strontium-Barium-Niobat-Kristall. Die von einem frequenzverdoppelten Nd:YAG Laser geschriebenen photorefraktiven Abschirmsolitonen dienen dabei als Wellenleiter für Strahlung im Bereich der Telekommunikationswellenlänge (1520nm-1630nm). Wir können erstmals zeigen, dass die Gruppenverzögerungsdispersion THz-Pulsraten zur Informationsübertragung zulässt. Darüber hinaus werden erste Ergebnisse zur Signalübermittlung durch Solitonensysteme (z.B. Y-Koppler) vorgestellt.

Q 12.2 Mo 14:15 H14

Tunneln verletzt die relativistische Kausalität — ●ALFONS STAHLHOFEN¹ und GÜNTER NIMTZ² — ¹Universität Koblenz, Institut für Physik, Universitätsstr. 1, 56070 Koblenz — ²Universität zu Köln, II. Physikalisches Institut, Zülpicher Str. 77, 50937 Köln

Photonisches Tunneln kann zur Übermittlung superluminaler Signale im Nah-Feld eingesetzt werden. Diese Signale verletzen die relativistische Kausalität, lassen aber das primitive Kausalitätsprinzip intakt. Dies kann auf der Grundlage der Beziehungen zwischen Kausalität und Dispersion gezeigt werden, wenn parallel dazu die Eigenschaften physikalischer Signale - im Gegensatz zu den in der Literatur üblicherweise verwendeten mathematischen Signale - sowie die Eigenschaften von Kommunikationskanälen berücksichtigt werden. Die üblicherweise vorgebrachten

Argumente, dass superluminale Signale automatisch eine Verletzung der Kausalität implizieren, berücksichtigen diese Fakten nicht.

Q 12.3 Mo 14:30 H14

Anmerkungen zur Physik der partiellen Reflexion — ●DIETER MÜLLER¹, DINESH THARANGA², ALFONS STAHLHOFEN² und GÜNTER NIMTZ¹ — ¹Universität zu Köln, II. Physikalisches Institut, Zülpicher Str. 77, 50937 Köln — ²Universität Koblenz, Institut für Physik, Universitätsstr. 1, 56070 Koblenz

Die partielle Reflexion an einer ebenen dielektrischen Grenzfläche folgt nicht den Gesetzen der geometrischen Optik. Eine experimentelle Studie dieser Verschiebungen, wobei ein Mikrowellenstrahl benutzt wurde, wird vorgestellt. Eine neue Goos-Hänchen-artige Verschiebung wurde gefunden, die von der Polarisierung, dem Einfallswinkel, und der Strahlbreite abhängt. Parallel zu dieser räumlichen Verschiebung erfährt der Strahl auch eine Winkelverschiebung. Die Resultate stimmen mit den Vorhersagen der Theorie der Momente von Lichtstrahlen überein.

Q 12.4 Mo 14:45 H14

Bestimmung des Solitonengehaltes aus Schwebungsstrukturen — ●MICHAEL BÖHM und FEDOR MITSCHKE — Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock, Universitätsplatz 3

Bei der Erzeugung optischer Solitonen in Glasfasern werden nicht immer nur reine Solitonen angeregt, sondern auch dispersive Wellen. Um diese von den Solitonen zu unterscheiden, gibt es die sog. inverse Streutheorie. Leider ist diese Theorie auf reale Systeme nur begrenzt anwendbar; unter anderem ist sie für dispersionsalternierende Faserstrecken nicht geeignet. Wir präsentieren hier ein Verfahren, welches das Schwebungsmuster zwischen Soliton und dispersiver Welle untersucht. Damit kann man prinzipiell den Solitonengehalt eines beliebigen Lichtimpulses bei

der Entwicklung in numerisch berechenbaren Glasfaserstrecken analysieren. Um dies zu demonstrieren, bestimmen wir hier erstmals ein Soliton höherer Ordnung für den Fall von dispersionsalternierender Faser.

Q 12.5 Mo 15:00 H14

Experimentelle Untersuchungen zum Existenzbereich von Solitonenmolekülen — ●HALDOR HARTWIG, MARTIN STRATMANN und FEDOR MITSCHKE — Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock, Universitätsplatz 3

Neuerdings werden als Glasfasern oft sog. dispersionsalternierende Fasern eingesetzt, bei denen in periodischen Abständen der Wert der Gruppengeschwindigkeitsdispersion wechselt. Vor ein paar Jahren wurde gezeigt, dass in diesen Fasern sowohl helle als auch dunkle Solitonen existieren können. In [1] haben wir nachgewiesen, dass darin sogar „Solitonenmoleküle“, also stabile Koppelzustände aus zwei hellen und einem dunklen Soliton, existieren können. Bei diesem Experiment war aber die Faserstrecke aus technischen Gründen auf nur drei Perioden des Dispersionswechsels beschränkt. Das genügt zwar für den Existenzbeweis, aber nicht für aussagefähige systematische Untersuchungen der Eigenschaften. Es ist kürzlich gelungen, die Faserstrecke auf sechs Perioden des Dispersionswechsels zu verdoppeln. Daraufhin haben wir die relevanten Parameter systematisch variiert und konnten so den Existenzbereich der Moleküle genau umreißen. Wir präsentieren die Ergebnisse; der Vergleich mit entsprechenden numerischen Simulationen zeigt eine detaillierte Übereinstimmung.

[1] M.Stratmann et al., PRL 95, 143902 (2005)

Q 12.6 Mo 15:15 H14

Ketten dunkler Solitonen in dispersionsalternierenden Fasern — ●FEDOR MITSCHKE und MARTIN STRATMANN — Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock, Universitätsplatz 3

Seit einigen Jahren ist bekannt, dass es auch in dispersionsalternierenden Fasern („dispersion managed fiber“) zur Ausbildung von Solitonen - durch Nichtlinearität stabilisierten Lichtpulsen - kommt; diese unterscheiden sich von den herkömmlichen Solitonen (in homogener Faser) durch eine etwas abweichende Form. Dann wurde gezeigt, dass auch Dunkelsolitonen - Helligkeitseinbrüche in einem Untergrund - in diesen Fasern existieren können [1]; wiederum abweichend vom Fall homogener Faser weist ihre Form eine charakteristische Welligkeit in den Flanken auf. Kürzlich haben wir gefunden, dass Dunkelsolitonen zu stabilen Ketten verknüpft werden können, wenn die Relativabstände passend zu dieser Welligkeit gewählt werden [2]. Da verschiedene Kettenlängen und bei jedem Kettenglied mehrere diskrete Nachbarabstände möglich sind, könnte in solchen Ketten wie in einem Barcode viel Information kompakt codiert werden.

[1] M. Stratmann, M. Böhm, F. Mitschke, Electron. Lett. 37, 1182 (2001)

[2] M. Stratmann, F. Mitschke, Phys. Rev. E (im Druck)

Q 12.7 Mo 15:30 H14

Untersuchung der Transmissionsgrenzen verschiedener Glasfasern mit Antireflexbeschichtung — ●STEFAN MEISTER, CHRIS SCHARFENORTH und HANS JOACHIM EICHLER — Optisches Institut, Str. des 17. Juni 135, 10623 Berlin

Fünf verschiedene Multimode-Glasfasern mit Kerndurchmessern von 50 - 200 μm wurden zur Minimierung der Reflexionsverluste mit einem Zwei-Schicht-System aus Ta_2O_5 und SiO_2 entspiegelt. Es wurden die Grenzen der Transmission für hohe Pulsenergien durch stimulierte Brillouin Streuung (SBS) sowie durch laserinduzierte Zerstörung bestimmt. Die beschichteten Fasern wurden mit Hilfe eines gütegeschalteten Nd:YAG Lasers bei 1064 nm und einer Pulslänge von 24 ns getestet. Für die SBS-Messungen wurde der Laser im Singlemode betrieben. Zur Bestimmung der laserinduzierten Zerstörschwelle (LIDT) wurden Einzel- und Multischuss N-on-1 Verfahren angewendet. Das Schichtdesign und die Faserpräparation wurden optimiert, mit dem Ziel, eine möglichst hohe Zerstörschwelle zu erreichen.

Q 12.8 Mo 15:45 H14

Holographische Gitter für integriert-optische Add/Drop-Multiplexer und Sensoren für elektrische Wechselfelder — ●D. RUNDE, S. BREUER, S. BRUNKEN und D. KIP — Institut für Physik und Physikalische Technologien, Technische Universität Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Ein integriert-optischer Add/Drop-Multiplexer wird auf Basis eines modenkonvertierenden, geneigten holographischen Gitters in $\text{LiNbO}_3:\text{Ti}:\text{Cu}$ vorgestellt. Das Gitter befindet sich in einem zweimodigen Wellenleiterbereich zwischen zwei modenselektiven Richtungskopplern. Licht der Bragg-Wellenlänge, geführt in der Grundmode, passiert den Richtungskoppler und wird am Gitter in die zurücklaufende erste Mode gekoppelt. Diese Mode wird mit dem Koppler von den durchlaufenden Signalen getrennt und abgeführt. Umgekehrt wird ein Signal über den symmetrisch aufgebauten zweiten Richtungskoppler in die erste angeregte Mode des zweimodigen Bereiches gekoppelt. Durch Reflexion und Modenkonzersion am Gitter wird dieses Signal dem Datenstrom hinzugefügt. Mit einem schmalbandigen holographischen Gitter lässt sich ebenfalls ein integriert-optischer Sensor für elektrische Wechselfelder bauen. Aufgrund der starken Abhängigkeit der Reflektivität von der Wellenlänge im Bereich der Flanke eines Reflexionsmaximums können über den elektrooptischen Effekt elektrische Felder gemessen werden. Der tensorielle Charakter des elektrooptischen Effektes erlaubt es zudem, die Richtung des Feldes zu bestimmen.

Q 13 Hauptvortrag II

Zeit: Montag 16:30–17:00

Raum: HVI

Hauptvortrag

Q 13.1 Mo 16:30 HVI

Coupling Light and Atoms — Recent Results and New Approaches — ●A. RAUSCHENBEUTEL, W. ALT, I. DOTSENKO, D. HAUBRICH, M. KHUDAVERDYAN, Y. MIROSHNYCHENKO, M. PÖLLINGER, S. REICK, G. SAGUÉ, E. VETSCH, F. WARKEN, and D. MESCHDE — Institute for Applied Physics, University of Bonn, Wegelestr. 8, D-53115 Bonn

In the Bonn experiment concerned with single atom manipulation, we actively work towards a deterministic coupling of single dipole-trapped neutral atoms to the mode of an ultrahigh finesse Fabry-Perot resonator. The goal of these cavity quantum electrodynamics experiments is to realize a coherent evolution of the coupled atom-light system and to eventually achieve a controlled interaction between two atoms, simultaneously

coupled to the resonator mode. This would then allow the preparation of entangled pairs of neutral atoms and the implementation of quantum logic gates operating on a quantum register of neutral atoms. In addition, for possible future applications, it would be most desirable to minimize and integrate such trapped atom cavity QED systems. We have therefore initiated a new project that aims at combining atomic and molecular quantum optics with the field of light confinement and control in tapered optical fibres. This goal is motivated by the perspective of building and operating integrated glass fibre quantum optical devices which rely on the controlled interaction between light and matter close to or on the surface of specially designed optical fibres. Due to the quantum nature of this interaction, these devices promise to offer enhanced and even entirely new functionalities as compared to classical systems.

Q 14 Quantengase III

Zeit: Montag 17:00–18:45

Raum: HVI

Q 14.1 Mo 17:00 HVI

Critical Temperature of Chromium Condensate — ●KONSTANTIN GLAUM¹, AXEL PELSTER², HAGEN KLEINERT¹, and TILMAN PFAU³ — ¹Fachbereich Physik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin, Germany — ²Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany — ³5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart, Germany

We estimate the critical temperature for the ongoing Stuttgart experiment on the Bose-Einstein condensation of chromium [1,2]. Due to the diluteness of the gas, we treat both the short-range, isotropic delta-interaction and the long-range, anisotropic magnetic dipole-dipole interaction perturbatively with the help of Feynman's diagrammatic technique of many-body theory. Depending whether the symmetry axes of the trap and the magnetic dipole-dipole interaction are parallel or perpendicular to each other, the critical temperature is shifted above or below the interaction-free case. The difference of the critical temperatures between both configurations only depends on the magnetic dipole-dipole interaction and can be enhanced by increasing either the number of chromium atoms or the anisotropy of the trap.

[1] A. Griesmaier, J. Werner, S. Hensler, J. Stuhler, and T. Pfau: Phys. Rev. Lett. **94**, 160401 (2005)

[2] J. Stuhler, A. Griesmaier, T. Koch, M. Fattori, S. Giovanazzi, P. Pedri, L. Santos, and T. Pfau: Phys. Rev. Lett. **95**, 150406 (2005)

Q 14.2 Mo 17:15 HVI

Coherence in two dimensional Bose-Einstein condensates — ●PETER KRÜGER, BAPTISTE BATTELIER, MARC CHENEAU, SABINE STOCK, ZORAN HADZIBABIC, and JEAN DALIBARD — Laboratoire Kastler Brossel, Ecole Normale Supérieure, 75005 Paris, France

We explore both isotropic and elongated quasi-two dimensional Bose-Einstein condensates held in a combination of optical and magnetic potentials. We have observed phase defects in quasi-2D Bose-Einstein condensates close to the condensation temperature. Either a single or several equally spaced condensates are produced by selectively evaporating the sites of a 1D optical lattice. When several clouds are released from the lattice and allowed to overlap, dislocation lines in the interference patterns reveal nontrivial phase defects.

The phase distribution in elongated 2D condensates is measured as a function of temperature by imaging interference patterns along the direction perpendicular to the long axis of the flat clouds. This allows to determine how the coherence properties of the gas depend on temperature.

Q 14.3 Mo 17:30 HVI

Magnetic coupling of a BEC to a nano-mechanical resonator — ●DAVID HUNGER¹, PHILIPP TREUTLEIN¹, STEFAN CAMERER², DANIEL KÖNIG², JÖRG KOTTHAUS², THEODOR W. HÄNSCH¹, and JAKOB REICHEL³ — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik und Department für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany — ²Department für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany — ³Laboratoire Kastler Brossel de l'ENS, Paris, France

Atom chips are a well suited toolbox for a new, promising research field: The combination of quantum optics and condensed-matter systems. A first milestone in this direction is to show that a designed, controllable interaction between atoms and nano-structured solid state systems can be established and measured.

We are currently setting up an experiment to couple the thermally induced oscillation of a nano-mechanical beam resonator to a nearby Bose-Einstein condensate via a magnetic interaction. A small island of ferromagnetic material at the center of the beam causes a magnetic dipole field with an oscillating contribution. At the position of the atoms the field oscillation can cause observable trap loss if it is resonant with atomic spin-flip transitions to untrapped magnetic sublevels. Sweeping the static field of the trap and with it the spin-flip resonance reveals the frequency spectrum of the beam.

The experiment provides a new method to measure the room temperature spectrum of nano-resonators, thereby demonstrating the controlled interaction with trapped atoms. Beyond this it allows to study the conditions for coherent coupling of such systems.

Q 14.4 Mo 17:45 HVI

Density distribution and compressibility of a confined Mott Insulator — ●SIMON FÖLLING, ARTUR WIDERA, FABRICE GERBIER, TORBEN MÜLLER, OLAF MANDEL, and IMMANUEL BLOCH — Institut für Physik der Universität Mainz, 55099 Mainz

We measure the density distribution of an atomic sample in the Mott insulating state of a periodic lattice potential in a variable external confinement. Due to this variable harmonic confinement at a given lattice depth, the in-trap atom density and therefore the average lattice filling factor can be changed for a constant total number of ⁸⁷Rb atoms. The global profile of the resulting atom distribution in the trap is determined using microwave spectroscopy in a gradient field, while the on-site atom number distribution is probed using coherent spin-changing collisions on multiply occupied sites [1]. The formation of regions with lattice site occupancies $n > 1$ is shown, in accordance with the predictions for the atomic MI state [2]. We investigate the shell structure formation and the associated change in compressibility on the transition from a singly- to a doubly-occupied Mott insulator.

[1] F. Gerbier et al., cond-mat/0511080 (2005)

[2] D. Jaksch et al., Phys. Rev. Lett. **81**, 3108 (1998)

Q 14.5 Mo 18:00 HVI

Stoßinduzierte kohärente Spindynamik in einem optischen Gitter — ●ARTUR WIDERA, SIMON FÖLLING, FABRICE GERBIER, TORBEN MÜLLER, OLAF MANDEL und IMMANUEL BLOCH — Institut für Physik der Universität Mainz; 55099 Mainz, Germany

Die effiziente Erzeugung von atomarer Verschränkung erfordert eine hohe Kontrolle über kohärente Wechselwirkung zwischen Atomen. Wir zeigen, dass spinändernde Stöße zwischen Atompaaren in einem optischen Gitter zu kohärenten Populationsoszillationen des Atompaars zwischen Zeeman-Unterstufen führen. Diese rein stoßinduzierten Oszillationen können durch ein Rabi-ähnliches Modell beschrieben werden, wobei die Kopplungsstärke (resonante Rabi-Frequenz) durch fundamentale Differenzen der Streulängen des Atoms gegeben sind. Ferner kann die Verstimmung des Prozesses durch ein externes Magnetfeld eingestellt werden. Die beobachteten langen Kohärenzzeiten machen das System zu einem viel versprechenden Kandidaten für die effiziente Erzeugung von Verschränkung zwischen Atomen.

Q 14.6 Mo 18:15 HVI

Formation of long-range order in a growing Bose-Einstein condensate — ●STEPHAN RITTER, ANTON ÖTTL, TOBIAS DONNER, THOMAS BOURDEL, MICHAEL KÖHL, and TILMAN ESSLINGER — Institut für Quantenelektronik, ETH Zürich, CH-8093 Zürich, Schweiz

We have experimentally investigated the temporal evolution of long-range order in an ultracold gas of atoms during the formation of a Bose-Einstein condensate (BEC). The growth of a quantum degenerate gas from a thermal vapor is associated with a sharp increase in the peak density of the cloud. Here we investigate how in this process the phase coherence, a characteristic feature of the equilibrium BEC, develops in time. We probe the coherence between two regions of an atomic cloud by continuously output coupling atoms from the two regions simultaneously. The two atomic beams show an interference pattern with a contrast given by the phase coherence between the two output coupling regions. We observe the matter wave interference pattern using a high-finesse optical cavity which serves as a single-atom detector with high quantum efficiency. Therefore, only very few atoms need to be output coupled from the atomic cloud and the coherence of two regions can be monitored without perturbing the formation process.

During the formation, we measure the coherence of two regions of the cloud with variable separation in real-time and simultaneously probe their density. The experimental results of these measurements will be presented.

Q 14.7 Mo 18:30 HVI

Raman-Spektroskopie an ultrakalten Quantengasen in optischen Gittern — ●TORBEN MÜLLER, ARTUR WIDERA, SIMON FÖLLING, OLAF MANDEL, FABRICE GERBIER und IMMANUEL BLOCH — Institut für Physik, Johannes-Gutenberg Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany

Ultrakalte atomare Gase in optischen Gittern bieten die Möglichkeit,

fundamentale Fragen der modernen Festkörperphysik, Atomphysik, Quantenoptik und Quanteninformation zu studieren. In diesem Zusammenhang ist es von großem Interesse eine kohärente Kontrolle über die externen Freiheitsgrade des Systemes, in diesem Fall die vibratorischen Freiheitsgrade der im Gitter gebundenen Atome, zu erlangen.

Im Rahmen des vorgestellten Projekts werden Wechselwirkungseigenschaften von ultrakalten Neutralatomen (Rb^{87}) in optischen Potentialen diskutiert. Zur Untersuchung der angeregten Vibrationsniveaus im optischen Gittern verwenden wir stimulierte Raman-Übergänge. Über einen Zwei-Photonen-Prozess wird Population in die ersten Anregungsniveaus

des optischen Gitters transferiert. Dabei richten sich die ersten Untersuchungen auf die Stabilität dieser Anregungen, z.B. unter Atom-Atom-Wechselwirkung, in 1D-, 2D- und 3D-Gittern und auf die Charakterisierung der Zerfallskanäle.

Eine solche kohärente Kontrolle der externen Freiheitsgrade würde unter anderem die Untersuchung von neuen komplexeren, stark korrelierten Quantensystemen ermöglichen, wie beispielsweise das Regime von niederdimensionalen gekoppelten Quantenflüssigkeiten [1].

[1] A. Isacsson and S.M. Girvin, *Phys. Rev. A* 72, 053604 (2005)

Q 15 Quanteninformation II

Zeit: Montag 17:00–18:30

Raum: HI

Q 15.1 Mo 17:00 HI

Equilibrium entanglement in open, noisy quantum systems — ●LORENZ HARTMANN¹, WOLFGANG DÜR^{1,2}, and HANS-JÜRGEN BRIEGEL^{1,2} — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, Technikerstr. 25, 6020 Innsbruck, Österreich — ²Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck, Österreich

We show that quantum mechanical entanglement can prevail even in noisy open quantum systems at finite temperatures, and despite the deteriorating effect of decoherence. The system consists of a number N of interacting quantum particles and it can exchange energy and particles with some environment. The effect of decoherence is counteracted by a simple mechanism, where system particles are randomly reset to some standard initial state, e.g. by replacing them with particles from the environment. We present a master equation that describes this process, which we can solve analytically for small N . If we vary the interaction strength and the reset against decoherence rate, we find a threshold below which the equilibrium state is classically correlated, and above which there is a parameter region with genuine entanglement.

Q 15.2 Mo 17:15 HI

On the connection between Quantum Walks and Quantum Cellular Automata — ●HOLGER VOGTS and REINHARD F. WERNER — Institut für Mathematische Physik, TU Braunschweig, www.imaph.tu-bs.de

We review the models of Quantum Walks (QWs) and Quantum Cellular Automata (QCA) and analyze connections between these two types of quantum lattice systems. In particular, we want to determine particle conserving QCAs, which reduce to a given QW on one-particle states. In general, there are many QCAs with this property, corresponding to different interactions between the walking particles. We discuss the problem of finding an interaction with smallest admissible range, and how to find interactions respecting internal symmetries of the walking particles.

Q 15.3 Mo 17:30 HI

Scattering of Quantum Walkers — ●ANNETTE MARIA GATTNER and REINHARD F. WERNER — Institut für Mathematische Physik, TU Braunschweig, www.imaph.tu-bs.de

We consider the one-dimensional Quantum Walk with Hadamard coin as the free time evolution for scattering problems. The analogue of a scattering potential is a local modification of the Quantum Walk dynamics. In analogy to the free particle in presence of a potential we determine transmission and reflection coefficients, bound states and estimate their maximal number.

We then consider two particles on the line, specify what happens when they collide and study the scattering of these two colliding particles.

Q 15.4 Mo 17:45 HI

Quantum Information Processing with Micro-Structures — ●ANDRE LENGWENUS¹, MICHAEL VOLK^{2,1}, JENS KRUSE^{2,1}, WOLFGANG ERTMER¹, and GERHARD BIRKL² — ¹Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 3016 Hannover — ²Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

For the experimental realization of quantum information processing with neutral atoms, it is essential to investigate methods for the coherent manipulation of the internal states of trapped atoms. In order to move towards a scaleable system of qubits for quantum information processing, we apply coherent Raman coupling in parallel to ensembles of atoms in two-dimensional arrays of optical micro-potentials created by micro-fabricated lens arrays. Due to the large lateral separation of neighboring potential wells, each trap is individually addressable. For ultracold Rb^{85} atoms confined in these optical dipole potentials, we experimentally demonstrate the coherent coupling of the hyperfine ground states by stimulated Raman transitions and investigate the coherence time. The realization of two-qubit gates seems feasible with our system using ultracold collisions. We demonstrate the movement of atoms in our microtraps using steering methods which are based on the variation of the angle of the laser beam illuminating the array of microlenses. With this technique we achieve distances of more than half of the trap-to-trap separation which is enough to move two arrays on top of each other. Trap losses and temperature evolution during movement are determined.

Q 15.5 Mo 18:00 HI

Heralded single-photon generation using imperfect single-photon sources and a two-photon-absorbing medium — ●ARTUR SCHERER, THOMAS KONRAD, MICHAEL NOCK, and JÜRGEN AUDRETSCH — Fachbereich Physik der Universität Konstanz, AG-Audretsch, Postfach M 674, D-78457 Konstanz, Germany

We propose a setup for a heralded, i.e. announced generation of a pure single-photon state given two imperfect sources whose outputs are represented by mixtures of the single-photon Fock state $|1\rangle$ with the vacuum $|0\rangle$. Our purification scheme uses beam splitters, photodetection and a two-photon-absorbing medium. The admixture of the vacuum is fully eliminated. We discuss two potential realizations of the scheme.

Q 15.6 Mo 18:15 HI

Universeller Homodyne-Detektor hoher Bandbreite — ●FRANK VEWINGER, JÜRGEN APPEL, SERGEY BABICHEV und ALEXANDER I. LVOVSKY — Department of Physics and Astronomy, University of Calgary, Calgary, AB, T2N 1N4 Canada

Wir stellen einen Homodyne-Detektor mit einer Bandbreite > 200 MHz vor. Ein Ti:Sa Laser (Coherent Mira, 76 MHz Pulswiederholrate) dient als Lokoszillator in einem balancierten Detektionsschema. Die Pulse werden mittels zweier vorgespannter Si-PIN Fotodioden detektiert, deren Differenzstrom in einem als Transimpedanzwandler geschalteten Operationsverstärker verstärkt wird. Bei einer Leistung von 10 mW des Lokoszillators liegt das optische Schrotrauschen bis zu 15 dB über dem elektronischen Rauschen des Detektors. Die hohe Bandbreite des Detektors erlaubt Messungen sowohl im Frequenz- als auch im Zeitraum bei der vollen Pulswiederholrate des Lokoszillators, z.B. für Quantenkommunikation mit kontinuierlichen Variablen.

Q 16 Quanteneffekte II

Zeit: Montag 17:00–18:45

Raum: HII

Q 16.1 Mo 17:00 HII

Atom diode: A laser device for a unidirectional transmission of ground-state atoms — ●ANDREAS RUSCHHAUPT — Institut für Mathematische Physik, TU Braunschweig, Mendelssohnstr. 3, D-38106 Braunschweig, Germany

We propose and discuss different schemes for an “atom diode”, namely, a one-dimensional laser device that lets a two or three-level ground state atom pass in one direction, say from left to right, but not in the opposite direction. A new method for cooling atoms or molecules based on the atom diode is presented.

References:

- [1] A. Ruschhaupt and J.G. Muga, Phys. Rev. A 70 (2004) 061604(R)
- [2] M.G. Raizen, A.M. Dudarev, Qian Niu, and N.J. Fisch, Phys. Rev. Lett. 94 (2005) 053003
- [3] A.M. Dudarev, M. Marder, Qian Niu, N.J. Fisch, and M.G. Raizen, Europhys. Lett. 70 (2005) 761
- [4] A. Ruschhaupt and J.G. Muga, Phys. Rev. A 73 (2006), accepted

Q 16.2 Mo 17:15 HII

Ein Stern-Gerlach Experiment für langsames Licht — ●LEON KARPA und MARTIN WEITZ — Physikalisches Institut der Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, D 72076 Tübingen

Der Effekt der elektromagnetisch induzierten Transparenz ermöglicht die Transmission von Licht durch dichte atomare Medien aufgrund quantenmechanischer Interferenz der Absorptionsamplituden. In solchermaßen präparierten Medien wurden interessante Phänomene, wie eine extreme Reduktion der Gruppengeschwindigkeit, beobachtet. Mit der langsamen Lichtausbreitung können Quasiteilchen, die sogenannten Dunkelzustands-Polaritonen, assoziiert werden, welche eine Überlagerung von einer photonischen und einer atomaren Spinwellen-Komponente darstellen.

Es soll über Messungen berichtet werden in denen Licht, welches eine Rubidium-Gaszelle unter Bedingungen der elektromagnetisch induzierten Transparenz passiert, durch einen schwachen Magnetfeld-Gradienten abgelenkt wird. Der beobachtete Ablenkwinkel ist proportional zur Zeit, welche ein Lichtpuls benötigt um die Zelle zu passieren. Die Ergebnisse können unter der Annahme der Existenz eines effektiven magnetischen Dipolmoments der Dunkelzustands-Polaritonen erklärt werden. Dies wird auf die Spinwellenkomponente der Quasiteilchen zurückgeführt. Das Experiment kann als ein Stern-Gerlach Experiment für Dunkelzustands-Polaritonen aufgefasst werden.

Q 16.3 Mo 17:30 HII

Towards photon transfer between single molecules via shared — ●ANDREA MAZZEI¹, L. DE S. MENEZES¹, STEPHAN GOETZINGER¹, V. SANDOGHDAR², and OLIVER BENSON¹ — ¹Nano-Optik, Humboldt Universität zu Berlin, — ²Laboratory of Physical Chemistry, Swiss Federal

Cavity Quantum Electrodynamics is a central field of research in quantum optics: the basic system is represented by a single mode of a cavity interacting with a single dipole. This is of interest, for instance, in quantum information processing in order to convert stationary into flying qubits. We study the interaction between single terrylene molecules and the high-Q modes of a microsphere resonator. To date microsphere resonators offer the best possible optical properties: Q-factors up to $0.09 \cdot 10^{10}$ with mode volumes of few hundreds of μm^3 lead to very high Purcell factors [1,2,3] and possibility of strong coupling [4]. Terrylene molecules have shown very stable behavior at room temperature when spin-casted in ultrathin films of about 20 nm, being photostable for times as long as one day [5]. We report first results on coupling a single molecule to high-Q modes and discuss future experiments with two or more molecules.

- [1] V.B. Braginsky *et al.* Phys. Lett. A 137, 393 (1989).
- [2] L. Collot *et al.* Europhys. Lett., **23**, 327.
- [3] D. K. Armani *et al.* Nature, **421**, 925.
- [4] J.R. Buck, H. J. Kimble, Phys. Rev. A **67** 033806
- [5] R.J. Pfab *et al.* Chem. Phys. Lett. **387** 490 (2004).

Q 16.4 Mo 17:45 HII

Thermal breakdown of coherent backscattering: a case study of quantum duality — ●CHRISTIAN WICKLES and CORD MÜLLER — Physikalisches Institut, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany

We investigate coherent backscattering of light by two harmonically

trapped atoms in the light of quantitative quantum duality. Including recoil and Doppler shift close to an optical resonance, we calculate the interference visibility as well as the amount of which-path information, both for zero and finite temperature [1].

[1] quant-ph/0512038

Q 16.5 Mo 18:00 HII

Dynamics of resonant energy transfer processes in an ultracold gas of Rydberg atoms — ●S. WESTERMANN¹, T. AMTHOR¹, A.L. DE OLIVEIRA^{2,3}, J. DEIGLMAYR¹, M. REETZ-LAMOUR¹, and M. WEIDEMÜLLER¹ — ¹Physikalisches Institut Universität Freiburg, Hermann-Herder-Str. 3, 79104 Freiburg — ²Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Física, Joinville, SC 89223-100, Brazil — ³Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Carlos, SP 13560-970, Brazil

Rydberg atoms can be seen as a prototype system to investigate resonant energy transfer processes, which play an important role *e.g.* in many biological systems (Förster processes). Due to the strong interactions of Rydberg atoms with external fields, one can use moderate electric fields of a few V/cm to tune the atom pair states $|nP, nP\rangle$ and $|nS, (n+1)S\rangle$ of ⁸⁷Rb into degeneracy. In an ultracold gas of Rb atoms excited into the $32P$ Rydberg state, one finds after a few μs many atoms in the $33S$ state due to the resonant energy transfer $|32P, 32P\rangle \rightarrow |32S, 33S\rangle$.

The dependence of this process on the applied electric field can be mainly explained by many-body effects in a stationary gas [1]. We present a model extending the approach of Ref. [1] and density-dependent measurements. Both show that the time dependence can be explained in a stationary picture, underlining the coherent character of the resonant energy transfer in an ultracold Rydberg gas [2].

- [1] Mourachko *et al.*, PRA **70** (2004) 031401R
- [2] S.Westermann *et al.*, Eur.Phys.J.D subm.

Q 16.6 Mo 18:15 HII

QED in einem absorbierenden Kristall: was wird aus der Bandstruktur? — ●ANDREAS KURCZ und CARSTEN HENKEL — Institut für Physik, Universität Potsdam, Germany

Für die Quantisierung des elektromagnetischen Felds in periodischen Medien ist das Bloch-Theorem hilfreich, weil die Modenfunktionen mit quasi-periodischen Bloch-Wellen identifiziert werden können. In Gegenwart von Absorption versagt dieses Verfahren allerdings, weil die Modenfrequenzen komplex werden [1]. Wir verallgemeinern die Modenentwicklung des Feld-Operators mit Hilfe des Quantisierungsschemas für die makroskopischen Maxwell-Gleichungen [2,3]. Im Fall verschwindender Absorption finden wir die bekannten Bloch-Moden wieder. Wir zeigen außerdem, dass die Bandstruktur in der (k, ω) -Ebene durch Absorption “aufgeweicht” wird. Dazu wird der spontane Zerfall eines kollektiven Zustands von N Zwei-Niveau-Systemen berechnet, in Analogie zur Abstrahlung eines phasenkohärenten *arrays* von Dipol-Antennen.

- [1] Tip, Moroz, Combes: J. Phys. A 33 (2000) 6223
- [2] Huttner, Baumberg, Barnett: Europhys. Lett. 16 (1991) 177
- [3] Knöll, Scheel, Welsch: in *Coherence and Statistics of Photons and Atoms*, edited by J. Peřina (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001)

Q 16.7 Mo 18:30 HII

Simplified model for double jumps in dipole-dipole interacting atoms — ●VOLKER HANNSTEIN and GERHARD C. HEGERFELDT — Institut für Theoretische Physik, Universität Göttingen, Friedrich-Hund-Platz 1. 37077 Göttingen

A simplified scheme for the investigation of cooperative effects in the quantum jump statistics of small numbers of atoms in a trap is presented, which generalizes previous work [1,2,3]. It allows the analytic treatment of three dipole-interacting four-level systems which model the level scheme of Ba^+ ions for which extremely high cooperative effects have been reported to be measured in experiments. Our theoretical result show effects of maximum 5% and practically no effects for experimental parameter values. As a consequence the dipole-dipole interaction can be ruled out as an explanation for the measured large effects for three Ba^+ ions [4].

- [1] C. Skornia *et al.* Europhys. Lett. **56**, 665 (2001).
- [2] V. Hannstein, G. C. Hegerfeldt, Phys. Rev. A **68**, 043826 (2003).
- [3] V. Hannstein, G. C. Hegerfeldt, Phys. Rev. A **70**, 023820 (2004).
- [4] T. Sauter *et al.* Opt Commun. **60**, 287 (1986).

Q 17 Festkörperlaser II

Zeit: Montag 17:00–18:30

Raum: HIV

Q 17.1 Mo 17:00 HIV

Steuerung eines mehrfarbig emittierenden upconversion Pr,Yb-ZBLAN Faserlaser — ●JÖRG SCHWENKE, ORTWIN HELLMIG, ARNOLD STARK, VALERI BAEV und KLAUS SENGSTOCK — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Vorgestellt wird ein Pr,Yb:ZBLAN upconversion Faserlaser, dessen spektrale Komponenten sich durch Beeinflussung der Resonatorbedingungen steuern lassen. Pr,Yb-dotierte upconversion Faserlaser haben mehrere mögliche Laserübergänge im sichtbaren Spektralbereich, die mit Pumplicht im Bereich von 780nm bis 880 nm angeregt werden können. Aufgrund räumlicher Inhomogenitäten der Verstärkung in Glasfasern ist eine gleichzeitige Emission verschiedener Laserübergänge mit variablen Anteilen an der Gesamtemission möglich. Es werden Steuerungsmechanismen vorgestellt, die es erlauben, sowohl die Resonatorverluste als auch die Verstärkung im laufenden Betrieb zu verändern und somit die Anteile von bis zu drei von vier Emissionsfarben 492, 520, 635 oder 717 nm zu modulieren. Die Modulation der Resonatorverluste erfolgt durch die Veränderung des Reflektionsgrades von beiden Resonatorspiegeln mit einem piezoelektrisch einstellbaren Luftspalt. Möglichkeiten einer ultraschnellen Modulation der einzelnen Farben (MHz-Bereich) durch Steuerung der Verstärkung mit einem in die Faser eingekoppelten Licht werden derzeit untersucht.

Q 17.2 Mo 17:15 HIV

Ein UV-Festkörperlasersystem zur Kühlung von Mg⁺-Ionen — ●FRANK MARKERT^{1,2}, MAXIMILIAN HERRMANN¹, THOMAS UDEM^{1,3} und THEODOR W. HÄNSCH^{1,3} — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, 85748 Garching, Germany — ²Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — ³Institut für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München, 80799 München, Germany

Zur Laserkühlung von Mg⁺-Ionen wird kohärentes UV-Licht bei 280 nm benötigt. Hier wird ein Dauerstrich-Festkörperlasersystem vorgestellt, das 200 mW Lichtleistung der geforderten Wellenlänge erzeugt. Dieses besteht aus einem Ytterbium-Faserlaser, der Laserlicht bei 1120 nm emittiert, und zwei resonanten Frequenzverdoppelungen, die dieses Licht sukzessive vom Infraroten über das Sichtbare ins Ultraviolette konvertieren. Die Frequenz des Faserlasers wird absolut auf eine Hyperfeinkomponente von Jod stabilisiert.

Q 17.3 Mo 17:30 HIV

Bedeutung des Überlapps von Pump- und Lasermode bei nicht-planaren Nd:YAG Ringoszillatoren — ●TOBIAS MEIER, MICHÈLE HEURS, MARINA DEHNE, BENNO WILLKE und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Monolithische nicht-planare Nd:YAG Ringlaser (NPROs) sind wegen ihrer guten intrinsischen Rauscheigenschaften und transversal grundmodigen Emission weit verbreitet. Untersuchungen mit verschiedenen Pumpeometrien zeigten, dass eine Optimierung des Überlapps von

Pump- und Lasermode im NPRO einen sehr hohen Korrelationsgrad zwischen Leistungs- und Frequenzrauschen der vom NPRO emittierten Laserstrahlung erzeugt. Diese Korrelationen können für eine simultane Stabilisierung beider Messgrößen ausgenutzt werden, indem nur je eine aktiv stabilisiert wird. Darüber hinaus ermöglichen diese Korrelationen theoretisch die Nutzung der NPRO-Frequenz als Sensor für das Leistungsrauschen des Pumplasers, ohne dabei Pumplichtphotonen direkt zu detektieren. Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der simultanen Rauschunterdrückung vor und diskutiert die dominierenden Rauschprozesse.

Q 17.4 Mo 17:45 HIV

Der Beitrag Q 17.4 wurde an Sitzung Q 2 angehängt. — ● —

Q 17.5 Mo 18:00 HIV

Multipass amplification of chirped ultrashort pulses in an all-diode-pumped Yb:glass amplifier to 8Joule. — ●SEBASTIAN PODLESKA, JOACHIM HEIN, MATHIAS SIEBOLD, RAGNAR BÖDEFELD, MARKO HORNING, MATHIAS SCHNEPP, GABRIELA PAUNESCU, MARKO HELLMING, and ROLAND SAUERBREY — Institute for Optics and Quantum Electronics, FSU Jena, Max-Wien-Platz 1, D-07743 Jena, Germany

An increasing number of applications and experiments in the field of light-matter interaction demand ultra high peak power in the order of a petawatt. The POLARIS project aims the development of an all-diode-pumped, high energy and high peak power femtosecond laser system at a reasonable repetition rate of several shots per minute. The amplification of stretched fs-pulses to 8 J was currently achieved in a chain of four amplifiers. As the active medium Yb³⁺-doped fluoride phosphate glass with a fluorescence lifetime of 1.4 ms was chosen. It is longitudinally pumped at 940 nm by 1000 laser diode bars in pulsed operation. In the fourth amplification stage a pump power of 100 kW is imaged homogeneously to a beam cross section of 2.5 cm². Applying thermal lens correction techniques the laser pulse extracts its energy in a 10-pass scheme. The compression of the amplified pulses in a tiled grating compressor was shown.

Q 17.6 Mo 18:15 HIV

Injection Seeding eines Titan:Saphir-Lasers mit hoher Pulsenergie bei 935nm — ●DANIEL SCHMIDT, FRANK KALLMEYER und HANS J. EICHLER — TU Berlin, Optisches Institut, Lasergruppe, Str. des 17. Juni 135, D-10623 Berlin

Vorgestellt wird ein Titan:Saphir-Laser mit linearem Resonator der am langwelligen Rand des Emissionsbereiches betrieben wird. Die Voreinstellung der Wellenlänge erfolgt durch geeignete Resonatorspiegel, die als Tiefpass mit steiler Flanke zu kleineren Wellenlängen ausgelegt sind. Durch Injektion Seeding wird die Wellenlänge fein eingestellt und die spektrale Bandbreite verringert. Eine Anwendung des Systems wird bei der Untersuchung der Wasserdampfverteilung in der Atmosphäre mit differentiellen Absorptions Lidar (DIAL) Systemen gesehen.

Q 18 Photonik in komplexen und periodischen Strukturen II

Zeit: Montag 17:00–18:30

Raum: H14

Q 18.1 Mo 17:00 H14

Modification of Spontaneous Emission of Nanoscopic Particles near Interfaces — ●GESINE STEUDLE, MICHAEL BARTH, and OLIVER BENSON — Nano Optics, Institute of Physics, Humboldt University Berlin

It is well known that the spontaneous emission rate of chromophores depends on the local photonic mode structure, which can be significantly altered in the presence of interfaces. We investigate the influence of a nearby mirror on the fluorescence emission of dye-doped nanospheres using an optical tweezer to actively move the particles. Not only changes in the radiative lifetime are considered, but also changes in the angular emission characteristics. It is shown that angle-dependent measurements of the intensity as a function of the mirror-particle distance can be used to determine the quantum efficiency of the chromophore with high accuracy. Our approach can be generalized to study quantum electrodynamic

effects of nanoscopic particles in more complex environments in a novel experimental configuration.

Q 18.2 Mo 17:15 H14

Modulationsinstabilitäten in eindimensionalen LiNbO₃:Fe:Ti Streifenwellenleiterarrays — ●C.E. RÜTER, C. WIRTH, J. WISNIEWSKI, M. STEPIC und D. KIP — Institut für Physik und Physikalische Technologien, Technische Universität Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Die Eigenzustände eines diskreten linearen Systems sind Floquet-Bloch-Moden mit einem Spektrum erlaubter Bänder. In nichtlinearen Medien sind diese Moden in bestimmten Bereichen der Brillouin-Zone aufgrund des Zusammenspiels zwischen nichtlinearen Effekten und diskreter Beugung instabil und zerfallen in kleinere Strukturen, die als periodisch angeordnete räumliche Solitonen angesehen werden können.

Untersucht werden solche Modulationsinstabilitäten in eindimensionalen Wellenleiterarrays in Fe-dotiertem Lithiumniobat mit defokussierender Nichtlinearität. Für die gezielte Anregung einzelner Floquet-Bloch-Moden wird die Prismenkopplermethode verwendet. Die Intensitätsverteilung wird an der Wellenleiterendfläche mit einer CCD-Kamera untersucht. Im ersten Band wird am Rand der Brillouin-Zone im Bereich anormaler Beugung ein Zerfallen der Floquet-Bloch-Mode und eine deutliche Lokalisierung der Intensität mit der Ausbildung von Solitonzügen beobachtet. Dagegen ist die Lichtausbreitung im zweiten Band im Bereich der normalen Beugung stabil. Diese Ergebnisse werden gestützt durch entsprechende numerische Simulation der nichtlinearen Lichtausbreitung in einem defokussierenden Medium.

Q 18.3 Mo 17:30 H14

Refraktive und diffraktive mikrooptische Elemente für die Aufnahme von Bildschirmhologrammen — •THOMAS KÄMPFE, ERNST-BERNHARD KLEY und ANDREAS TÜNNERMANN — Institut für Angewandte Physik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Zur gleichmäßigen Ausleuchtung rechteckiger Schirme während der Aufnahme von Bildschirmhologrammen wird üblicherweise der mittlere Teil eines stark aufgeweiteten Laserstrahls verwendet, wobei nur ca. 5% der Laserleistung (abhängig von der geforderten Homogenität der Beleuchtung) nutzbar sind. Eine Möglichkeit diesen Nachteil zu umgehen ist die Verwendung von refraktiven mikrooptischen Strahlformungselementen, welche das gaußförmige Laserstrahlprofil in eine konstante rechteckige Intensitätsverteilung transformieren. Die für die Aufnahme nutzbare Laserleistung kann damit auf 80%-90% erhöht werden.

Um die benötigte Homogenität der Ausleuchtung zu gewährleisten muss der Laserstrahl eine Ortsfrequenzfilterung durchlaufen. Ist sowohl eine hohe Divergenz des Beleuchtungsstrahles als auch eine hohe Leistung gefordert, erfordert dies ein sehr dünnes und gleichzeitig widerstandsfähiges Pinhole. Um diese Parameterkombination zu ermöglichen wurde ein neuartiges, dielektrisches Pinhole auf der Basis von Mikrostrukturen entwickelt. Durch Kombination von Strahlformungselementen und dielektrischen Pinholes wurde eine signifikante Vergrößerung des erreichbaren Parameterbereichs bei der Aufnahme von Bildschirmhologrammen bei gleichzeitiger Verbesserung der Homogenität der Ausleuchtung erreicht.

Q 18.4 Mo 17:45 H14

Hocheffiziente Transmissionsgitter für unpolarisierte Beleuchtung, eine anschauliche Untersuchung des Beugungsprozesses — •T. CLAUSNITZER¹, T. KÄMPFE¹, E.-B. KLEY¹, A. TÜNNERMANN¹, U. PESCHEL¹, A. V. TISHCHENKO² und O. PARRIAUX² — ¹Institut für Angewandte Physik, Friedrich-Schiller Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07745 Jena — ²Laboratoire TSI, Université Saint-Etienne, 10 rue Barrouin, 42000 St. Etienne, Frankreich

Durch die steigende Nachfrage nach hocheffizienten dielektrischen Transmissionsgittern, welche aufgrund ihrer hohen Zerstörfestigkeit besonders in Hochleistungslasersystemen Anwendung finden, besteht neben kostengünstigen Herstellungsverfahren auch ein Bedarf an effizienten Designalgorithmen um Gitter schnell an die individuelle Anwendung anzupassen. Numerische Berechnungen haben gezeigt, daß bei Annahme eines rechteckigen Gitterprofils Beugungseffizienzen bis 98% sogar für unpolarisierte Beleuchtung erreicht werden können. Jedoch ermöglicht die numerische Behandlung kaum Einblicke in die Mechanismen, die zu solch hohen Effizienzen führen. Um ein tieferes Verständnis von den Vorgängen

bei der Beugung an dielektrischen Transmissionsgittern zu erlangen, wurde ein phänomenologisches Modell entwickelt, basierend auf Moden, die vertikal durch das Gitter propagieren, ähnlich denen in einem einfachen Streifenwellenleiter. Der Vortrag beschreibt die Beugung als ein Zusammenspiel von Anregung, Ausbreitung und Auskopplung der Moden, wobei die Beugungseffizienz eines Gitters auf einen einfachen Interferenzmechanismus zurückgeführt wird.

Q 18.5 Mo 18:00 H14

Left-Handed Metamaterials with Gold Nanorods — •FRANK GARWE¹, CARSTEN ROCKSTUHL², CHRISTOPH ETRICH², UWE HÜBNER¹, ULF BAUERSCHÄFER³, FRANK SETZPFANDT², MARKUS AUGUSTIN², THOMAS PERTSCH² und FALK LEDERER² — ¹IPHT Jena — ²Friedrich-Schiller-Universität Jena — ³GmBU Halle

Metallic optical nanostructures are believed to be the key for tailoring the dispersion relation of light in an artificial kind of matter, frequently termed optical metamaterials [1,2]. The desired material properties can be achieved by controlling the resonances associated with a single nanostructure.

In this contribution we investigate the electromagnetic properties of nanorods, consisting of a pair of gold nanowires and a PMMA spacing [3]. Transmission and reflection spectra have been measured in amplitude and phase. In all cases rigorous diffraction theory is used to compare experimental with theoretical results. By changing the geometry of the nanorods the electric and magnetic resonances can be independently tuned. This approach is applied to engineer the negative index behavior of the metamaterial.

[1] J.B.Pendry and D.R.Smith, *Physics Today* June, 37-43 (2004).

[2] S.Linden, C.Enkrich, M.Wegener, J.Zhou, T.Koschny, and C.M.Soukoulis, *Science* 306, 1351-1353 (2004).

[3] V.A.Podolskiy, A.K.Sarychev, and V.M.Shalaev, *Opt. Express* 11, 735-745 (2003).

Q 18.6 Mo 18:15 H14

Nonlinear Effects in Microsphere Resonators — •CARSTEN SCHMIDT¹, ARKADI CHIPOLINE¹, DAVID SMITH², JENNIFER SOMERVILLE², OLEG EGOROV¹, THOMAS PERTSCH¹, FALK LEDERER¹, and ANDREAS TÜNNERMANN^{1,3} — ¹ZIK Ultra optics, Friedrich-Schiller-Universität, Jena — ²Corvis Equipment Corporation, Columbia, Maryland, USA — ³Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Jena

Microspheres (MSs) are optical resonators with unprecedented high Q-factors [1], [2] that leads to a low threshold of nonlinear effects [3]. In the presented contribution, the dependence of the resonance bandwidth and back reflection on the coupled power has been investigated in a number of experimental realizations. An EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) based laser with a microsphere mirror was demonstrated. A theoretical model based on two coupled counter propagating MS modes and Kerr nonlinearity was used to simulate the properties of the MSs.

\Zitat{1}{Brent, E. Little, J.-P. Laine, and H. A. Haus, Analytical Theory of Coupling from Tapered Fibers and Half-Blocks into Microsphere Resonators, *J. Lightwave Technol.* 17, 704-715 (1999)}

\Zitat{2}{T. J. Kippenberg, S. M. Spillane, and K. J. Vahala, Modal coupling in travelling-wave resonators, *Opt. Lett.* 27, 1669-1671 (2002)}

\Zitat{3}{V. S. Ilchenko, A. Matsko, A. A. Savchenkov, and L. Maleki, Low-threshold parametric nonlinear optics with quasi-phase-matched whispering-gallery modes, *JOSA B* 20, 1304-1308 (2003)}

Q 19 Symposium Quantum state analysis and estimation

Zeit: Dienstag 10:30–16:00

Siehe Programmbereich SYSA.

Raum: HVI

Q 20 Photonische Kristalle I

Zeit: Dienstag 10:40–12:55

Raum: HI

Q 20.1 Di 10:40 HI

Bloch-mode Formation and Disorder in Coupled-Cavity Chains — ●BJÖRN M. MÖLLER¹, ULRIKE WOGGON¹, and MIKHAIL V. ARTEMYEV^{1,2} — ¹Department of Physics, University of Dortmund — ²Institute for Physico-Chemical Problems of Belarussian State University

The coupled-microresonator model is an important concept to describe loss-less waveguiding, photonic circuits, and slowing down light [1-3].

In this work, we discuss a coupled oscillator model for photon states in finite 1D-periodic structures. Experimentally, we explore the coherent photon coupling in linear chains of up to 14 spherical microcavities. Coherent coupling is evidenced by (i) collapse of individual whispering gallery modes, (ii) splitting of modes into a fine structure, (iii) the strong variation of the field intensity and splitting features between adjacent spheres in a chain.

We demonstrate how intensity modifications along the coupled resonator chain can originate from two different phenomena: The observed intensity variations are explained using a coupled oscillator model predicting locally varying oscillator strengths. Both Bloch-mode formation and size disorder can lead to significant field variations in a coupled resonator structure. The transition between both effects are transparently explored in terms of this coupled-oscillator model.

[1] A. Yariv *et al.*, Opt. Lett. **24** (11), 711 (1999)

[2] B. M. Möller, *et al.*, Opt. Lett. **30** (16), 2116 (2005)

[3] B. M. Möller, *et al.*, J. Appl. Opt. A, in press (2006)

Q 20.2 Di 10:55 HI

Near field studies of resonances in multistep photonic crystal heterostructure nanocavities. — ●SUSHIL MUJUMDAR¹, A. FEMIUS KOENDERINK², and VAHID SANDOGHDAR¹ — ¹Laboratory of Physical Chemistry, ETH Zurich, CH-8093 Zurich, Switzerland. — ²FOM-Institute for Atomic and Molecular Physics (AMOLF), Kruislaan 407, 1098 SJ Amsterdam, The Netherlands.

We report on near-field studies of resonances in photonic crystal nanocavities realized in thin GaAs membranes. The nanocavities were created under a multistep photonic heterostructure design, wherein five crystal slabs, with lattice constants a_1 , a_2 , a_1 , a_2 and a_1 respectively ($a_1 > a_2$) were seamlessly welded together[1]. A collinear $W1$ waveguide created through the structure exhibits an offset in the band diagram for the guided mode in the regions with different lattice constants. The confinement in the spatially narrow (width $2a_1$) region yields resonances of quality factors $\sim 10^4$, depending on the width of the a_2 region. An optical fiber tip mounted in a shear-force setup explored the near-field distribution of light in the nanocavity on and off resonance frequencies. The high-resolution (< 100 nm) intensity map in the nanocavity at the resonant frequency shows excellent agreement with 3D finite difference time domain simulations. Furthermore, the pre-resonant evolution of light intensity in the nanocavity shows an interesting behaviour as the mode-gap is scanned in frequency.

[1] Samples were fabricated by the Nanodevices for Photonics and Electronics group, Institute of Experimental Physics, University of Würzburg.

Q 20.3 Di 11:10 HI

Interaction of Nanoscopic Particles with the Near Field of Photonic Crystal Structures — ●MICHAEL BARTH and OLIVER BENSON — Nano Optics, Institute of Physics, Humboldt University Berlin

Nanostructured dielectric materials provide new ways of guiding and manipulating light, most prominently realized in photonic crystal waveguides and cavities. The specific optical properties of these structures make them promising candidates for novel sensing techniques, as small changes in the dielectric environment can significantly alter the propagation of light. For this purpose we have studied the interaction of nanoscopic dielectric particles with the near field of various photonic crystal structures by means of numerical simulations. We investigate the resulting changes in the optical properties of the photonic crystals as well as the mechanical forces acting on the particles. Both effects turn out to be strongest for cavity-like defect structures, which exhibit sharp resonances and large field enhancements, thereby ensuring intense matter-light interaction. These results will be exploited in experimental studies, which are currently in progress, using an optical tweezer to position and manipulate dielectric particles on planar photonic crystals.

Q 20.4 Di 11:25 HI

Lauebeugung von sichtbarem Licht an periodischen Strukturen mit endlicher Ausdehnung — ●OLIVER HENNEBERG¹, ULLRICH PIETSCH² und NORBERT LAUINGER³ — ¹Universität Potsdam — ²Universität Siegen — ³CorrSys-Datron

v.Laue-Beugung mit Röntgenstrahlung wird seit langem zur Charakterisierung von Einkristallen eingesetzt. Lauespots entstehen, wenn eine Netzebene hkl mit dem Netzebenenabstand $d(hkl)$ die Braggbedingung für eine spezielle Wellenlänge λ aus dem einfallendem weissen Röntgenlicht erfüllt. Das selbe Prinzip kann angewendet werden, um aus weissem sichtbarem Licht, Spots verschiedene Farbe zu selektieren. Die dazu nötigen Kristalle mit Gitterkonstanten im Micrometer Bereich sind im Prinzip als Photonische Kristalle verfügbar. Im Gegensatz zu den Röntgenobjekten sind diese aber in ihrer räumlichen Ausdehnung begrenzt was die Energieunschärfe der möglichen Reflexe begrenzt.

Im folgenden stellen wir ein Experiment vor, mit dem man Lauebilder eines Kristalls mit Mikrometer Gitterkonstante nach Beugung mit sichtbarem Licht auswerten kann. Mit Hilfe eines Computerprogramms läßt sich die Streuung am endlichen Kristall simulieren. Numerischen Ergebnisse werden mit gemessenen Lauebeugungsaufnahmen verglichen.

Q 20.5 Di 11:40 HI

Unconditionally stable time-domain simulations using Krylov-subspace methods — ●JENS NIEGEMANN^{1,2}, MARTIN POTOTSCHNIG¹, LASHA TKESHVILASHVILI^{3,2}, and KURT BUSCH^{1,3,2} — ¹Institut für theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe — ³Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

Over the past decades, many numerical methods have been developed to solve the time-dependent Maxwell equations. The most popular one is the so-called Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method. While FDTD is very easy to implement and relatively fast, it exhibits some inherent problems. In particular, it is only of second order in time and only conditionally stable. Therefore, to obtain accurate results one has to take very small timesteps. We propose to solve Maxwell's equations with an unconditionally stable and more accurate method based on operator exponentials using Krylov-subspace techniques. We compare the performance of our method with standard FDTD and other methods. In addition, we demonstrate how to include absorbing boundary conditions and sources into this method while still maintaining the unconditional stability. Furthermore, we show how this method can be extended to nonlinear and coupled systems, by using nonlinear exponential integrators.

Q 20.6 Di 11:55 HI

Characterization of macroporous silicon devices for Photonic Crystal-based spectroscopic gas sensors — ●STEFAN L. SCHWEIZER¹, TORSTEN GEPPERT², ANDREAS VON RHEIN¹, DANIEL PERGANDE¹, and RALF B. WEHRSPORN¹ — ¹Dept. Physik, Universität Paderborn, 33095 Paderborn — ²MPI Halle, 06120 Halle

Photonic crystals (PhC) offer the potential to allow the realization of compact spectroscopic gas sensors. The working principle is based on low group velocities. However, the fabrication of corresponding PhC structures is demanding. We improved the macroporous Si fabrication process to fabricate promising structures. Growth of deep ($450 \mu\text{m}$) trenches next to ordered macropore arrays was successfully achieved during photoelectrochemical etching. In addition, this approach allows in-situ realization of an efficient coupling scheme of low group velocity modes as well as manual separating of the gas sensor devices with sub- μm precision. Transmission through macroporous Si PhCs of several hundred pore rows has been achieved. Homogeneity issues related to this are also discussed.

Q 20.7 Di 12:10 HI

Tunable photonic crystal laser with integrated wavelength monitor — ●CHRISTIAN ÜLZHÖFER, HELMUT SCHERER, MARTIN KAMP, and ALFRED FORCHEL — Technische Physik, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Germany

We have investigated the integration of tunable photonic crystal (PhC) lasers with a wavelength monitor. The tunable lasers are based on two coupled PhC waveguides with slightly different length. PhC mirrors are

placed at the end, joint and front of the two waveguides. Tuning is achieved by a variation of the injection currents in the two segments. The wavelength monitor, which is placed behind the rear mirror of the laser, consists of a multi-mode PhC waveguide. Mode coupling between the fundamental mode and a higher order mode results in dips in the waveguide transmission (mini-stopband). The operating point of the laser is chosen on either side of the mini-stopband, so that any change of the wavelength will lead to a change of the transmission. An integrated photodiode at the end of the waveguide records the transmitted intensity.

The devices are fabricated from InP laser layers with $1.5\mu\text{m}$ emission wavelength. Electron beam lithography is used to define the PhC patterns, which are then etched through the complete laser structure to a depth of more than $3.5\mu\text{m}$. The lasers have high sidemode suppression ratios between 30 and 45 dB and output powers above 25 mW. The tuning range of the devices is around 20 nm. The photocurrent of the integrated diode shows a clear dependence on the laser wavelength, in good agreement with simulations of the wavelength monitor transmission.

Q 20.8 Di 12:25 HI

Single mode photonic-crystal distributed feedback lasers — ●HOLGER HOFMANN, HELMUT SCHERER, STEFAN DEUBERT, JOHANN-PETER REITHMAIER, MARTIN KAMP, and ALFRED FORCHEL — Technische Physik, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Germany

High power single-mode emission with diffraction-limited beam quality is advantageous for many applications such as optical fiber amplifiers, frequency doubling or optical sensors. We investigate a widely unexplored approach to achieve these objectives in semiconductor lasers: The Photonic-Crystal distributed-feedback (PCDFB) laser, which combines the best features of conventional DFB and α -DFB lasers in order to achieve single-mode emission and good beam quality over a broad range of apertures [1].

A PCDFB laser uses a rectangular, 2D photonic crystal lattice for optical feedback. This lattice, in our case realized as an array of etched air

holes, is tilted with respect to the cleaved facets of the device. The laser light has to undergo multiple Bragg reflections during a roundtrip in the cavity, which leads to the selection of a single lateral and longitudinal mode.

We use InGaAs/AlGaAs laser layers for the fabrication of the devices. The air holes are defined by e-beam-lithography and dry etching through the upper cladding and close to the waveguide layer. We observe single mode emission at wavelengths around $\lambda = 980\text{nm}$ with a sidemode suppression of over 30dB.

[1] I. Vurgaftman and J.R. Meyer, Appl. Phys. Lett. 78, 1475 (2001)

Q 20.9 Di 12:40 HI

Electrically tunable lasing based on Ferroelectric Liquid Crystals — ●WOLFGANG HAASE¹, FEDOR PODGORNOV¹, YUKO MATSUHISA², KATSUMI YOSHINO², and MASANORI OZAKI² — ¹Institute of Physical Chemistry, Darmstadt University of Technology, Darmstadt/Germany — ²Department of Electrical, Electronic and Information Engineering, Osaka University, Osaka/Japan

Ferroelectric Liquid Crystals (FLCs) are characterized by a helical structure and a layered arrangement. Due to the 1-D structure the incoming light will be selectively reflected. In dye-doped FLCs lasing appeared on the edge of the so called stop band, where light can not propagate. The wavelength of the laser light can be easily tuned by changing the voltage of the applied field or by changing the temperature. On the other hand photons can be localized by introducing defects along the helix. This can be done in different ways. One is creating defects due to local heating of a dye doped FLC. Other way is the use of dielectric multilayers out of pairs of SiO₂ and TiO₂, where the distance between the multilayer blocks can be varied. So a 1-D hybrid photonic crystal can be received. Introducing defects lead to a lot of advantages, namely the lasing threshold is much lower as in arrangements without defects. During the lecture, an overview on the status of research will be given.

Q 21 Ultrakalte Moleküle

Zeit: Dienstag 10:40–11:55

Raum: HII

Q 21.1 Di 10:40 HII

Coherent control of the manipulation of ultracold rubidium molecules — ●J. ENG¹, W. SALZMANN¹, U. POSCHINGER¹, R. WESTER¹, M. WEIDEMÜLLER¹, A. MERL², S. WEBER², F. SAUER², M. PLEWICKI², F. WEISE², A. MIRABAL ESPARZA², L. WÖSTE², and A. LINDINGER² — ¹Physikalisches Institut, Universität Freiburg, Hermann-Herder-Str.3, 79104 Freiburg — ²Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin

We investigate a new scheme for the production of ultracold molecules by manipulating wavepacket dynamics [1]. A pair of ultracold rubidium atoms is excited by a shaped femtosecond (fs) laser pulse creating a molecular wavepacket. The wavepacket is transferred to the electronic groundstate by a second laser pulse. The process is expected to be greatly enhanced by coherent control techniques [2].

Precursor experiments are presented which explore the interaction of fs-pulses with weakly bound Rb molecules in the electronic groundstate. We observe molecular fragmentation through one-photon processes. To demonstrate the applicability of coherent control techniques to ultracold molecules we performed an iterative closed loop experiment aiming to increase this molecule fragmentation by fs-pulses [3]. We achieved an increase in molecular fragmentation by shaped laser pulses compared to transform-limited pulses by 30%.

[1] C. Koch et al., /physics/0511235

[2] S. Vajda et al., Chem.Phys. 267,231-239,(2001)

[3] W. Salzmänn et. al., /physics/0509056

Q 21.2 Di 10:55 HII

Prospects for Quantum Control of Ultracold Photoassociation — ●ULRICH POSCHINGER¹, WENZEL SALZMANN¹, ROLAND WESTER¹, MATTHIAS WEIDEMÜLLER¹, CHRISTIANE KOCH², and RONNIE KOSLOFF² — ¹Physikalisches Institut, Universität Freiburg — ²Fritz Haber Center for Molecular Dynamics Research, Hebrew University Jerusalem

We present a theoretical investigation concerning the pulsed photoassociation of ultracold molecules [1]. In this process, a colliding ultracold atom pair is excited by a tailored short laser pulse. The resulting coherent

superposition of bound vibrational levels is de-excited after a time delay into bound ground-state levels. An analytical model for the photoassociation rate for weak excitation pulses is developed and compared to the simulations. By means of this model, numerically optimized pulses are obtained. These pulses can be used in future closed-loop quantum control experiments as an initial guess. In contrast to previous investigations concentrating on chirped pulses, we directly model a closed-loop quantum control experiment [2] employing shaped laser pulses. This work explores the role of quantum interference and thereby the extent to which quantum control techniques can be applied on the process. Experiments on the photoassociation of ultracold molecules are currently carried out in our group. [1] C. Koch et al. physics/0508090 [2] W. Salzmänn et. al., physics/0509056

Q 21.3 Di 11:10 HII

Predictions of scattering length and Feshbach resonances from molecular spectroscopy of mixed alkalis — ●A. GERDES¹, O. DO-CENKO², M. TAMANIS², R. FERBER², A. PASHOV³, H. KNÖCKEL¹, and E. TIEMANN¹ — ¹Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover — ²Department of Physics and Institute of Atomic Physics and Spectroscopy, University of Latvia, Rainis Boulevard 19, LV 1586 Riga, Latvia — ³Department of Physics, Sofia University, 5 James Bourchier blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

For BEC experiments of mixed alkali systems scattering lengths for cold atomic collisions should be known. With molecular spectroscopy we can provide this information by investigating the high vibrational levels of the $X^1\Sigma^+$ state and the $a^3\Sigma^+$ state simultaneously [1]. In a simple spectroscopic experiment with Fourier-Transform spectroscopy on laser-induced fluorescence in a heatpipe data were acquired for precise descriptions of the singlet and triplet ground state potentials of mixed alkali dimers like KRb, NaRb [2] and NaCs. Even more precise information on the long range behaviour of the atoms can be inferred from molecular beam experiments and multistep excitation of molecules. Such an experiment was done for Na₂ and is presently under way for K₂. The talk will give an introduction into the methods, the applied theoretical models, and their prospects combining molecular spectroscopy and Feshbachreso-

nance spectroscopy on ultracold ensembles.

[1] J. Venturi *et al.* J. Phys. B **34**, 4339, 2001.

[2] A. Pashov *et al.* Phys. Rev. A, Potentials for modeling cold collisions between Na and Rb atoms, *in press*

Q 21.4 Di 11:25 HII

Long-lived Feshbach molecules in an optical lattice — ●KLAUS WINKLER¹, GREGOR THALHAMMER¹, FLORIAN LANG¹, STEFAN SCHMID¹, RUDOLF GRIMM^{1,2}, and JOHANNES HECKER DENSCHLAG¹ — ¹Institut für Experimentalphysik, Innsbruck, Austria — ²Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Innsbruck, Austria

We have investigated production and lifetime of Rb₂ Feshbach molecules in an optical lattice. Compared to previous experiments without lattice we find dramatic improvements. We observe long molecular lifetimes of up to 700ms and near unit conversion efficiency of atom pairs into molecules (and vice versa) when ramping slowly across the Feshbach resonance. We also have developed a purification scheme based on a combination of both a radio-frequency and an optical transition which removes residual atoms from the lattice. Purification results in a pure molecular sample where individual lattice sites are either empty or occu-

ped by a single molecule.

Q 21.5 Di 11:40 HII

Atom-Molecule Dark States in a Bose-Einstein Condensate — ●GREGOR THALHAMMER¹, KLAUS WINKLER¹, MATTHIAS THEIS¹, HELMUT RITSCH², RUDOLF GRIMM^{1,3}, and JOHANNES HECKER DENSCHLAG¹ — ¹Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, Austria — ²Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, Austria — ³Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck, Austria

We have created a dark quantum superposition state of a Rb Bose-Einstein condensate and a degenerate gas of Rb₂ ground-state molecules in a specific rovibrational state using two-color photoassociation. As a signature for the decoupling of this coherent atom-molecule gas from the light field, we observe a striking suppression of photoassociation loss. In our experiment the maximal molecule population in the dark state is limited to about 100 Rb₂ molecules due to laser induced decay. The experimental findings can be well described by a simple three mode model.

Q 22 Festkörperlaser III

Zeit: Dienstag 10:40–12:40

Q 22.1 Di 10:40 HIV

Einfrequenter Nd:YAG-Laser für die nächste Generation erdgebundener Gravitationswellendetektoren — ●LUTZ WINKELMANN, MAIK FREDE, RALF WILHELM und DIETMAR KRACHT — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover

Für die nächste Generation von Gravitationswellendetektoren wird ein einfrequentes Grundmodellasersystem mit einer Ausgangsleistung von ca. 200 W benötigt. Zum Erreichen dieser Spezifikationen wurde ein Ringresonator mit vier longitudinal gepumpten Laserkristallen entwickelt.

Um die hohen Anforderungen an die Strahleigenschaften des Lasers zu erfüllen, wurde ein Design aus drei Stufen gewählt. Diese drei Stufen gliedern sich in einen „Master Laser“ (NPRO), einen 12 W Oszillator und den eigentlichen Hochleistungsoszillator. Alle drei Stufen wurden durch das „Injection Locking“ Verfahren miteinander gekoppelt um den einfrequenten Betrieb des Lasers zu gewährleisten. Zur Erzeugung einer möglichst guten Strahlqualität, wurde in dem 4-Kopf-Ringoszillator zwischen jeweils zwei der Nd:YAG Kristalle eine Optik zur Kompensation der thermisch induzierten Doppelbrechung eingesetzt. Damit konnte bei einer Pumpleistung von 200 W pro Kristall eine linear polarisierte Ausgangsleistung von 195 W im Grundmode demonstriert werden. Dies entspricht einer Effizienz von 24%.

Q 22.2 Di 10:55 HIV

Inkohärente Überlagerung von Yb-Dotierten Faserlasern — ●SANDRO KLINGEBIEL¹, FABIAN RÖSER¹, TOM SCHREIBER¹, JENS LIMPERT¹ und ANDREAS TÜNNERMANN^{1,2} — ¹Friedrich Schiller University Jena, Institute of Applied Physics, Max-Wien-Platz 1, D-07743 Jena — ²Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Albert-Einstein-Strasse 7, 07745 Jena

Stets werden cw-Laser mit immer höheren Leistungen und mit hoher Strahlqualität benötigt. Faserlaser haben sehr gute Strahleigenschaften aber die Leistung ist durch nichtlineare Effekte begrenzt, so dass neue Wege zur Leistungsskalierung beschritten werden müssen. Eine Möglichkeit ist das Spectral Combining. Man benutzt mehrere Faserlaser und überlagert die einzelnen Laserstrahlen im Nah- und Fernfeld. Dabei werden Laserstrahlen mit leicht verschiedenen Wellenlängen durch ein diffraktives Element inkohärent überlagert. Es entsteht ein leistungsstarker Ausgangsstrahl, mit guter Strahlqualität.

Es werden Yb-dotierte Photonische-Kristall-Fasern (PCF) mit einem Kerndurchmesser von 40 um in einer MOPA- Anordnung (Master Oszillator Power Amplifier) benutzt. Die Single Mode PCF mit dem großen Modendurchmesser können jeweils Leistungen im 100 W-bereich liefern. Ein erstes Ziel unserer Arbeit ist es, zwei solche Fasern zu kombinieren. Damit soll gezeigt werden, dass spectral combining bei hohen Leistungen möglich ist. Wir werden den Aufbau und erste Ergebnisse vorstellen.

Raum: HIV

Q 22.3 Di 11:10 HIV

Kerndotierte Nd:YAG Keramik-Stäbe im transversal gepumpten Verstärker Betrieb — ●ALEXANDER STRÄSSER und MARTIN OSTERMEYER — Am Neuen Palais 10 14469 Potsdam

Eine neue Alternative zu kristallinen Nd:YAG Stäben sind kerndotierte Nd:YAG Keramikstäbe. Diese wurden bezüglich ihrer möglichen Vorteile im Verstärkerbetrieb untersucht. Die Strahlqualität eines Gaußstrahls nach Einfach- und Doppeldurchgang durch den Laserstab sowie die Extraktionseffizienz wurden gemessen. Zwei Keramikstäbe mit 3 mm und 4 mm Kerndurchmesser sowie 5 mm Außendurchmesser und ein gewöhnlicher Kristall mit 5 mm Durchmesser standen dabei zur Verfügung. Bei den kerndotierten Stäben ist die Extraktionseffizienz größer. Das liegt einerseits an der höheren Inversionsdichte bei kleinerem dotiertem Volumen und andererseits an der größeren Intensität des gaußförmigen Eingangspulses im kerndotierten Bereich. Im Einsatz der Keramikstäbe nahm die Strahlqualität im Vergleich zum kristallinen Stab ab. Gründe für die Verschlechterung sind der Brechungsindexsprung zwischen dem undotierten und dotierten Bereich von 0.005 % und ausschließlich im Kern wirksame Verstärkung. Diese Phasenfrontverzerrungen konnten mit phasenkonjugierenden Spiegeln im Doppelpaß jedoch zum größten Teil kompensiert werden. Derart konnte, unter Verwendung der kerndotierten Stäbe, für Gaußsche Strahlen eine gute Extraktion und auch eine gute Strahlqualität im Verstärkerdurchgang demonstriert werden.

Q 22.4 Di 11:25 HIV

Kompakter 320 W Hochleistungsfaserlaser — ●JAN ROTHARDT, OLIVER SCHMIDT, SANDRO KLINGEBIEL, JENS LIMPERT, THOMAS SCHREIBER und ANDREAS TÜNNERMANN — Institut für Angewandte Physik, Albert Einstein Str. 15, 07745 Jena

Faserlaser bieten ausgezeichnete Strahlqualität auch bei großen Ausgangsleistungen, die kaum durch thermische Effekte beeinflusst wird. Durch die kleinen Modenfelddurchmesser und großen Wechselwirkungslängen sind faserbasierende Lasersysteme vor allem durch nichtlineare Effekte leistungsbegrenzt. Eine Verringerung der Nichtlinearität, realisiert durch Vergrößerung des Modenfelddurchmessers und Verringerung der aktiven Faserlänge, ermöglicht höhere Spitzenleistungen. Beide Ideen werden im Konzept der rod-type Faser umgesetzt. Große Modenfelddurchmesser werden jedoch nur durch extrem schwach führende Faserstrukturen erreicht. Um Durchbiegung der Faser und damit hohe Verluste zu vermeiden müssen diese Fasern mit einem dicken Quarzglasstab umgeben sein. Durch Einsatz photonischer Kristallstrukturen sind Modenfelddurchmesser bis 50 um möglich geworden. Bei gleichzeitig hoher Dotierung des aktiven Kerns kann die Faserlänge im Laseraufbau auf 50 cm verringert werden. Damit ergibt sich ein kompakter Laseraufbau mit hoher Ausgangsleistung. Im Experiment werden cw-Ausgangsleistungen bis 320 W aus einer 58 cm langen Faser demonstriert. Numerische Simulationen und experimentelle Untersuchungen an photonischen Kristallfasern mit noch größeren Kerndurchmessern zeigen welche Möglichkeiten

für eine weitere Skalierung des Kerndurchmessers bestehen.

Q 22.5 Di 11:40 HIV

Kompakter, passiv gütegeschalteter Nd:YAG MOPA für weltraumgestützte Laseraltimetrie — ●SVEN HAHN, RAFAEL HUSS, JÖRG NEUMANN, RALF WILHELM, MAIK FREDE und DIETMAR KRACHT — Laserzentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Für die ESA Mission "Bepi Colombo" wird ein gepulstes Lasersystem mit nahezu beugungsbegrenztem Strahlprofil ($M^2 < 1,6$), 50 mJ Pulsenergie und weniger als 10 ns Pulsdauer benötigt, welches als Strahlquelle für ein Laseraltimeter dienen soll.

Von entscheidender Bedeutung für die Weltraumanwendung ist neben den Laserparametern auch Masse und Volumen sowie Effizienz und Temperaturstabilität. So muss ein stabiler Betrieb über einen Temperaturbereich von $\Delta T = 25K$ für den Laser gewährleistet sein. Hinzu kommt, dass die verwendeten Pumpdioden lediglich auf einen Bereich von $\Delta T = 15K$ stabilisiert werden, welches eine Verschiebung der Emissionswellenlänge um ca. 5 nm und somit eine sich ändernde Absorption der Pumpenergie im laseraktiven Medium zur Folge hat.

Um die gestellten Anforderungen zu erfüllen, wurde ein mit fasergekoppelten Laserdioden longitudinal QCW-gepumptes Nd:YAG MOPA System, bestehend aus einem passiv gütegeschaltetem Oszillator und zwei Verstärkerstufen, entwickelt. Die geforderten Laserparameter konnten mit diesem System bereits demonstriert werden.

Q 22.6 Di 11:55 HIV

Modenselektiv endgepumptes Zweikopflasersystem mit Doppelbrechungskompensation — ●OLIVER PUNCKEN, LUTZ WINKELMANN, RALF WILHELM, MAIK FREDE und DIETMAR KRACHT — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover

Der Bau des interferometrischen Gravitationswellendetektors LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory) stellt hohe Anforderungen an die zu verwendende Strahlquelle. Dazu gehört neben einem sehr guten Strahlprofil und einer hohen Ausgangsleistung auch der Einfrequenzbetrieb. An einem endgepumpten doppelbrechungskompensierten Nd:YAG Zweistabsystem soll durch modenselektives Pumpen eine Skalierung der Grundmodeleistung erfolgen. Hierzu werden zwei fasergekoppelte Dioden mit einer optischen Leistung von jeweils bis zu 210 W eingesetzt, die aufgrund ihrer hohen Brightness (Faserdurchmesser: 0,3 mm, NA = 0,22) modenselektives Pumpen im Hochleistungsbereich erst ermöglichen. Die Technik erlaubt einen guten Überlapp zwischen Pump- und Lasermode, so dass ein effizienter Grundmodebetrieb erreicht werden kann. Die sich bei hohen Pumpleistungen einstellende starke thermische Linse muß im Resonator- und Kristalldesign berücksichtigt werden. Durch eine Abbildungsoptik mit einem 90° Quarzrotator zwischen den Laserstäben lässt sich die thermisch induzierte Doppelbrechung kompensieren.

Q 23 Optische Meßtechnik

Zeit: Dienstag 10:40–12:10

Raum: H14

Q 23.1 Di 10:40 H14

Hochleistungslasersysteme für Gravitationswellendetektoren — ●PATRICK KWEE¹, FRANK SEIFERT¹, BASTIAN SCHULZ², BENNO WILLKE¹, MAIK FREDE², KARSTEN DANZMANN¹ und DIETMAR KRACHT² — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover — ²Laser Zentrum Hannover, Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Die nächste Generation von interferometrischen Gravitationswellendetektoren stellt hohe Anforderung an die Lasersysteme. Neben einer hohen Ausgangsleistung wird ein beugungsbegrenzter Strahl hoher Leistungs-, Frequenz- und Strahlagestabilität benötigt. Festkörperlaser und -verstärker bei einer Wellenlänge von 1064nm werden momentan für diesen Einsatz entwickelt. Durch Regelkreise und optische Resonatoren werden diese Lasersysteme aktiv und passiv stabilisiert, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen.

In diesem Beitrag werden die Lasersysteme, ihre Charakterisierung und die Stabilisierungsverfahren vorgestellt.

Q 22.7 Di 12:10 HIV

Nd:YVO₄-Verstärker für die Gravitationswellendetektoren — ●BASTIAN SCHULZ¹, MAIK FREDE¹, RALF WILHELM¹, DIETMAR KRACHT¹, PATRICK KWEE², FRANK SEIFERT² und BENNO WILLKE² — ¹Laser Zentrum Hannover e. V. Hollerithalle 8 30449 Hannover — ²Albert-Einstein-Institut, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Die Empfindlichkeit von erdgebundenen, interferometrischen Gravitationswellendetektoren skaliert unter anderem mit der Laserleistung. Zur weiteren Steigerung der Empfindlichkeit ist es notwendig die bisherigen Systeme mit einer Laserleistung zwischen 10 W und 20 W zu ersetzen oder hochzuverstärken. Des Weiteren werden für Experimente im Bereich der Optikcharakterisierung und Entwicklung sowie Laserstabilisierung stabile, einfrequente Laser mittlerer Leistung benötigt. Es wurde ein effizienter optischer Nd:YVO₄-Verstärker entwickelt, der geeignet ist um einfrequente beugungsbegrenzte Laser zu höheren Leistungen zu skalieren. Der Verstärker wird mit einer fasergekoppelten 808 nm Laserdiode durch den 45° Einkoppelspiegel endgepumpt. Aufgrund der Kompaktheit ist es möglich mehrere baugleiche Verstärkerstufen kaskadiert zu verwenden. Mit drei Verstärkerstufen wurde ein 14 W Laser auf 40 W verstärkt. Mit zwei Verstärkerstufen konnte ein nichtplanarer Ring-Oszillator mit einer Ausgangsleistung von 2 W auf über 15 W hochverstärkt werden. Die Strahlqualität wurde durch den Verstärkungsprozess nicht messbar verschlechtert. Mit Hilfe eines Ringresonators, einem so genannten Pre Mode Cleaner, wurde eine Modenanalyse des verstärkten Strahls durchgeführt und die Laserleistung im gaußschen Grundmode zu 97% bestimmt.

Q 22.8 Di 12:25 HIV

Passiv gütegeschalteter Nd:YAG-Laser für Weltraumanwendungen — ●RAFAEL HUSS, SVEN HAHN, JÖRG NEUMANN, RALF WILHELM, MAIK FREDE und DIETMAR KRACHT — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover

Passive Güteschaltung von Lasern ist für den Bereich der Weltraumanwendungen aufgrund der Budgetierung von Massen und Energieressourcen von besonderem Interesse, da im Gegensatz zu aktiven Varianten der Güteschaltung auf notwendige Ansteuerungseinheiten und Modulatoren verzichtet werden kann.

Es wurde ein modenselektiv gepumptes, mit Cr⁴⁺:YAG passiv gütegeschaltetes Nd:YAG-Lasersystem entwickelt, das als Seedlaser für ein Verstärkersystem eines weltraumtauglichen Laseraltimeters auf der Merkurmission Bepi-Colombo vorgesehen ist. Mithilfe eines plankonkaven Resonatordesigns (90 mm Resonatorlänge) ist es möglich, Pulse mit einer Energie von 2,4 mJ, einer Pulsbreite < 3 ns und einer Beugungsmaßzahl $M^2 < 1,5$ bei einer Repetitionsrate bis 20 Hz zu erzeugen. Missionsbedingte Temperaturschwankungen der Quasi-cw-Laserdiode um $\Delta T = 15$ °C konnten durch ein angepasstes Kristalldesign minimiert werden. Einflüsse von Temperaturvariationen des Nd:YAG-Stabes und des Cr⁴⁺:YAG-Kristalls zwischen 20 und 45 °C auf den laufenden Pulsbetrieb wurden ebenfalls untersucht.

Q 23.2 Di 10:55 H14

High sensitivity heterodyne interferometer as optical readout for LISA inertial sensor — ●THILO SCHULDT^{1,2}, HANS-JÜRGEN KRAUS^{1,3,2}, CLAU BRAXMAIER^{1,4}, DENNIS WEISE¹, ULRICH JOHANN¹ und ACHIM PETERS² — ¹EADS Astrium GmbH, Claude-Dornier-Straße, 88039 Friedrichshafen — ²Humboldt-Universität zu Berlin, AG Quantenoptik und Metrologie, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin — ³Fachhochschule Isny, Seidenstraße 12-35, 88316 Isny — ⁴Fachhochschule Konstanz, Brauneckerstr. 55, 78462 Konstanz

In the LISA spacecraft the position of the free-flying test mass with respect to the optical bench will be measured by use of an optical readout (cf. talk by Dennis Weise, EADS Astrium GmbH). Depending on the LISA optical bench design, this position sensor must have up to pm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ sensitivity for translation measurement and up to nrad/ $\sqrt{\text{Hz}}$ sensitivity for tilt measurement. EADS Astrium – in collaboration with the Humboldt-university – is developing a polarizing heterodyne interferometer based on a highly symmetric design described in [1], combined with differential wavefront sensing for the tilt measurement. In this talk, first results of the translation and tilt measurements will be presented as well as its limitations and possible future improvements of the setup.

[1] C.-M. Wu et al., Opt. Quant. Electron. **34**: 1267-1276 (2002)

Q 23.3 Di 11:10 H14

Polarization dependent light transmission through nanoscopic holes and coaxial structures — ●JOCHEN MUELLER, P. BANZER, S. QUABIS, and G. LEUCHS — Max Planck Research Group, Institute of Optics, Information and Photonics, University Erlangen-Nuremberg, Guenther-Scharowsky-Str. 1 / Bau 24, 91058 Erlangen

A large number of experiments have been carried out to clarify the nature of enhanced transmission through nanoscopic holes with just as much contradictory explanations having come up. Investigating the polarization dependence is therefore a necessary approach.

We measure the transmission of longitudinal and transverse fields through holes and coaxial structures down to subwavelength dimensions written in Ag and Cr layers at 775 nm. We prepare radially and azimuthally polarized beams focused by an objective (NA 0.9), thus illuminating each structure separately.

Generally we observe a significantly higher transmission for radial polarization, especially for thick metal layers. In case of very thin layers small holes reduce the ordinary skin depth penetration.

We found the transmission through coaxial rings for radial polarization to be larger than through pure holes of the same outer diameter, reaching a maximum when the diameter comes close to the wavelength. Even if the metal coaxial core gets larger than the focal spot size, a high on-axis transmission is obtained. We discuss the results against the background of a waveguide theory.

Q 23.4 Di 11:25 H14

Anwendung gequetschten Lichts in der Gravitationswelleninterferometrie — ●SIMON CHELKOWSKI, HENNING VAHLBRUCH, BORIS HAGE, ALEXANDER FRANZEN, KARSTEN DANZMANN und ROMAN SCHNABEL — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Institut für Gravitationsphysik der Universität Hannover

Eine der limitierenden Rauschquellen in interferometrischen Gravitationswellendetektoren ist das Quantenrauschen des elektromagnetischen Feldes. Der störende Einfluss des Quantenrauschens kann durch die Verwendung gequetschter Zustände reduziert werden. Wir stellen ein Tisch-Experiment vor, in dem geeignete gequetschte Zustände mittels optisch-parametrischer Verstärkung (OPA) erzeugt werden. Diese werden in ein 1,2m langes dual-recyceltes Michelson-Interferometer im Design des deutschen Gravitationswellendetektors GEO 600 eingekoppelt. Es werden die aktuellen Messergebnisse des Experimentes und die daraus resultierenden Anwendungen für mögliche Topologien zukünftiger Gravitationswellendetektoren präsentiert.

[1] Vahlbruch *et al.*, Phys. Rev. Lett. 95, 211102 (2005)

Q 23.5 Di 11:40 H14

Phasenauslesung für LISA — ●VINZENZ WAND¹, JOHANNA BOGENSTAHL², GUDRUN DIEDERICH¹, ROLAND FLEDDERMANN¹, ANTONIO F. GARCÍA MARÍN¹, FELIPE GUZMÁN CERVANTES¹, OLIVER JENNRICH³, JENS REICHE¹, SASCHA SKORUPKA¹, FRANK STEIER¹, MICHAEL TRÖBS¹, GERHARD HEINZEL¹ und KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover — ²Department of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, United Kingdom — ³ESA/ESTEC, Keplerlaan 1, Postbus 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands

LISA (Laser Interferometer Space Antenna) wird im Frequenzbereich zwischen 0,1 mHz und 1 Hz mit einer Empfindlichkeit bei 1 mHz von $10^{-23}/\sqrt{\text{Hz}}$ (SNR=5, 1 Jahr Integrationszeit) Gravitationswellen detektieren.

Hierzu werden Fluktuationen der Abstände zwischen Testmassen mittels Heterodyn-Interferometrie gemessen. Die Abstände sind ca. 5 Mio km, und die zu messenden Änderungen ca. $10 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ im Messfrequenzbereich.

Die primäre Messung ist eine Messung der Phase der Heterodynsignale (Schwebungstöne), die zwischen 5 und 20 MHz liegen, und die mit einer Genauigkeit von $10^{-4} \text{ rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ erfolgen muss.

Wir stellen das Konzept der Interferometrie und der Phasenauslesung vor und präsentieren erste Ergebnisse.

Q 23.6 Di 11:55 H14

Ultraschnelles Messverfahren zur Erfassung von dreidimensionalen Oberflächen — ●MARKUS GREGOR, AXEL HEUER und RALF MENZEL — Institut für Physik, Lehrstuhl für Photonik Universität Potsdam, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

Es wird ein neuartiges Oberflächenmessverfahren präsentiert, das auf der Verwendung von ultrakurzen Lichtpulsen beruht. Bei diesem Verfahren wird das zu vermessende Objekt mit Femtosekundenpulsen beleuchtet. Das an der Oberfläche gestreute Licht wird mit Objektiven auf eine CCD-Kamera abgebildet. Anstatt ein direktes Abbild des Objektes zu erhalten, werden mit Hilfe eines optisch nichtlinearen Konverters, der sich zwischen dem Objekt und der Kamera befindet, Laufzeitunterschiede gemessen. Licht, das von einer Vertiefung auf der Oberfläche gestreut wird, legt einen längeren Weg zurück und wird auf der CCD-Kamera mit geringer Intensität wiedergegeben und Licht, das von einer Erhöhung gestreut wird, wird mit einer stärkeren Intensität dargestellt. Dadurch gibt die Kamera eine Intensitätsverteilung wieder, die direkt dem graukodierten Höhenprofil der Oberfläche entspricht. Der enorme Vorteil dieses Verfahrens ist, dass das gesamte Oberflächenprofil mit nur einem einzigen Laserpuls erfasst werden kann, und die Messzeit nur von der Laserpulsdauer gegeben ist. Es werden erste Messungen mit diesem Verfahren vorgestellt, bei denen Laserpulse von 150 fs Dauer und mit einer Pulsenergie von 0,4 mJ verwendet wurden. Die Objekte hatten eine Größe von einigen Quadratzentimetern, und es wurde eine Auflösung im Mikrometerbereich erzielt.

Q 24 Informationsspeicherung und -verarbeitung

Zeit: Dienstag 12:10–12:40

Raum: H14

Q 24.1 Di 12:10 H14

Phasenkodierung zur Kapazitätserhöhung eines diskorientierten volumen holographischen Datenspeichersystems — ●THOMAS RUCKELSHAUSEN, JÖRN PEUSER, JÜRGEN PETTER und THEO TSCHUDI — Hochschulstr. 6, 64289 Darmstadt

Ziel unserer Untersuchungen ist die volumen holographische Datenspeicherung auf einer Disc bei 405 nm Wellenlänge. Zur Erhöhung der Datenkapazität wird das Verfahren der Phasenkodierung angewandt, das durch einen LC-Phasenmodulator mit 64 Streifen mit einer Breite von jeweils $30 \mu\text{m}$ realisiert wird. Der Referenzstrahl wird durch einen diffraktiven Strahlteiler in 64 einzelne Referenzstrahlen aufgeteilt, die durch den Phasenmodulator unabhängig voneinander um π in der Phase verzögert werden können. Neben dem LC-Phasenmodulator und dem diffraktiven

Strahlteiler wird der experimentelle Aufbau sowie erste Ergebnisse der Speicherung vorgestellt.

Q 24.2 Di 12:25 H14

Berechnung und Herstellung von DOEs zur Erzeugung äquidistanter Laserspots — ●THILO MAY, JÖRN PEUSER, MARC SCHMIEDCHEN und THEO TSCHUDI — Hochschulstr. 6, 64289 Darmstadt, TU Darmstadt, AG Licht- und Teilchenoptik

Holographische Speichersysteme rücken einer kommerziellen Anwendung immer näher, bergen aber noch enormes Entwicklungspotenzial. Eine vielversprechende Technik zur Erhöhung der Speicherkapazität holographischer Medien stellt das Phasemultiplexing, eine Überlagerung mehrerer phasencodierter Referenzstrahlen bei volumen holographischen

Aufnahmen, dar. Zur Erzeugung des Phasencodes wird ein Laserstrahl in 64 Teilstrahlen aufgespalten, die auf einen Phasenmodulator fokussiert werden.

Der Beitrag umreißt die Berechnung und Herstellung eines binären diffraktiven optischen Elementes (DOE) zur Erzeugung äquidistanter Laserspots. Als Berechnungsmethode wird eine Kombination aus dem 'ite-

rativen Fouriertransformationsalgorithmus' (IFTA) und dem Evolutionsalgorithmus 'Simulated Annealing' vorgestellt. Um aufwändige Herstellungsverfahren zu vermeiden wird das DOE mit lediglich zwei Phasenebenen konzipiert. Schließlich wird die Herstellung mit Erzeugung einer dünnen Photolackschicht ($<0,5\mu\text{m}$) und Strukturierung durch Lithographie erläutert, sowie Ergebnisse von hergestellten DOEs präsentiert.

Q 25 Photonische Kristalle II

Zeit: Dienstag 13:45–16:00

Raum: HI

Q 25.1 Di 13:45 HI

Resonant modes and lasing in deterministically aperiodic nanopillar arrays — ●SERGEI V. ZHUKOVSKY, DMITRY N. CHIGRIN, and JOHANN KROHA — Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 12, 53115 Bonn, Germany

As shown previously [1], periodic one-dimensional nanopillar arrays can function as waveguides. We consider an analogous system of nanopillars arranged in a deterministically aperiodic (DA) fashion, namely, according to quasiperiodic Fibonacci and fractal Cantor sequences [2]. It has been shown that such a nanopillar structure can exhibit both waveguide-like and resonant properties. The resonant modes present in a fractal nanopillar structure are highly localized and possess a Q-factor comparable with the resonant mode of a point defect embedded in a periodic waveguide. At the same time, the modes in a DA waveguide show much better coupling with a coaxially placed terminal allowing energy exchange of a resonator with other optical components. The coupling is especially increased when the symmetry of a DA structure is slightly broken, which does not diminish the Q-factor or mode localization. It can be shown that owing to increased coupling, such a resonant system can be used as a microlaser when nanopillars contain an active medium.

[1] D. N. Chigrin, A. V. Lavrinenko, C. M. Sotomayor-Torres, *Opt. Express* **12**, 617 (2004).

[2] A. V. Lavrinenko, S. V. Zhukovsky, K. S. Sandomirskii, S. V. Gaponenko, *Phys. Rev. E* **65**, 036621 (2002).

Q 25.2 Di 14:00 HI

Photonic crystal cavities with high quality factors on GaAs membranes — ●THOMAS SÜNNER, RAFAEL HERRMANN, ANDREAS LÖFFLER, JOHANN-PETER REITHMAIER, MARTIN KAMP, and ALFRED FORCHEL — Technische Physik, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Germany

Cavities in photonic crystals (PhCs) can confine light in mode volumes of less than one cubic wavelength with quality factors of several hundred thousand. These properties make PhC cavities very promising candidates for studies of cavity QED and non-linear optics.

We have investigated PhC cavities in GaAs membranes. The layer structure consists of a 250 nm thick GaAs layer on top of a $2\mu\text{m}$ thick $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ sacrificial layer. The geometry of the cavity is based on a PhC heterostructure [1]. This design uses a variation of the lattice period along a waveguide defined by one missing row of holes (W1) in a hexagonal PhC lattice. The light is confined in a short waveguide section with 410 nm period, sandwiched between 'mirror' waveguides with 400 nm lattice period. The 'mirror' waveguides have a stopgap at the wavelength of the cavity resonance and therefore act as reflectors. An access guide connects the cavity to the facets of the sample. The PhC pattern is first etched into the GaAs layer, which is then undercut by selective wet etching of the sacrificial layer.

Transmission measurements were performed using a tunable laser source at $1.5\mu\text{m}$. We have observed cavity resonances with quality factors in excess of 100000.

[1] B.S. Song *et al.*, *Nature Materials* **4**, 207 (2005)

Q 25.3 Di 14:15 HI

Integrated Photonic Crystal Circuits: Comparison of FDTD Simulations and Scattering Matrix Calculations Based on Wannier Functions — ●JAVAD ZARBAKSH¹, DANIEL HERMANN^{2,3}, SERGEI MINGALEEV^{2,3}, MATTHIAS SCHILLINGER^{2,3}, KURT HINGERL¹, and KURT BUSCH^{2,3,4} — ¹Christian Doppler Labor für oberflächenoptische Methoden, Institut für Halbleiter und Festkörperphysik, Johannes-Kepler-Universität Linz — ²Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ³DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe — ⁴Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

We present a detailed comparison between Finite Difference Time Domain (FDTD) simulations and Scattering Matrix calculations based on Wannier functions [1,2] for the characterization of large-scale photonic crystal circuits. A complex photonic crystal circuit consisting of several waveguides, splitters, and bends, which have individually been optimized, using the S-matrix method based on Wannier functions, has been studied. Our results show that the Scattering Matrix formalism is much more efficient than FDTD when dealing with large systems that are composed of several smaller functional elements embedded in an overall periodic environment. Complementary comparisons with local density of photonic states and plain wave expansion methods are presented as well [3].

[1] *J. Phys.: Condens. Matter* **15**, R1233 (2003)

[2] *Opt. Lett.* **28**, 619 (2003)

[3] *Appl. Phys. Lett.* **84**, 4687 (2004)

Q 25.4 Di 14:30 HI

Nonlinear-optical response of metamaterials: Experimental demonstration of second-harmonic generation — ●MATTHIAS W. KLEIN¹, CHRISTIAN ENKRICH¹, MARTIN WEGENER¹, JENS FÖRSTNER², JEROME V. MOLONEY², WALTER HOYER³, TINEKE STROUCKEN³, TORSTEN MEIER³, STEPHAN W. KOCH³, and STEFAN LINDEN⁴ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe — ²Arizona Center for Mathematical Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA — ³Fachbereich Physik und Wissenschaftliches Zentrum für Materialwissenschaften, Universität Marburg, 35032 Marburg — ⁴Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe

The fabrication of metamaterials [1] has recently [2,3] reached resonance frequencies in the near-infrared or even visible regime. This development has triggered many experiments in linear optics, however, the nonlinear optics of metamaterials is mostly unexplored so far. We present experiments on second-harmonic generation (SHG) by lithographically defined Split-Ring Resonators (SRRs) arranged in planar 2D arrays with "lattice constants" between 300-630 nm. Using different arrays of SRRs with different resonances tuned to the fixed laser wavelength of 1500 nm, we show that the SHG efficiency strongly depends on the nature of the excited resonance. We find that by far the largest signal arises from exciting the magnetic-dipole resonance.

[1] D. R. Smith *et al.*, *Science* **305**, 788 (2004)

[2] S. Linden *et al.*, *Science* **306**, 1351 (2004)

[3] C. Enkrich *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 203901 (2005)

Q 25.5 Di 14:45 HI

Nonlinear-optical response of metamaterials: Theory — ●WALTER HOYER¹, TINEKE STROUCKEN¹, TORSTEN MEIER¹, STEPHAN W. KOCH¹, JENS FÖRSTNER², JEROME V. MOLONEY², MATTHIAS W. KLEIN³, CHRISTIAN ENKRICH³, MARTIN WEGENER³, and STEFAN LINDEN⁴ — ¹Fachbereich Physik und Wissenschaftliches Zentrum für Materialwissenschaften, Universität Marburg, 35032 Marburg — ²Arizona Center for Mathematical Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA — ³Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe — ⁴Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe

Metamaterials composed of sub-wavelength structures are known to result in fascinating physical effects in the microwave regime[1]. Lately, similar materials have been fabricated also in the optical regime and many of the linear properties are well understood[2]. Here, we present a theoretical approach suitable for the study of nonlinear effects as e.g. second-harmonic generation. The theory is based on a microscopic Vlasov-Maxwell approach which in its classical limit results in an equation for the current density coupled to Maxwell's equations. Numerical solutions for the case of split-ring resonators are compared to our experiments.

- [1] R. A. Shelby, D. R. Smith, S. Schultz, *Science* **292**, 77 (2001)
 [2] S. Linden et al., *Science* **306**, 1351 (2004)

Q 25.6 Di 15:00 HI

Femtosecond Laser Fabricated Components for Guiding and Focussing of Surface Plasmon Polaritons — ●SVEN PASSINGER, CARSTEN REINHARDT, and BORIS N. CHICHKOV — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

In this contribution, we study applications of two-photon polymerization (2PP) technique for the fabrication of dielectric structures on metal films, which can be used for guiding and manipulation of surface plasmon polaritons (SPPs). Dielectric SPP components, e.g. waveguides, bends and splitters are fabricated. SPP properties of these structures are investigated by scanning near-field optical microscopy (SNOM), demonstrating guiding and reflection of SPPs by polymer lines. SPP excitation on dielectric ridges and point structures is observed by far-field microscopy. Recent results on the focussing of SPPs and on the fabrication and characterization of metallic SPP-structures and components on dielectric substrates will be presented.

Q 25.7 Di 15:15 HI

Correlation effects in disordered metallic photonic crystal slabs — ●DIETMAR NAU¹, ANJA SCHÖNHARDT¹, CHRISTINA BAUER², ANDRÉ CHRIST², THOMAS ZENTGRAF², JÜRGEN KUHLE², and HARALD GIESSEN³ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstraße 8, D-53115 Bonn — ²Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstraße 1, D-70569 Stuttgart — ³4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, D-70550 Stuttgart

It was found that the periodic arrangement of gold nanostructures on top of a dielectric waveguide layer leads to strong coupling of particle plasmons and quasiguided modes [1]. In this work we present the influence of positional disorder of the nanostructures on the optical properties of such systems. We introduce artificial disorder with correlated and uncorrelated next-neighbor positions. The models are characterized by a

Fourier analysis of the spatial arrangement of the nanostructures. Both disorder types strongly modify the optical properties of such metallic photonic crystal slabs. However, substantially different behaviors regarding the linear optical properties and the bandstructure occur. Whereas uncorrelated disorder only reduces the coupling strength, correlated disorder additionally broadens the resonances inhomogeneously due to the excitation of multiple quasiguided modes [2]. A straightforward theory derived from diffraction experiments reveals nice agreement with the experimental observations.

- [1] A. Christ et al., *Phys. Rev. Lett.* **91**, 183901 (2003).
 [2] D. Nau et al., submitted for publication.

Q 25.8 Di 15:30 HI

Analysis of Metamaterials using Equivalent Circuit Theory — ●LIWEI FU, HEINZ SCHWEIZER, HONGCANG GUO, NA LIU, and HARALD GIESSEN — Pfaffenwaldring 57, D-70550 Stuttgart

Transmission line (TL) theory is a powerful analysis and design tool for metamaterials. Based on some simplified equivalent circuits, the scattering parameters in the TL can be calculated. The material parameters of complex permittivity and permeability can be retrieved, and one can gain an immediate insight into the fundamental characteristics of the metamaterial system.

In this report, we approach the analysis of metamaterials in the near infrared region using equivalent TL theory. It turns out that the electromagnetic resonances of cut wires [1] can be equivalent to those of a combination of shunt or series L, C, and R circuit in TL. The parameters were obtained by fitting the experimental transmission and reflection curves of the cut wires. Using the circuit parameters as a function of the wire dimensions, physical insight into the structure can therefore be gained. Further analysis about the origin of L, C, and R is given through field distribution theory. The spectral phase behavior and the retrieved material parameters through TL are compared with the results from FIT simulations using CST microwave studio.

We acknowledge support from DFG (SPP1113).

- [1] G. Dolling, C. Enkrich, M. Wegener, J. F. Zhou, C. M. Soukoulis, and S. Linden, *Cut-wire pairs and plate pairs as magnetic atoms for optical metamaterials*, *Optics Letters* **30**, 3198 (2005).

Q 25.9 Di 15:45 HI

Plasmonic/photonic structures in nanocomposite glass — ●HEINRICH GRAENER, ALEXANDER PODLIPENSKY, AMIN ABDOLVAND, OLEKSIY KIRIYENKO, and WOLFRAM HERGERT — Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Fachbereich Physik

Nanocomposite glass containing metal nanoparticles are of considerable interest for creation of photonic crystals(PCs) with special band gap (PGP) features. It has been known that linear and nonlinear optical properties of these material are driven by surface plasmon resonance (SPR) and can be tuned in a wide range by variation of size, shape and concentration of the nanoparticles as well as by modification of the dielectric matrix. In this work we demonstrate techniques of microstructuring nanocomposite glass by application of DC electric fields and/or by exposure to intense femtosecond laser pulses. Using proposed techniques a serie of 1-D and 2-D photonic structures were created in glass. Experimental results on the spectral properties structured glass with silver nanoparticles are compared to theoretical calculations of the PGP properties of PCs.

Q 26 Fallen und Kühlung I

Zeit: Dienstag 14:00–16:00

Raum: HII

Q 26.1 Di 14:00 HII

Analog of photon-assisted tunneling in a Bose-Einstein condensate — ●CHRISTOPH WEISS, ANDRE ECKARDT, THARANGA JINASUNDERA, and MARTIN HOLTHAUS — Institut für Physik, Carl von Ossietzky Universität, D-26111 Oldenburg, Germany

We study many-body tunneling of a small Bose-Einstein condensate in a periodically modulated, tilted double-well potential. Periodic modulation of the trapping potential leads to an analog of photon-assisted tunneling, with distinct signatures of the interparticle interaction visible in the amount of particles transferred from one well to the other. In particular, under experimentally accessible conditions there exist well-developed half-integer Shapiro-like resonances.

- [1] A. Eckardt, T. Jinasundera, C. Weiss and M. Holthaus, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 200401 (2005).

Q 26.2 Di 14:15 HII

Depolarization cooling of Chromium atoms — ●MARCO FATTORI, SIMONE GÖTZ, AXEL GRIESMAIER, TOBIAS KOCH, JÜRGEN STUHLER, and TILMAN PFAU — 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart, Germany

Our group has recently proposed a new cooling scheme based on depolarization of a polarised cloud of trapped atoms [1]. Inelastic dipolar relaxation can in fact couple the internal spin reservoir of the gas to the external kinetic energy reservoir. Continuous cooling of the spin reservoir with optical pumping allows reduction of the temperature of the cloud down to the photon recoil temperature. We discuss advantages and limitations of this new cooling technique and we present preliminary experimental results of such a scheme applied to a gas of chromium atoms.

[1] S. Hensler, A. Greiner, J. Stuhler and T. Pfau, *Europhys. Lett.* **71**, 918 (2005)

Q 26.3 Di 14:30 HII

Theory of radio-frequency induced adiabatic potentials — ●IGOR LESANOVSKY¹, THORSTEN SCHUMM², SEBASTIAN HOFFERBERTH¹, L. MAURITZ ANDERSSON³, PETER KRÜGER⁴, BETTINA FISCHER¹, JOSÉ VERDÚ¹, and JÖRG SCHMIEDMAYER¹ — ¹Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, — ²Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, UMR 8105 du CNRS, F-91403 Orsay, France — ³Department of Microelectronics and Information Technology, — ⁴Laboratoire Kastler Brossel, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France

A radio-frequency field can be used to couple the hyperfine-sublevels of magnetically trapped atoms. In certain parameter regimes the atomic motion can then be considered to be subjected to a so-called dressed adiabatic potential. We present the underlying theory and explore potential applications in atom optics and quantum information. We will point out the versatility and flexibility of this new class of potentials and demonstrate how they can be used to build atom optical elements such as double-wells, interferometers and ringtraps. In particular we point out how these elements can be realized in an integrated fashion on atom chips.

[1] I. Lesanovsky et al. physics/0510076 (2005)

Q 26.4 Di 14:45 HII

Elektrodynamische Falle für Tröpfchen und Partikel mit erweitertem optischen Zugang — ●CHRISTIAN HEINISCH, JÜRGEN PETER und THEO TSCHUDI — Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Hochschulstr. 6, 64289 Darmstadt

Für die Untersuchung von Tröpfchen, die z.B. in der Atmosphäre, in Verbrennungsmotoren und in Sprühtrocknern in der Industrie eine wichtige Rolle spielen, haben sich elektrodynamische Fallen in Verbindung mit optischen Meßtechniken bewährt. Sie erlauben die kontaktlose Fixierung von geladenen Tröpfchen mit Durchmessern unter $100\mu\text{m}$ und damit die ungestörte Beobachtung ohne den Einfluß von Wandkontakten auf Form, Verdampfung oder Wärmetransport. Wir zeigen eine elektrodynamische Falle mit einer neuen, vereinfachten axialsymmetrischen Elektrodengeometrie, die in horizontaler Ebene mehr als 350° , und vertikal mehr als 50° optischen Zugang bietet. Dies ermöglicht z.B. die Beobachtung von Mie-Streuung an ruhenden Tröpfchen in variabler Richtung und vereinfacht die Anwendung anderer optischer Meßtechniken. Abschließend werden Möglichkeiten der Fixierung mehrerer Tröpfchen zur Untersuchung der Wechselwirkungen und geeignete elektrische Feldverteilungen diskutiert.

Q 26.5 Di 15:00 HII

Fouriersynthese von optischen Potentialen für Atome — ●GUNNAR RITT, CARSTEN GECKELER, TOBIAS SALGER, GIOVANNI CENNINI und MARTIN WEITZ — Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

Wir stellen ein Verfahren für die Fouriersynthese von periodischen, optischen Potentialen für Atome vor. Durch die Überlagerung eines konventionellen Stehwellenpotentials mit Periodizität $\lambda/2$ und einem Gitterpotential mit Periodizität $\lambda/4$ haben wir ein asymmetrisches optisches Potential erzeugt. Das höherperiodische Gitter wird durch Dopplersensitive Multiphotonen-Ramanübergänge realisiert, wobei eine geeignete Wahl von Laserfrequenzen ungewollte Stehwelleeffekte unterdrückt. Die synthetisierten Potentiale mit variabler Asymmetrie haben wir durch Fernfeld-Beugung eines Bose-Einstein-Kondensats direkt als atomares Flugzeitbild nachgewiesen.

Q 26.6 Di 15:15 HII

Laserkühlung auf schmalen Linien in optischen Dipolfallen — ●FELIX VOGT¹, CHRISTOPHE GRAIN¹, CARSTEN DEGENHARDT¹, CHRISTIAN LISDAT², TATIANA NAZAROVA¹, UWE STERR¹ und FRITZ RIEHLE¹ — ¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig — ²Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Es werden Experimente zur Speicherung und Kühlung von ultrakalten ($12\mu\text{K}$) Calcium-Atomen in optischen Dipolfallen deutlich unterschiedlicher Wellenlänge vorgestellt. Als Dipolfallenlaser dienen ein 8 W Ar^+ -Laser (514 nm) und ein 80 W CO_2 -Laser (10,6 μm). Die Laserkühlung innerhalb der Dipolfalle des CO_2 -Lasers war im Gegensatz zur Dipolfalle des Ar^+ -Lasers nicht möglich und verhinderte so ein effizientes Beladen dieser Dipolfalle. Berechnungen der ac-Stark-Verschiebung zeigen, dass sowohl Grund- ($4s4s\ ^1S_0$) wie angeregter Zustand ($4s4p\ ^3P_1$) ein attraktives Potential haben, deren i. A. unterschiedliche Tiefe wellenlängenabhängig ist. Auf Grundlage dieser Berechnungen wurde ein Modell entwickelt, das das unterschiedliche Kühlverhalten in den Dipolfallen erklärt. Die optimalen Bedingungen werden am Beispiel einer Dipolfalle für Calcium-Atome diskutiert.

Q 26.7 Di 15:30 HII

Deterministische Implantation einzelner Ionen in Festkörper mit sub-nm Auflösung — ●WOLFGANG SCHNITZLER, JOHANNES EBLE, STEPHAN A. SCHULZ, FERDINAND SCHMIDT-KALER und KILIAN SINGER — Universität Ulm, Abteilung Quanteninformationsverarbeitung, Deutschland

Wir beschreiben eine Methode zur deterministischen Implantation einzelner Ionen in Festkörper [1] unter Verwendung einer segmentierten Ionenfalle [2] als Ionenquelle. Unser Ansatz ermöglicht eine deterministische Kontrolle über die Anzahl der implantierten Ionen sowie eine räumliche Auflösung von weniger als 1 nm. Des Weiteren kann unser Verfahren für nahezu alle chemischen Elemente eingesetzt werden. Dadurch eignet es sich beispielsweise für die Fertigung elektronischer Komponenten auf der Nanometerskala, bei denen eine deterministische Dotierung des Materials erforderlich ist. Eine weitere Anwendung ist die nm-genaue Erzeugung von Farbzentren [3], welche für die Realisierung eines skalierbaren Festkörper-Quantencomputers [3,4] relevant sind.

[1] J. Meijer, T. Vogel, B. Burchard, I. Rangelow, L. Bischoff, J. Wrachtrup, M. Domhan, F. Jelezko, W. Schnitzler, S. A. Schulz, K. Singer, and F. Schmidt-Kaler, e-print cond-mat/0508756

[2] D. Kielpinski, C. R. Monroe, D. J. Wineland, *Nature* **417**, 709 (2002).

[3] F. Jelezko, T. Gaebel, I. Popa, M. Domhan, A. Gruber, J. Wrachtrup, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 130501 (2004).

[4] B. Kane, *Nature* **393**, 133 (1998).

Q 26.8 Di 15:45 HII

Cooling trapped atoms in optical resonators — ●STEFANO ZIPPELLI¹ and GIOVANNA MORIGI² — ¹Abteilung für Quantenphysik, Universität Ulm, D-89069 Ulm, Germany — ²Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain

We investigate the dynamics of the center-of-mass motion of an atomic dipole in a cavity when the atom is harmonically trapped by an external potential and is driven by a laser. We derive a rate equation describing the quantum motional dynamics which is valid when the atom is trapped by a tight trap (Lamb-Dicke limit). This equation has broad validity and allows us to identify novel regimes where the motion can be efficiently cooled to the potential ground state. Our result shows that the motion is critically affected by quantum correlations induced by the mechanical coupling with the resonator, which may lead to selective suppression of certain heating transitions, thereby increasing the cooling efficiency

[1] S. Zippilli, G. Morigi, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 143001 (2005).

Q 27 Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse

Zeit: Dienstag 13:45–16:00

Raum: HIV

Q 27.1 Di 13:45 HIV

Alignment of a multi-grating mosaic compressor in a PW-class CPA-laser — ●MARCO HORNING, RAGNAR BÖDEFELD, MATTHIAS SCHNEPP, JOACHIM HEIN und ROLAND SAUERBREY — IOQ/PAF, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena, Germany

PW-class ultrashort lasers based on chirped-pulse amplification (CPA) imply a temporal stretching of the beam by a factor of 10^4 or more in

order to prevent laser induced damage to the amplifying material. The recompression of such extremely chirped pulses in a Treacy compressor design leads to a grating separation in the range of several meters. A laterally broadened pulse profile in the range of one meter on the second grating surface is the consequence. However, since meter-sized gratings are hardly available, the only alternative for high-power CPA lasers is the use of tiled gratings for the second and third grating pass.

In this talk we investigate the setup of a folded 2-grating compressor with the second grating consisting of two $190 \times 350 \text{ mm}^2$ mosaic gratings. We demonstrate the coherent tiling of the gratings by compressing an extremely chirped (2.2 ns) 11 nm FWHM pulse at 1030 nm central wavelength down to the bandwidth limit. Diagnostics used include autocorrelation, SHG-FROG/Grenouille and far-field observation (Fourier Optics).

Q 27.2 Di 14:00 HIV

Brewster-angle chirped mirrors for broadband pulse compression without dispersion oscillations — ●MARKUS BREUER¹, PETER BAUM¹, EBERHARD RIEDLE¹, and GÜNTER STEINMEYER² — ¹Lehrstuhl für BioMolekulare Optik, Ludwig-Maximilians-Universität, München — ²Max-Born-Institut (MBI), Berlin

Wideband dispersion compensation is the key to compression of few-cycle pulses. Adaptive schemes were recently used to generate pulses as short as 3.4 fs, however, they are quite complex, substantial losses are induced by the gratings, and due to spatio-spectral coupling severe distortions can occur when focusing the beam. Static approaches such as chirped mirrors (CMs) offer a similar bandwidth. When approaching the optical octave, dispersion ripple becomes a plaguing problem of CMs, chiefly arising from a spurious reflection at the interface between mirror stack and air. Recently, orientation of the CM stack at Brewster's angle has been proposed for the suppression of dispersion oscillations [1]. Here we demonstrate such novel CMs for the first time experimentally, leading to an unprecedented 270-THz spectral coverage throughout the visible with negligible dispersion ripple. With these novel CMs we generate extremely clean 5.6-fs pulses from a noncollinear optical parametric amplifier (NOPA). The mirrors (58 alternating SiO₂/TiO₂ layers) are designed to compensate the higher order phase errors that remain in the prism based compression. In further experiments, we demonstrate the generation of tunable pulses with a duration ranging from 8 to 15 fs over the wavelength range from 665 to 500 nm.

[1] G. Steinmeyer, Opt. Express **11**, 2358 (2003).

Q 27.3 Di 14:15 HIV

Charakterisierung optischer Similaritonen erzeugt in einem passiv modengekoppelten Ytterbium-Faseroszillator. — ●OLIVER PROCHNOW, AXEL RÜHL, DIETER WANDT und DIETMAR KRACHT — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithalle 8, 30451 Hannover

Similaritonen oder parabolische Pulse bilden neben den bekannten Solitonen und Dispersion Managed (DM) Solitonen eine neue Klasse stabiler ultrakurzer Laserpulse [1]. Aufgrund ihres qualitativ unterschiedlichen Zusammenspiels von Dispersion und Selbstphasenmodulation bei der Pulsformung weisen Similaritonen im Gegensatz zu anderen stabilen Pulsformen eine erhöhte Resistenz gegenüber in Fasern zwangsläufig auftretenden Nichtlinearitäten auf. Wir werden einen passiv modengekoppelten Ytterbium Femtosekunden Faseroszillator vorstellen, in dem neben DM Solitonen auch Similaritonen erzeugt werden können. Neben der Charakterisierung und dem Vergleich beider Pulsformungsprozesse, präsentieren wir Untersuchungen zur Veränderung der resonatorinternen Pulsdynamiken bei unterschiedlicher Gesamtdispersionen. Weiterhin vergleichen wir die Pulskompression von Similaritonen in einer Hollow Core Photonic Bandgap Faser (PBF) mit der Kompression über einen Gitterkompressor. Die Möglichkeit des resonatorinternen Dispersionsmanagements durch eine PBF für einen rein Faser basierenden Similariton Laser wird diskutiert.

[1] Ö. Ilday et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 231902 (2004)

Q 27.4 Di 14:30 HIV

Control of carrier-envelope phase by a composite glass plate — ●RICHARD ELL^{1,2}, JONATHAN R. BIRGE¹ und FRANZ X. KAERTNER¹ — ¹Massachusetts Institute of Technology, USA — ²Nanolayers GmbH, Germany

Using a novel composite glass plate we demonstrate control of the carrier-envelope (CE) phase practically without altering chirp, energy and temporal width of the transmitted few-cycle femtosecond pulses. The basic idea is to vary the ratio of two materials thereby changing the ratio of group and phase velocities whereas the total dispersion stays nearly unaltered.

Dispersion neutral variation of the CE phase and its temporal evolution inside a fs-laser, the CE frequency f_{ce} , is very important in electric field sensitive time domain applications where the CE phase needs to be adjusted without changing the pulse duration. In frequency metrology, it is necessary to shift a laser comb line relative to an optical reference

frequency by adjusting f_{ce} . Also technically, many experiments require particular values for f_{ce} due to frequency selective detection schemes, pulse-picking constraints or limitations in the control electronics.

The concept is demonstrated external to a laser in an interferometric autocorrelator where we continuously tune the CE phase by 2π . Implementation of the glass plate into an octave-spanning Ti:sapphire laser allows us to continuously vary f_{ce} over half the repetition rate with negligible variation in the f_{ce} beat signal strength and spectrum.

Q 27.5 Di 14:45 HIV

Erzeugung intensiver Laserfelder mit einem langen Laseroszillator — ●SEBASTIAN DEWALD¹, MARTIN SIEGEL^{1,2} und UWE MORGNER^{1,2} — ¹MPI für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg — ²Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten, D-30167 Hannover

Mit ultrakurzen Laserpulsen können fundamentale Fragen bezüglich der Ionisation von Edelgasen in intensiven Feldern ($> 10^{14} \text{ W/cm}^2$) untersucht werden. Diese hohen Intensitäten konnte man bisher nur mit Verstärkersystemen, deren Wiederholrate auf einige kHz beschränkt ist, erzeugen.

In diesem Beitrag wird ein Ti:Saphir Laser mit einer Wiederholrate von 6 MHz, die durch eine Verlängerung des Resonators erreicht wird, vorgestellt. Auf diesem Wege gelingt es, Laserpulse mit einer Energie von $0,5 \mu\text{J}$ und einer Pulsdauer von 50 fs zu erzeugen. Erste Experimente zeigen, dass durch Fokussierung dieser Laserstrahlung der oben genannte Intensitätsbereich erreicht wird. Durch die um 3 Größenordnungen höhere Wiederholrate des Systems wird eine wesentliche Verbesserung der Empfindlichkeit bei Ionisationsexperimenten erzielt.

Q 27.6 Di 15:00 HIV

Filamentation zur Erzeugung ultrakurzer Lichtfelder — ●JENS BIEGERT¹, ANNALISA GUANDALINI¹, PETRISSA ECKLE¹, URSULA KELLER¹, ARNAUD COUAIRON², MICHEL FRANCO³ und ANDRE MYSYROWICZ³ — ¹ETH Zurich, Physik Department, Zurich, Switzerland — ²Centre de Physique Theorique, Ecole Polytechnique, Palaiseau Cedex, France — ³LOA, Ecole Polytechnique, Palaiseau Cedex, France

Filamentation von ultraintensiven Laserpulsen kann dazu benutzt werden um Lichtfelder zu generieren, welche selbst so kurz sind, daß sie nur aus wenigen Schwingungen des elektrischen Trägerfeldes bestehen. Wir haben diese Methode erstmals erfolgreich angewandt um 5.1 fs Pulse zu erzeugen, bei denen die so genannte carrier-envelope offset (CEO) Phase erhalten ist. Unser Überblick über diese Methode zeigt nicht nur, wie ultrakurzen Lichtfelder erzeugt werden können und welchen Vorteil diese bei der Bestimmung der CEO Phase haben, sondern auch daß die Methode skalierbar in der Endenergie ist. Weiterhin zeigen wir, wie die Verwendung eines geeigneten Gasgradienten zur Selbstkomprimierung der Pulse bis zur physikalischen Grenze einer Feldschwingung führen wird.

Q 27.7 Di 15:15 HIV

Pulsformung von Sub-Zwei-Zyklus-Pulsen — ●THOMAS BINHAMMER¹, EVA RITTWEGGER¹, GUIDO PALMER² und UWE MORGNER² — ¹MPI Heidelberg, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — ²Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Die Kontrolle und Beeinflussung der spektralen Phase ultrakurzer Laserpulse ist eine wichtige Voraussetzung für zahlreiche Experimente im Bereich der "kohärenten Quantenkontrolle". Um das Pulsprofil auf einer möglichst kurzen Zeitskala manipulieren zu können, ist allerdings ein breitbandiger Pulsformen notwendig.

Wir präsentieren die zeitliche Formung von Pulsen mit weniger als zwei optischen Zyklen mittels eines Prismen-basierten LCD-Pulsformers. Das aus der Mikroskopie stammende Konzept der "Super-Auflösung" besagt, dass durch Anwendung einer geeigneten Phasenmaske eine Verringerung in der Breite des zentralen Spots und damit eine Erhöhung der Auflösung erreicht werden kann. Diese Methode wurde vor kurzem auf den Zeitbereich für ultrakurze Laserpulse angewandt. Wir demonstrieren diese Methode zum ersten Mal für sub-5 fs Pulse an und erreichen damit eine Verkürzung der vollen Halbwertsbreite von 4.5 fs auf 3.7 fs. Damit beinhaltet das zentrale Maximum nur noch ca. 1.5 Zyklen, was für Experimente, die auf die sogenannte Träger-Einhüllende-Phase (CEO-Phase) sensitiv sind, von großem Vorteil sein kann.

Q 27.8 Di 15:30 HIV

Quasi-synchronous pumping of mode-locked few-cycle Ti:sapphire lasers — ●RICHARD ELL^{1,2}, WOLFGANG SEITZ³, MAX J. LEDERER³ und FRANZ X. KAERTNER² — ¹Nanolayers GmbH, Germany — ²Massachusetts Institute of Technology, USA — ³High Q Laser Productions GmbH, Austria

Self-starting, few-cycle pulses from a Kerr-lens mode-locked Ti:sapphire laser employing quasi-synchronous pumping with a mode-locked ps laser are shown. Within a detuning range on the order of ± 5 microns self-starting is triggered by the small, periodic gain modulation induced by the mode-locked ps pulses. Besides self-starting, synchronous pumping enables the realization of an attractive and economically viable system, simultaneously delivering timing controlled few-cycle fs pulses, and near IR and visible ps pulses. Applications include two-color pump-probe spectroscopy and optical frequency metrology. In our experiments, a frequency-doubled Nd:Vanadate laser at 532 nm (quasi-) synchronously pumps a broadband Ti:sapphire oscillator. We observe reliable and fast self-starting behavior for octave-spanning optical bandwidths, 6 fs pulses and also for longer pulses in the 100 fs regime. Besides the observed self-starting, utilizing a mode-locked pump laser does not reveal any difference in comparison to CW pumping and we measured a clean and unperturbed pulse train using an autocorrelator. When the repetition frequencies are manually adjusted to be equal, no modulation in the out-

put power is observed, otherwise the optical output of the Ti:sapphire is modulated with the difference frequency of the repetition rates of both lasers on the order of -30dBc.

Q 27.9 Di 15:45 HIV

In situ measurement and active phase control of broadband pulses for multiphoton microscopy — ●B. VON VACANO, T. BUCKUP, and M. MOTZKUS — Physikalische Chemie, Philipps-Universität, 35032 Marburg

Nonlinear microscopy is most efficiently performed with ultrashort laser pulses. However, broadband pulses are often far from their Fourier limit and have a complex spectral phase due to the propagation through the optical system of a microscope. To obtain the highest peak intensities possible at the sample position and to use microscopic schemes relying on the deliberately shaped phase of femtosecond pulses, the phase has to be measured precisely *in situ*. This knowledge then can be used to compensate any unwanted contributions.

Here we demonstrate a novel simple scheme to characterize and control the electric field of broadband pulses *in situ*. A fs-pulse shaper is employed for a collinear interferometric phase measurement and for active compression by applying an inverted correction phase. This approach has successfully been applied to pulses with durations of less than 17 fs in microscopic environments.

Q 28 Poster Teilchenoptik

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 28.1 Di 16:30 Labsaal

Comparing the two exits of molecular matter wave interferometer with K_2 — ●S. LIU, I. SHERSTOV, H. KNÖCKEL, and E. TIEMANN — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

The aim of this project is to investigate the adaptability and the precision of matter wave interferometry for study of weak interactions like cold collisions or influence of weak external fields. We are operating a matter wave interferometer in Ramsey-Bordé setup with K_2 in well defined quantum states. The four beams Ramsey-Bordé setup is observed on in a supersonic Potassium atomic beam containing only few percent of K_2 molecules.

One exit of the interferometer consists of molecules in the excited state, the second one of molecules in the ground state. The excited state exit is widely used because of its simplicity for detecting interference signals. But for many applications it is preferable to use a ground state. The advantage of our molecular matter wave interferometer setup is that the decay of the excited state almost doesn't disturb the ground state exit. Thus we can detect this interference signal a long time after the interference took place.

By applying different laser radiation resonant to K_2 ground state together with second PMT installed downstream the supersonic beam we were able to make detailed investigation of the ground state exit.

Q 29 Poster Quanteneffekte

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 29.1 Di 16:30 Labsaal

A narrow-band single photon source at room temperature — ●ASLI UGUR¹, CHUNLANG WANG¹, VLADIMIR TCHERNYCHEV², and HARALD WEINFURTER^{1,3} — ¹Department für Physik, LMU München, Germany — ²Experimentalphysik III, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany — ³Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany

For applications in quantum cryptography a robust narrow-band single photon source is desirable. We report on single photon emission from SiV (silicon-vacancy) centers in diamond fabricated by ion implantation. Single SiV centers are photostable and have a spectrum consisting of a sharp zero phonon line (FWHM about 5 nm) at 738 nm and only very weak vibronic sidebands at room temperature. The short luminescence lifetime of 1.2 ns enables an efficient generation of single photons. To suppress nonradiative transitions of single SiV centers, nitrogen doping by ion implantation was employed. We also discuss the use of a diamond solid immersion lens to improve the collection efficiency of single photons.

The storage of a string of ions in a linear Paul trap combined with the use of tailored laser pulses has been shown to be a scalable platform for the implementation of quantum algorithms and multi-particle entanglement, thus fulfilling DiVicenzo's criteria for quantum computing. However, the ability to interconvert stationary and flying qubits is an additional criteria to achieve the full power of quantum information processing. It allows quantum information to be transferred between specified nodes of a given network of quantum computers.

In our setup, a single trapped $^{40}\text{Ca}^+$ ion is coupled to an optical resonator. By exploiting cavity-QED effects, such a system can be used to demonstrate the mapping of quantum information stored in a basis of electronic states of the ion (stationary qubit) into a basis of photonic states (flying qubit). The deterministic generation of single photons is a crucial first step. Moreover, the very same system can be used to implement a single ion laser and atom-photon entanglement. We will report on the status of our experiments towards these goals.

Q 29.3 Di 16:30 Labsaal

Coherent Population Transfer by STIRAP in a Solid State System — ●JENS KLEIN and THOMAS HALFMANN — Fachbereich Physik, TU Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Str. 46, 67663 Kaiserslautern

Laser assisted manipulation of population distributions in atomic and molecular media *in the gas phase* using coherent effects and adiabatic processes is extensively studied and well understood. However, it is solid state media which are - due to their high density - of special interest for applications such as data storage, data processing and quantum computing. Coherent population transfer by STIRAP (Stimulated Raman Adiabatic Passage) [1] has never been implemented in solid state systems.

Q 29.2 Di 16:30 Labsaal

Cavity-QED experiments with single trapped Ca^+ ions — ●CARLOS RUSSO¹, EOIN PHILLIPS¹, HELENA BARROS¹, THOMAS MONZ¹, CHRISTOPH BECHER², PIET SCHMIDT¹, and RAINER BLATT^{1,3} — ¹Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, Technikerstraße 25, A-6020, Austria — ²Universität des Saarlandes, Postfach 151150, D-66041 Saarbrücken, Germany — ³Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Technikerstraße 21a, A-6020 Innsbruck, Austria

The aim of the experiment presented here is to demonstrate the STIRAP method in a YSO -crystal doped with Pr^{3+} ions to manipulate population distributions in the hyperfine structure states of the dopant with possible applications in optical data storage. The laser pulses to address the different transitions are derived from a single cw laser system by intensity modulation and frequency shifting using acousto-optic modulators. The experiment is implemented at a temperature of 4K to reduce homogeneous broadening produced by phonon scattering. The residual inhomogeneous linewidth is effectively reduced by spectral hole burning, i.e. selecting single ensembles of atoms.

[1] N.V. Vitanov, T. Halfmann, B.W. Shore, and K. Bergmann, *emph*Laser-induced Population Transfer by Adiabatic Passage Techniques, *Ann. Rev. Phys. Chem.* 52, 763-809 (2001)

Q 29.4 Di 16:30 Labsaal

Coherent Population Transfer via the Ionization Continuum in Helium — •THORSTEN PETERS¹, LEONID P. YATSENKO^{1,2}, and THOMAS HALFMANN¹ — ¹Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern, Germany — ²Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, prospect Nauki 46, Kiev-39, 03650, Ukraine

Coherent population transfer in a Λ -type level scheme using two delayed laser pulses in counter-intuitive pulse sequence (STIRAP configuration) is a well established tool to manipulate population distributions in systems of bound quantum states. It has been proposed theoretically that STIRAP should also work involving a continuum as intermediate state, since the transfer efficiency does not depend on losses from the intermediate state. However, STIRAP via a continuum was never investigated experimentally. Here we present the successful experimental implementation of coherent population transfer, i.e. STIRAP, via a continuum [1]. Population is selectively driven from the metastable state $2s\ ^1S_0$ in Helium via the ionization continuum to the target state $4s\ ^1S_0$ by a STIRAP-like sequence of laser pulses. The experimental results are being compared with numerical simulations with respect to transfer vs. pulse delay.

[1] T. Peters, L.P. Yatsenko, and T. Halfmann, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 103601/1-4 (2005)

Q 29.5 Di 16:30 Labsaal

Dekohärenz molekularer Konfigurationszustände — •JOHANNES TROST und KLAUS HORNBERGER — Arnold Sommerfeld Center for Theoretical Physics, LMU München

Superpositionszustände von Enantiomeren, d. h. von isomeren Molekülen unterscheidbarer Struktur, werden im Labor nicht beobachtet. Mit dem Ziel, die Mechanismen aufzuklären, die zur Dekohärenz solcher quantenmechanischer Superpositionen führen, entwickeln wir realistische Modelle für die Kopplung an unterschiedliche Umgebungsfreiheitsgrade. Insbesondere untersuchen wir den Einfluss der Streuung von Gasatomen und Photonen an Superpositionen unterschiedlicher Chiralität.

Q 29.6 Di 16:30 Labsaal

Efficient coherent population transfer induced by retroreflection-induced bichromatic adiabatic passage — •ÁLVARO PERALTA CONDE¹, LEONID P. YATSENKO², JENS KLEIN¹, MARTIN OBERST¹, and THOMAS HALFMANN¹ — ¹Department of Physics, University of Kaiserslautern, Erwin Schroedinger-Strasse, 67653 Kaiserslautern Germany — ²Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Prospect Nauki 46, 03650, Ukraine

We present a simple technique that produces a complete adiabatic passage between two atomic or molecular bound states without the need for frequency-chirped lasers or varying Starks shifts. In this technique a single laser beam intersects twice, e.g. by retroreflection, a supersonic particle beam slightly tilted away from normal incidence, thereby inducing Doppler shifts of the atomic resonance between the initial and target state. The retroreflected beam should be parallel to the incident beam, attenuated and slightly delayed. Under these conditions, it can be shown [1] that complete and robust population transfer between two quantum states can be achieved. Experimental results have been obtained in metastable Helium [2]. The experimental data are compared to numerical simulation.

[1] L.P. Yatsenko, B.W. Shore N. V. Vitanov and K. Bergmann *Phys. Rev. A* 68, 043405, (2003).

[2] A. Peralta Conde, L.P. Yatsenko, J. Klein, M. Oberst and T. Halfmann *Phys. Rev. A* 72, 053808, (2005).

Q 29.7 Di 16:30 Labsaal

Experimental setup for quantum tunneling control — •UTE SCHNORRBERGER, RAMONA ETTIG, ELISABETH KIERIG, and MARKUS K. OBERTHALER — Kirchhoff-Institut für Physik, Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 227, 69120 Heidelberg

We report on the progress of our experiment studying periodically driven quantum tunneling systems. By tuning the frequency of the periodic driving force we should be able to slow down the tunnel process. At a special frequency it should be even possible to bring it to a complete standstill. This surprising effect is called coherent destruction of tunneling [1] and has yet not been observed directly.

In our experiment we use a slow intensive beam of metastable argon atoms combined with spatially resolved single atom detection. We create a periodic potential with a double-well potential as the unit cell. This is achieved by adding the dipole potentials of two standing light waves with periodicity λ and $\lambda/2$. The initial population of a single well is accomplished utilizing a standing light wave resonant with an open transition. The driving is realized by changing the phase between the two standing light waves creating the double-well potential.

[1] F. Grossmann, T. Dittrich, P. Jung, and P. Hänggi, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 516 (1991)

Q 29.8 Di 16:30 Labsaal

Hamiltonian Ratchets in Optical Lattices — •SARAH KAJARI-SCHRÖDER and ERIC LUTZ — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm

Thermal ratchets, also called Brownian motors, show a directed current due to rectification of noise. In some systems chaotic dynamics can mimic the effects of thermal fluctuations. The emphasis of our work is the investigation of an experimental realisation of a chaotic Hamiltonian ratchet in a two-dimensional optical lattice. We present a way to achieve the necessary braking of the temporal and spatial symmetry and analyse the mechanisms leading to a directed current without a force or noise.

Q 29.9 Di 16:30 Labsaal

Interference and entanglement of two massive particles — •ÁLVARO TEJERO CANTERO and KLAUS HORNBERGER — Arnold Sommerfeld Center for Theoretical Physics, LMU München

Non-classical correlations in the motional state of two *massive*, spatially separated particles can be characterised operationally in a measurement setup which probes emission-time entanglement. By combining the time-dependent scattering approach with the Weyl phase-space representation of quantum mechanics, we provide a framework in which the dynamics of the measurement process can be modelled analytically. The formalism is applied to input states which are based on Gaussians, allowing to obtain the two-particle detection probabilities in closed form. The results display the full range of interference phenomena and their interplay with the dispersive dynamics.

Q 29.10 Di 16:30 Labsaal

Normal mode splitting and mechanical effects of an optical lattice in a ring cavity — •MALIK LINDHOLDT, JULIAN KLINNER, BORIS NAGORNY, and ANDREAS HEMMERICH — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

A novel regime of atom-cavity physics is explored, arising when large atom samples dispersively interact with high-finesse optical cavities. A stable far detuned optical lattice of several million rubidium atoms is formed inside an optical ring resonator by coupling equal amounts of laser light to each propagation direction of a longitudinal cavity mode. An adjacent longitudinal mode, detuned by about 3 GHz, is used to perform probe transmission spectroscopy of the system. The atom-cavity coupling for the lattice beams and the probe is dispersive and dissipation results only from the finite photon-storage time. The observation of two well-resolved normal modes demonstrates the regime of strong cooperative coupling. The details of the normal mode spectrum reveal mechanical effects associated with the retroaction of the probe upon the optical lattice.

[1] Julian Klinger, Malik Lindholdt, Boris Nagorny and Andreas Hemmerich, quant-ph/0512121

Q 29.11 Di 16:30 Labsaal

Photon antibunching and superbunching via collectivity — •MIHAI MACOVEI, JÖRG EVERS, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg.

Light sources with unusual properties are required for many current schemes of modern quantum optics [1]. We show here that the fluorescence light emitted by a sample of few-level atoms interacting only via the surrounding thermostat exhibits non-classical properties. In a small sample of three-level atoms in ladder configuration [2], the emitted light can be switched from sub- to super-poissonian and from anti-bunching to super-bunching controlled by the mean number of atoms in the sample. Larger samples allow to generate super-bunched light over a wide range of bath parameters and thus fluorescence light intensities. We also identify parameter ranges where the fields emitted on the two transitions are strongly correlated or anti-correlated, such that the Cauchy-Schwarz inequality is violated indicating quantum entanglement of photons. We further discuss collective non-classical features in spatially extended two-level samples.

[1] D. F. Walls and G. J. Milburn, *Quantum Optics* (Springer-Verlag, 1995).

[2] M. Macovei, J. Evers, and C. H. Keitel, *Phys. Rev. A* **72**, (in print 2005).

Q 29.12 Di 16:30 Labsaal

Quantum statistical effects on scattered light from a pair of two-level atoms — •TOBIAS GÖRLER¹, GIOVANNA MORIGI², PRISCILLA CANIZARES MARTINEZ³, and WOLFGANG P. SCHLEICH¹ — ¹Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, D-89069 Ulm, Germany — ²Grup d'Optica, Departament de Fisica, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain — ³Dipartimento di Fisica, Università di Camerino, 62032 Camerino, Italy

Light scattering from two cold atoms, which can be seen as a realization of a Young's double slit experiment, has been intensively investigated in theory (e.g. [1], [2]) and experiment (e.g. [3]). However, one may wonder whether the interference fringes are affected by the quantum statistics of cold atoms. In this poster we present results considering anti-/symmetrization of the center of mass distributions and compare elastic and inelastic photon scattering under these conditions.

[1] M. O. Scully and K. Drühl, *Phys. Rev. A* **25**, 2208 (1982)

[2] W. M. Itano et al., *Phys. Rev. A* **57**, 4176 (1998)

[3] U. Eichmann et al., *Phys. Rev. Lett.* **70**, 2359 (1993)

Q 29.13 Di 16:30 Labsaal

Two dimensional quantum networks — •BERND MOHRING¹, IGOR JEX², and WOLFGANG P. SCHLEICH¹ — ¹Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm, Germany — ²Department of Physics, FJFI ČVUT, 115 19 Praha 1, Czech Republic

Localisation in quantum networks has been investigated in a one dimensional system in [1]. We extend this model to two dimensions by using so-called tritters instead of beam splitters. This can be also seen as a two dimensional quantum walk where the probability distribution after a certain number of steps exhibits interesting features. Additionally, we modify this system by introducing a certain type of phase randomness and compare it with the one dimensional case.

[1] P. Törmä *et al.*, *Phys. Rev. A* **65**, 052110 (2002)

Q 30 Poster Stark korrelierte Systeme

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 30.1 Di 16:30 Labsaal

Noise-induced quantum phase transitions in optical lattices — •MARIA ECKHOLT, JUAN JOSE GARCIA-RIPOLL, and IGNACIO CIRAC — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann Str. 1, 85748 Garching, Germany

We study the quantum phase transitions in ultracold atoms subjected to a noisy environment. The system is modeled by the Bose-Hubbard Hamiltonian, where periodic boundary conditions are considered. The study is based on the master-equation formalism and we apply different numerical techniques to estimate the phases of the atoms. Experimental realizations for different types of noise are also considered.

Q 30.2 Di 16:30 Labsaal

Ultracold Atomic Gases in 1D Superlattices — •FELIX SCHMITT, MARKUS HILD, and ROBERT ROTH — Institut fuer Kernphysik, Technische Universitaet Darmstadt

We investigate the strongly correlated regime of ultracold quantum gases on 1D optical lattices via an exact diagonalization of the Hamilton matrix in the framework of the Hubbard model. By using a physically motivated, adaptive basis truncation scheme we reduce the dimension of the Hilbert space significantly, allowing for the description of experimentally relevant system sizes. We study the influence of the basis truncation on different observables for single-component Bose gases and two-component Bose-Fermi mixtures. As one application we investigate ultracold quantum gases in irregular lattice potentials, which are difficult to describe in other exact methods. Our main focus is on two-color superlattices and in particular the Mott-insulator to quasi Bose-glass transition. We also use these truncated bases as a starting point for dynamical calculations for moderate system sizes.

Q 31 Poster Fallen und Kühlung

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 31.1 Di 16:30 Labsaal

A bichromatic MOT for Ytterbium atoms — •FLORIAN BAUMER, SVEN KROBOTH, NILS NEMITZ, and AXEL GÖRLITZ — Institut für Experimentalphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

We report on cooling and trapping of Ytterbium (Yb) atoms in a MOT using two different transitions.

In a MOT operating on the $^1S_0 \rightarrow ^1P_1$ transition at 399nm, all seven stable Yb isotopes have been trapped. For the spinless bosonic Yb isotopes, only Doppler cooling occurs and consequently we observe temperatures as high as several mK (Doppler limit: $\approx 700 \mu\text{K}$). In contrast, the fermionic isotopes ^{171}Yb and ^{173}Yb possess nuclear spin, which makes polarization-gradient cooling possible. We observe MOT temperatures of around $200 \mu\text{K}$ for ^{171}Yb and below $50 \mu\text{K}$ for ^{173}Yb .

We recently succeeded in trapping Yb atoms in an additional MOT using the $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ intercombination line at 556nm. This transition is

of special interest, as its small linewidth of 182kHz results in a very low Doppler limit of $4\mu\text{K}$. As a next step we plan to transfer the Yb atoms to an optical dipole trap.

Q 31.2 Di 16:30 Labsaal

An ultracold chromium atomic beam for nanofabrication — •ALEXANDER GREINER, JIMMY SEBASTIAN, INAM MIRZA, PAUL REHME, JÜRGEN STUHLER, and TILMAN PFAU — Universität Stuttgart, 5. Physikalisches Institut, Pfaffenwaldring 57, 70550 Stuttgart

Chromium nanostructures have been produced by several groups using atom lithography techniques. These experiments exclusively used a thermal chromium beam which leads to a limitation of the achievable structure widths due to chromatic, spherical and Clebsch-Gordan aberrations. Our setup will use a monochromatic ultracold atomic beam for atomic lithography which leads to a strong suppression of the chromatic aber-

ration. In addition, the Clebsch-Gordan aberration is strongly reduced because in our beam, the atoms are optically pumped and magnetically guided in the extreme Zeeman substate. The spherical aberration due to the anharmonicity of the light mask shall be reduced by using multilayer masks in order to minimize the achievable structure widths [1].

The atomic beam is created in a "moving molasses" MOT and is guided via 1.5m long Ioffe bars to the place of deposition. We report on the progress of our experiment.

[1] R. Arun et al, Physical Review A 72, 023417 (2005)

Q 31.3 Di 16:30 Labsaal

Atom guiding in photonic bandgap fibres — ●STEFAN VORRATH, PETER MORACZEWSKI, SÖREN GÖTZE, KAI BONGS, and KLAUS SENGSTOCK — Universität Hamburg - Institut für Laserphysik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg, Germany

Homogeneous, flexible, undisturbed, coherent waveguides for atomic matter waves would be an outstanding basis for experiments in quantum and atom optics. "Conventional" capillary guides demonstrated the feasibility of this goal but light losses and speckle patterns were major obstacles preventing the break through of these concepts. In this project we investigate a new kind of atomic waveguide based on a 2D photonic bandgap fibre which promises to solve these problems as now nearly lossless guiding of light and atoms in the central core of the fibre should be possible. One further option of this setup is the possibility of additional laser cooling perpendicular to the fibre guide offering thereby atom laser applications. We discuss the light field distribution within the photonic bandgap fibre identifying single mode operation as well as simulation of atomic guiding within these modes. We will further report on the current status of the experiment and discuss possible applications.

Q 31.4 Di 16:30 Labsaal

Coherently controlled mesoscopic transport — ●CHRISTOPH WEISS — Institut für Physik, Carl von Ossietzky Universität, D-26111 Oldenburg, Germany

A weakly interacting Bose-Einstein condensate is initially situated in the first of a series of wells. Numerical calculations show that, by adding especially designed time-dependent potential modulations [1], the condensate can be transported through the wells in a controlled way [2].

[1] C. Weiss and T. Jinasundera: Phys. Rev. A 72, 053626 (2005).

[2] C. Weiss: *Coherently controlled mesoscopic transport*, to appear in Laser Phys. Lett., DOI 10.1002/lapl.200510084

Q 31.5 Di 16:30 Labsaal

Deterministic Coupling of a Trapped Atom to a High-Finesse Optical Cavity — ●BERNHARD WEBER, STEFAN NUSSMANN, MARKUS HIJLKEMA, HOLGER SPECHT, SIMON WEBSTER, AXEL KUHN, and GERHARD REMPE — MPI für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str.1, 85748 Garching

We report on an experiment where the position of individual atoms within the mode of a high-finesse optical cavity is precisely adjusted, controlled and observed. Using an orthogonal arrangement of the cavity, a standing-wave dipole-force trap and a pump laser makes it possible to either precisely address one single atom by the cavity, or to simultaneously couple two precisely separated atoms to a higher mode of the cavity [1]. To monitor the coupling of the atoms to the cavity, we observe the photons from the pump beam that are Raman scattered into and then emitted from the cavity. The measured photon emission rate allows us to clearly distinguish between atom numbers 0, 1 and 2. The deterministic control over the atom-cavity coupling is achieved by turning a glass plate in the optical path of the standing-wave trap, resulting in a position shift of the antinodes and the atoms trapped therein. We show that we can deterministically move a single atom into and out of the cavity mode with a repositioning precision of 135nm, and thus freely adjust the coupling.

[1] S. Nußmann et al. Phys.Rev.Lett. 95, 173602 (2005)

Q 31.6 Di 16:30 Labsaal

Fabrication and Characterisation of semiconducting Atom Chips — ●SOENKE GROTH¹, JOERG SCHMIEDMAYER¹, and ISRAEL BAR-JOSEPH² — ¹Universitaet Heidelberg, Germany — ²Weizmann Institute of Science, Israel

Due to our fabrication process we managed to combine standard metal wire Atom Chips with semiconducting samples. This enables to trap atoms with non metal wires. The new Atom Chip is a combination of the well known technique of Atom Chips, and a new part, which is fabricated from a semiconductor. Different techniques are required to produce

this element and to impelment it onto the Atom Chip. Fabrication and characterisation of these chips are demonstrated. Further more the characterisation of e-beam patterned Atom Chips is shown.

Q 31.7 Di 16:30 Labsaal

Magnetic noise in atom chips: impact of finite wire size — ●BO ZHANG and CARSTEN HENKEL — Institut für Physik, Universität Potsdam, Germany

We provide a detailed analysis of spin-flip transitions in atom chips, taking into account complex geometries. We focus on metallic wires of different shapes and cross-sections deposited on dielectric substrates. The finite thickness of a metallic layer has already been shown to significantly improve the atom trap lifetime [1]. Different interpolation formulas and approximations for magnetic field fluctuations in the near field of the wire are compared to exact numerical calculations. Possible methods that can be used are based on (i) surface integral equations combined with boundary elements [2] and (ii) differential equations combined with finite elements [3]. We outline consequences for current experiments.

[1] Zhang, Henkel, Haller, Wildermuth, Hofferberth, Krüger, Schmiedmayer: Eur. Phys. J. D 35 (2005) 97; Sinclair, Curtis, Garcia, Retter, Hall, Eriksson, Sauer, Hinds: Phys. Rev. A 72 (2005) 031603(R)

[2] Rogobete, Henkel: Phys. Rev. A 70 (2004) 063815

[3] see, e.g.: Kalkbrenner, Håkanson, Schädle, Burger, Henkel, Sandoghdar: Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 200801

Q 31.8 Di 16:30 Labsaal

Molecular dynamics simulation of evaporative cooling in time dependent potentials — ●AXEL GRIESMAIER, JÜRGEN STUHLER, and TILMAN PFAU — 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70550 Stuttgart

We have developed a fast and effective molecular dynamics simulation of trapped atomic clouds in almost arbitrary time dependent potentials. Using a scaling technique for the atomic properties, we are able to map the evolution of the thermodynamic properties of millions of atoms by simulating only a few hundred particles. The atoms are treated as classical objects which interact solely by simple hard sphere collisions. We have simulated the complete evaporation procedure of our chromium BEC experiment including the transfer from the single beam to the crossed optical dipole trap and compared the results with the experimental data. With only 250 simulated particles, we are able to reproduce the experimental findings with a deviation of only a factor of two in the number of atoms when the phase space density approaches unity. The simulation of the experiment which corresponds to 15s in real time, takes about two hours on a standard up-to-date office PC. We discuss optimal evaporation strategies for crossed optical dipole traps.

Q 31.9 Di 16:30 Labsaal

Momentum Diffusion for Coupled Atom-Cavity Oscillators — ●K MURR¹, P. MAUNZ¹, P. W. H. PINKSE¹, T. PUPPE¹, I. SCHUSTER¹, D. VITALI², and G. REMPE¹ — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching — ²Dipartimento di Fisica, Università di Camerino, I-62032 Camerino, Italy

Strongly coupled atom-cavity systems form a cornerstone in our understanding of light-matter interaction and are promising candidates for implementation of quantum information processing protocols. However, unexpectedly large heating of the atom has been observed in these systems, as expressed by large momentum diffusion coefficients. Those coefficients have been derived before in particular cases, e.g., in Ref. [1], but questions on its origin remain.

We show that an intuitive picture can be obtained [2], in which a fluctuating dipole is coupled to a classical cavity field, and a fluctuating cavity field is coupled to a classical dipole. Actually, the equations for momentum diffusion can be cast in a simple, invariant and symmetric form, regardless of whether the atom or the cavity is excited, and regardless of the spatial structure of the involved light fields. We discuss how the quantum fluctuations of the cavity field itself are responsible for a large part of the heating. Hence, the enhanced diffusion that comes along with strong coupling must be considered as it puts constraints on applications.

[1] P. Horak et al. Phys. Rev. Lett. 79, 4974 (1997).

[2] K. Murr et al., arXiv/quant-ph 0512001 (2005).

Q 31.10 Di 16:30 Labsaal

Schema zum Frequenzstabilitätstransfer über viele nm — ●ARNE WICKENBROCK, JULIAN KLINNER, MALIK LINDHOLDT und ANDREAS HEMMERICH — Universität Hamburg, ILP, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Im Rahmen von Experimenten zur Laserkühlung in Hoch-Finesse-Resonatoren wird ein Frequenzstabilitätstransfer zwischen zwei 30nm zueinander verstimmten Lasern benötigt. Beide Laser werden mittels einer Pound-Drever-Hall-Regelung auf verschiedene Moden eines hochstabilen Referenzresonator frequenzstabilisiert. Die benötigte Längenstabilität des Resonators resultiert aus der aktiven Temperaturstabilisierung des ULE-Abstandshalters und seiner seismischen/akustischen Entkopplung von äusseren Einflüssen. Diese wird begünstigt durch die vertikale Orientierung des Resonators sowie eine äussere Schale aus Sandstein.

Q 31.11 Di 16:30 Labsaal

Sympathetische Kühlung von doppelt geladenen Ionen — ●T. KWAPIEN¹, W. SANDNER^{1,2} und U. EICHMANN^{1,3} — ¹Max Born Institut, Max-Born Str. 2a, 12489 Berlin — ²TU Berlin, Optisches Institut — ³TU Berlin, Institut für atomare Physik und Fachdidaktik

Die sympathetische Kühlung von Ionen in Paul-Fallen beschränkte sich bislang im wesentlichen auf Ionen unterschiedlicher Masse. Wir stellen Messungen vor, in denen sympathetische Kühlung auf höhere Ladungszustände angewendet wird. Im Experiment werden mit Hilfe der Laserkühlung zunächst lineare Ketten bzw. kleinere Kristalle von Ca-Ionen in einer linearen Falle gespeichert. Mit einem Femtosekunden-Laser werden dann gezielt einzelne Ionen doppelt ionisiert. Auf Grund der sympathetischen Kühlung verbleiben diese doppelt geladenen Ionen direkt im Kristall. Sie werden entweder durch ihre erhöhte Coulombabstoßung auf die im Kristall befindlichen lasergekühlten Ionen oder durch charakteristische Säkularfrequenzen nachgewiesen. Wir diskutieren neben der Effizienz der sympathetischen Kühlung die auftretenden Schwingungsfrequenzen für größere Ionenkristalle gemischter Ladung. Des Weiteren geben wir einen Ausblick, wie höher geladene Ionen in einen Kristall eingebaut werden und möglicherweise zur Vermessung der Fokusintensität intensiver Laserfelder genutzt werden können.

Q 31.12 Di 16:30 Labsaal

Towards a high efficiency photon counter — ●HARALD KÜBLER¹, ANDREAS CHROMIK¹, BERND KALTENHÄUSER¹, ATAC IMAMOGLU², TILMAN PFAU¹, and JÜRGEN STUHLER¹ — ¹Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70550 Stuttgart, Germany — ²Institut für Quantenelektronik, ETH Höggerberg, Wolfgang-Pauli-Str. 16, CH-8093 Zürich, Switzerland

We present progress towards a high efficiency photon counter based on storage of light as proposed in [1]. Our goal is to count photons that reach the detector in a well defined time slice with an efficiency of over 99%. For this, we want to make use of the interaction between bichromatic light and ultracold atoms with a Λ -type level structure. In particular, we want to use Rubidium atoms in a CO₂-laser dipole trap, where n incoming photons will transfer n atoms into a certain state by a collective STIRAP-type process. These atoms will be detected afterwards by fluorescence

with a state of the art photodiode. The atoms work as a linear amplifier for small photon numbers which will enable us to achieve high detection and counting efficiency. High efficiency photon detectors/counters may be used for tests of *Bell's inequality* and are useful for quantum teleportation and quantum cryptography. In combination with a single photon sources they may also be used to realize simple and robust linear optical quantum computers.

[1] A. Imamoglu, Phys. Rev. Lett. 89, 163602 (2002)

Q 31.13 Di 16:30 Labsaal

Towards electric trapping of neutral atoms — ●T. RIEGER, P. WINDPASSINGER, T. JUNGLIN, S.A. RANGWALA, P.W.H. PINKSE und G. REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching.

The idea of electric trapping of neutral atoms in time-varying electric fields was already proposed in the early nineties [1]. Recently, we could show trapping of neutral molecules in electrostatic fields [2] and guiding in time-varying electric fields [3] with a similar technique. The perspective of sympathetic cooling of molecules with atoms led us to design an experiment for trapping neutral atoms in time-varying electric fields.

Simulations predict a trap depth of 80 μ K, imposing pre-cooling in a magneto-optical trap. A vacuum apparatus was built housing the electrodes for the electric trap and providing optical access. A magneto-optical trap has been setup \approx 2 cm besides the electric trap. The idea is to load the atoms in a magnetic trap and to transfer them over the distance of 2 cm by mechanically moving the trap coils with a piezo-electric translation stage. We report the status of the experiment.

[1] F. Shimizu and M. Morinaga, Jpn. J. Appl. Phys. 31, L1721 (1992);

[2] T. Rieger et al., Phys. Rev. Lett., 95, 173002 (2005)

[3] T. Junglin et al., Phys. Rev. Lett., 92, 223001 (2004)

Q 31.14 Di 16:30 Labsaal

UV light-induced atom desorption for large — ●OLIVER TOPIC, THORSTEN HENNINGER, CARSTEN KLEMPPT, WOLFGANG ERTMER, and JAN ARLT — Institut fuer Quantenoptik, Universit*at Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

We show that light-induced atom desorption (LIAD) [1] can be used as a flexible atomic source for large ⁸⁷Rb and ⁴⁰K magneto-optical traps. The use of LIAD at short wavelengths allows for fast switching of the desired vapor pressure. This is interesting effect for experiments in a single vacuum chamber, because it permits long trapping and coherence times. The wavelength dependence of the LIAD effect for both species was explored in a range from 253 nm to 630 nm in an uncoated quartz cell.

Only a few mW/cm^2 of near-UV light produce partial pressures that are high enough to saturate a magneto-optical trap at 3.5×10^9 ⁸⁷Rb atoms or 7×10^7 ⁴⁰K atoms. Loading rates as high as 1.2×10^9 ⁸⁷Rb atoms/s and 8×10^7 ⁴⁰K atoms/s were achieved without the use of a secondary atom source. After the desorption light is turned off, the pressure quickly decays back to equilibrium with a time constant as short as 200 μ s, allowing for long trapping lifetimes after the MOT loading phase.

[1] C. Klempt, T. van Zoest, T. Henninger, O. Topic, E. Rasel, W. Ertmer and J. Arlt *cond-mat/0509241*, *accepted in PRA*

Q 32 Poster Ultrakalte Moleküle

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 32.1 Di 16:30 Labsaal

A second generation Cs BEC experiment — ●ELMAR HALLER, MATTHIAS GUSTAVSSON, ANTON FLIR, GABRIEL ROJAS-KOPEINIG und HANNS-CHRISTOPH NÄGERL — Institut für Experimentalphysik, Innsbruck University

We present the status of a new Cs BEC experiment aiming to use a BEC as a source for precision measurements. An all-optical BEC will be produced in a glass cell apparatus, representing a major improvement compared to our first Cs BEC experiment, because it allows maximum optical access and faster switching of magnetic fields. A high loading rate and a large-volume optical dipole trap at near infrared wavelengths together with optimized 3D Raman sideband cooling should allow for large Cs condensates with more than 10^6 atoms.

The s-wave interactions tunable through Feshbach resonances at low magnetic fields enable us to study the regime of zero scattering length. A BEC without perturbing mean-field shifts is ideally suited for atom interferometry in precision measurements. As an example, it is possible

to determine the fine structure constant via a measurement of the photon recoil in an atom interferometer.

We report on the status of loading the Cs BEC into a 3D optical lattice. Combined with the tunable interactions, this is a convenient environment for the detailed exploration of weakly and strongly interacting atoms, the study of collisions and the formation of a molecular BEC starting from a Mott insulator state.

Q 32.2 Di 16:30 Labsaal

Understanding the Efimov-effect — ●BETTINA BERG, LEV PLI-MAK, and WOLFGANG P. SCHLEICH — University Ulm, Germany

Bound states of three identical bosons interacting resonantly condense. That is, the low-lying levels form a geometrical progression converging to zero, $E_N/E_{N+1} = e^{-\frac{2\pi}{|s_0|}}$, where $s_0 \approx i$. This effect was discovered by V.N. Efimov in 1971. Although there exists an indication that Efimov states contribute to three-body losses in trapped ultracold atomic gases, until now these states have been eluding direct observation. We discuss

certain aspects of the Efimov effect including the overall energy balance in the system of three interacting particles.

[1] V. N. Efimov: Weakly-Bound States of Three Resonantly-Interacting Particles, Sov. Jou. Nucl. Phys. 12, 589-595 (1971)

[2] V. N. Efimov: Effective interaction of three resonantly interacting particles and the force range, Phys. Rev. C 47, 1876-1884 (1993)

[3] D.V. Fedorov and A.S. Jensen: Efimov Effect in Coordinate Space Faddeev Equations, Phys. Rev. Lett. 71, 4103-4106 (1993)

Q 33 Poster Nichtlineare Optik und Atomoptik

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 33.1 Di 16:30 Labsaal

Effiziente Erzeugung von Raman-Seitenbändern in kohärent präparierten molekularen Medien — ●ELKE NEU¹, MARTIN OBERST¹, EMILIANO SALI², JON MARANGOS² und THOMAS HALFMANN¹ — ¹FB Physik, TU Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Str., 67653 Kaiserslautern, D — ²Imperial College, Blackett Laboratory, London SW7 2BW, UK

Die Erzeugung von Raman-Spektren mit großer Bandbreite ist Gegenstand aktueller Forschung. Eine effiziente Technik zur Erzeugung solcher Spektren ist die Stimulierte-Raman Streuung (SRS). Dabei wird monochromatisches Licht eines Lasers in ein Raman-aktives Medium eingestrahlt. Die durch SRS erzeugten Seitenbänder, die gegenüber der Frequenz des eingestrahlten Lichts um ganzzahlige Vielfache der Differenz zwischen zwei molekularen Energieniveaus verschoben sind, besitzen eine feste Phasenbeziehung zueinander. Durch Überlagerung der Seitenbänder ist die Erzeugung ultrakurzer Laserpulse, analog zum Prinzip der Modenkopplung in optischen Resonatoren, möglich.

Die Effizienz der Erzeugung von Raman-Seitenbändern kann in einem kohärent präparierten Medium signifikant erhöht werden. Die Präparation kann durch Coherent Population Return (CPR) realisiert werden.

Die Präsentation gibt einen Überblick über die Grundlagen des CPR sowie den Einfluß auf den SRS-Prozess. Ferner wird die Erzeugung von Seitenbändern in durch CPR kohärent präparierten heteronuklearen Molekülen, am Beispiel von Stickstoffmonoxid (NO), diskutiert.

Q 33.2 Di 16:30 Labsaal

Enhanced Four-Wave Mixing in mercury isotopes, prepared by Stark-chirped rapid adiabatic passage — ●MARTIN OBERST, JENS KLEIN und THOMAS HALFMANN — Erwin-Schrödinger-Str., 67653 Kaiserslautern

We demonstrate significant enhancement of four-wave mixing in coherently driven mercury isotopes to generate vacuum-ultraviolet radiation at 125 nm. The enhancement is accomplished by preparation of the mercury atoms in a state of maximum coherence, i.e. maximum nonlinear-optical polarization, driven by Stark-chirped rapid adiabatic passage (SCRAP). In this technique a pump laser at 313 nm excites the two-photon transition between the ground state $6s^2 \ ^1S_0$ and the target state $7s \ ^1S_0$ in mercury. A strong, off-resonant radiation field at 1064 nm generates dynamic Stark shifts. These Stark shifts serve to induce a rapid adiabatic passage process on the two-photon transition. The maximum nonlinear-optical polarization induced by SCRAP permits efficient four-wave mixing of a pump laser and an additional probe laser at 626 nm. The efficiency is further enhanced, as the SCRAP process allows to stimulate the *complete* set of different mercury isotopes to participate in the frequency conversion process. This enlarges the effective atomic density of the medium. Thus, we observe the generation of vacuum-ultraviolet radiation at 125 nm enhanced by more than one order of magnitude with respect to conventional frequency conversion. Parallel to the frequency

conversion process, we monitored the evolution of the population in the medium by laser-induced fluorescence. These data demonstrate efficient coherent population transfer by SCRAP.

Q 33.3 Di 16:30 Labsaal

Enhanced Quantum Reflection of Matter-Wave Solitons — ●JOACHIM BRAND¹ and CHAOHONG LEE^{1,2} — ¹Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Nöthnitzer Straße 38, 01187 Dresden, Germany — ²Nonlinear Physics Centre and ARC Centre of Excellence for*Quantum-Atom Optics, Research School of Physical Sciences and Engineering, Australian National University, Canberra ACT 0200, Australia

Matter-wave bright solitons are predicted to reflect from a purely attractive potential well although they are macroscopic objects with classical particle-like properties[1]. The non-classical reflection occurs at small velocities and a pronounced switching to almost perfect transmission above a critical velocity is found, caused by nonlinear mean-field interactions. Full numerical results from the nonlinear Schrödinger equation are complemented by a two-mode variational calculation to explain the predicted effect, which can be used for velocity filtering of solitons. The experimental realization with laser-induced potentials or two-component Bose-Einstein condensates is suggested.

[1] Ch. Lee and J. Brand. To be published in Europhys. Lett. cond-mat/0505697

Q 33.4 Di 16:30 Labsaal

Hochauflösende Atomlithographie durch Selbstfokussierung — ●JOHANNES NOLD, ROBERT LÖW, JÜRGEN STUHLER und TILMAN PFAU — 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, D-70569 Stuttgart

Die fortschreitende Miniaturisierung erfordert die Erzeugung immer kleinerer Strukturen. In der Atomlithographie wird dazu ein thermischer Atomstrahl durch die Wechselwirkung mit einem optischen Gitter periodisch strukturiert auf ein Substrat fokussiert und dort abgeschieden [1]. Durch Einsatz gepulster Gitter kann die Strukturweite theoretisch weiter reduziert werden [2,3]. Wir untersuchen insoweit es die Verwendung von kohärenten Atomquellen hoher Dichte erlaubt die Atom-Atom Wechselwirkung zur weiteren Steigerung der Auflösung auszunutzen. Hierzu behandeln wir numerisch die zeitabhängige Gross-Pitaevskii Gleichung mit zeitlich veränderlicher s-Wellen-Streulänge für ein Bose-Einstein-Kondensat aus ⁵²Cr in einem statischen optischen Gitter. Die s-Wellen-Streulänge ist dabei mit Hilfe einer Feshbach-Resonanz einstellbar [4]. Durch Steuerung der Streulänge sind wir theoretisch in der Lage deutlich schmalere Strukturen bei starker Unterdrückung des Hintergrunds zu erreichen.

[1] M.Oberthaler, T. Pfau, J. Phys.: Condens. Matter **15**, R233 (2003)

[2] R. Arun, I. S. Averbukh, T. Pfau, Phys. Rev. A **72**, 023417 (2005)

[3] M. Leibscher, I. S. Averbukh, Phys. Rev. A **65**, 053816 (2002)

[4] J. Werner et al., Phys. Rev. Lett. **94**, 183201 (2005)

Q 34 Poster Quantengase

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 34.1 Di 16:30 Labsaal

2D BEC in an optical surface trap — ●A. D. LANGE¹, B. ENGESER¹, K. PILCH¹, A. JAAKKOLA¹, H.-C. NÄGERL¹, and R. GRIMM^{1,2} — ¹Inst. für Experimentalphysik, Uni Innsbruck, Technikerstr. 25, Innsbruck — ²Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Otto-Hittmair-Platz 1, Innsbruck

We report on an improved apparatus for the production of a 2D Cs BEC in an optical surface trap. Our goal is to enlarge the BEC compared to the previous setup [1], enabling us to systematically study low dimensional quantum systems. The main part of the new system is a

glass cell with a super-polished glass prism inserted and glued in at the bottom, providing optimal optical access and a more accurate and faster control of the magnetic field. The atoms are located a few microns above the dielectric prism surface. Strong confinement in the vertical direction leads to a highly anisotropic potential. The implementation of a spatially scanning laser trap allows compression and the controlled excitation of the atomic sample. Sisyphus- and Raman sideband cooling are applied to reach temperatures of a few μK . We further increase the phase-space density via evaporative cooling techniques, which cool down the vertical motion of the atoms to the ground state. A recent experiment,

in collaboration with another setup for the production of a Cs BEC, provides first experimental evidence for the existence of Efimov states [2].

\Zitat{1}{D. Rychtarik et al., Phys. Rev. Lett. 92, 173003 (2004)}

\Zitat{2}{T. Kraemer et al., submitted}

Q 34.2 Di 16:30 Labsaal

A Fermi mixture of ${}^6\text{Li}$ and ${}^{40}\text{K}$ — ●ANTJE LUDEWIG, TOBIAS TIECKE, STEVE GENSEMER, and JOOK WALRAVEN — Van der Waals-Zeeman Instituut, Universiteit van Amsterdam, Valckenierstraat 65, 1018 XE Amsterdam, The Netherlands

We report on our progress in the construction of a new apparatus for the simultaneous cooling of the Fermionic Alkali isotopes ${}^6\text{Li}$ and ${}^{40}\text{K}$. Our goal is to cool the mixture to degeneracy and search for novel pairing mechanisms involving Fermions of different masses.

We have constructed, for the first time, a 2D-MOT source of cold Li atoms directly loaded from a thermal vapor, thereby circumventing the need for a Zeeman slower. The 2D-MOT is loaded from an effusive Li oven source and the trapping light is derived from a YAG-pumped dye laser.

As a source for K, a 2D-MOT is loaded from ${}^{40}\text{K}$ -enriched thermal vapor. The cold beams of both species are then loaded via differential pumping sections into the main chamber, where we have already observed a dual MOT. The dual MOT will be transferred into an optically plugged magnetic trap and from there into an optical trap. With forced evaporative cooling the Fermi mixture will be cooled to degeneracy.

Q 34.3 Di 16:30 Labsaal

A Quantum Scanning Electron Microscope for Ultracold Atoms — ●TATJANA GERICKE, CLAUDIA UTFELD, and HERWIG OTT — Institut für Physik, Universität Mainz, Staudingerweg 7, 55128 Mainz

Ultracold atoms have proven to be a powerful tool for studying fundamental quantum effects of many body systems. In most experiments the information about the system is extracted from absorption images. This widely used technique has two major limitations. First, it is not sensitive on the single atom level and second, its spatial resolution is restricted by the optical wavelength. In fact, only very few experiments have demonstrated a resolution of better than $1\mu\text{m}$. This is especially relevant, as the average atomic distance in degenerate quantum gases is typically between 100 and 500nm . In our experiment we want to develop a new imaging technique, which overcomes both limitations. It is based on the principles of scanning electron microscopy and employs the spatially resolved ionization of ultracold atoms. An electron beam which can be focussed down to 20nm is directed onto an atomic ensemble. Atoms that move through the electron beam can be ionized and subsequently detected with high efficiency on an ion detector. The scanning capability of the electron beam allows for the imaging of small areas as well as for time resolved *in situ* measurements. The ultracold atoms will be loaded from a 2D MOT and prepared in a CO_2 -dipole trap. The current state of the experiment is presented.

Q 34.4 Di 16:30 Labsaal

Aufbau eines frequenzkamm-basierten Diodenlasersystems zur Synthese absoluter optischer Frequenzen — ●CHRISTIAN GROSS, THORSTEN BEST und IMMANUEL BLOCH — Institut für Physik, Johannes Gutenberg Universität Mainz,* Staudingerweg 7, 55128 Mainz

Die in den letzten Jahren entwickelte Frequenzkammtechnik, bestehend aus Femtosekundenlaser und nichtlinearer photonischer Faser, ermöglicht die direkte Synthese und absolute Messung beliebiger optischer Frequenzen.

Wir wollen dieses neue Werkzeug nutzen um Diodenlaser auf beliebige Abstände im Frequenzraum relativ zueinander zu stabilisieren. Dies ermöglicht Raman Übergänge bei großen Frequenzabständen z.B. für die Raman-Photoassoziation in stark gebundene Molekülzustände. Der Aufbau des Frequenzkamm-Systems beinhaltet die Kontrolle von Repetitionsrate ν_{Rep} und Carrier-Envelope-Offset Frequenz ν_{CEO} eines kommerziellen fs-Lasers, sowie die Entwicklung eines optischen Phasenregelkreises um die Diodenlaser auf einzelne Moden des Frequenzkammes zu stabilisieren. Zur Ermittlung der absoluten Frequenz der einzelnen Moden $\nu_n = \nu_{\text{CEO}} + n\nu_{\text{Rep}}$ verbreitern wir den Kamm auf eine optische Oktave und bestimmen durch Frequenzverdopplung der infraroten Komponenten des Spektrums ν_{CEO} aus dem Schwebungssignal mit den grünen Komponenten. Erfahrungen im Aufbau des Frequenzkamm-Systems werden vorgestellt.

Q 34.5 Di 16:30 Labsaal

Beugung eines Kondensats am magnetischen Gitter — ●ANDREAS GÜNTHER, SEBASTIAN KRAFT, CLAUD ZIMMERMANN und JÓZSEF FORTÁGH — Physikalisches Institut der Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

Wir untersuchen die Interferenz von Kondensaten nach der Beugung an einem magnetischen Gitter. Das Interferenzmuster entsteht durch die Überlagerung der verschiedenen Beugungsordnungen, die eine feste Phasenbeziehung untereinander haben. Wir zeigen, dass die Beugung zu einer phasenkohärenten Aufteilung des Kondensats führt und diskutieren die Anwendung zur empfindlichen Messung von Kräften aufgrund des Interferenzmusters.

Q 34.6 Di 16:30 Labsaal

Bose-Einstein Kondensate in ungeordneten Potentialen — ●R. TIEMEYER, T. SCHULTE, S. DRENKELFORTH, G. KLEINE BÜNING, W. ERTMER und J. ARLT — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Wir berichten über unsere Experimente mit Bose-Einstein Kondensaten in ungeordneten optischen Potentialen. Die experimentelle Realisierung des ungeordneten Potentials wird präsentiert, und wir diskutieren die physikalischen Eigenschaften dieses Vielteilchensystems im kombinierten Potential aus Unordnung und Magnetfalle.

Besonders interessante Phänomene sind zu erwarten, wenn ungeordnete Potentiale der perfekten periodischen Struktur eines optischen Gitters überlagert werden [1]. Wir berichten über unsere Experimente mit ungeordneten 1D-Gittergasen und diskutieren, unter welchen Bedingungen das Auftreten nichttrivialer Lokalisierungsphänomene zu erwarten ist [2].

Wir präsentieren darüber hinaus den Stand unserer derzeitigen Arbeiten mit ultra-kalten Bosonen in ungeordneten Potentialen und geben einen Ausblick auf die zukünftigen Projekte unseres Experiments.

[1] B.Damski *et al.*, Phys.Rev.Lett. 91, 080403 (2003).

[2] T.Schulte, S.Drenkelforth, J.Kruse, W.Ertmer, J.Arlt, K.Sacha, J.Zakrzewski, M.Lewenstein, Phys.Rev.Lett.95, 170411 (2005)

Q 34.7 Di 16:30 Labsaal

Detection of Bose-Einstein condensates with partially incoherent light — ●LARS NEUMANN, CHRISTOPH BECKER, JOCHEN KRONJÄGER, KAI BONGS, and KLAUS SENGSTOCK — Institut für Laserphysik, Luruper Chaussee 149, Gebäude 69, 22761 Hamburg

When imaging the time evolution of eg 87Rb Bose-Einstein condensates often low optical densities are to be detected with high precision. Interference effects within the detection system, such as parasitic optical resonators together with mechanical oscillations, may impose fringes on the images which are of comparable length and brightness as the structures of interest in the condensate. The fringes can be subtracted by post processing with a set of reference images. However, this procedure is strongly limited if the optical densities of fringes and components are on the same scale. To improve the resolution of our detection system, an offset-locked tunable high power laser is set up. Subsequently the laser light is scattered by a diffusive liquid to remove spatial coherence. The detection of BEC with scattered, partially incoherent light eliminates spurious fringe patterns at the cost of speckle patterns. Our detection set up may allow a resolution of down to $2\mu\text{m}$.

Q 34.8 Di 16:30 Labsaal

Excitations and correlations in the dynamics of Bose-Einstein condensates — ●THOMAS ERNST, MICHAEL HARTUNG, TOBIAS PAUL, KLAUS RICHTER, and PETER SCHLAGHECK — Institut für Theoretische Physik, Regensburg

We study the coherent flow of a Bose-Einstein condensate through a quantum point contact in a magnetic waveguide beyond the quasi-one-dimensional adiabatic mean-field regime [1]. The population of transverse excitations in the waveguide is accounted for by a Bogoliubov-like linearization procedure. We show, that the contribution of such transverse excitations may cause significant modifications of the transmission through the point contact. In order to go beyond the mean-field approximation, we use a refined version of a microscopic quantum dynamics approach [2] which is based on the method of noncommutative cumulants. Instead of using normal-ordered correlation functions and their system of equations, we calculate the dynamics of their appropriate cumulants according to Wick's theorem. This method is number-conserving, contains for situations close to equilibrium the Bogoliubov approach, but accounts also for highly non-equilibrium situations and allows to compute excitations of the condensate as well as its depletion rate. We apply this approach to elementary transport processes in one dimension.

- [1] P. Leboeuf and N. Pavloff, Phys. Rev. A 64, 033602 (2001)
 [2] T. Köhler and K. Burnett, Phys. Rev. A 65, 033601 (2002)

Q 34.9 Di 16:30 Labsaal

Interacting Rubidium and Caesium atoms — ●MICHAEL HAAS, DANIEL FRESE, CHRISTIAN GRACHTRUP, SHINCY JOHN, VANESSA LEUNG, DIETMAR HAUBRICH, ARNO RAUSCHENBEUTEL und DIETER MESCHÉDE — Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

Our experimental set up allows us to cool Rubidium to quantum degeneracy and magnetically trap Rubidium and Caesium simultaneously. We are able to selectively cool Rubidium by forced evaporation on the 6.8 GHz hyperfine transition. By analysing measurements of the thermalisation dynamics, the interspecies scattering cross section can be calculated, which at ultra cold temperatures is determined by the s-wave scattering length.

Q 34.10 Di 16:30 Labsaal

Kalium-Rubidium Gemische in QUIC Falle: Erzeugung und Charakterisierung — ●ULRICH SCHNEIDER¹, THORSTEN BEST¹, TIM ROM^{1,2}, DRIES VAN OOSTEN¹ und IMMANUEL BLOCH¹ — ¹Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz — ²Department für Physik, LMU München, 80799 München

Wir präsentieren ein neues Experiment zur Erzeugung und Untersuchung von Bose-Fermi Gemischen in optischen Gittern. Bosonisches ⁸⁷Rb und fermionisches ⁴⁰K werden in einer Magneto-Optischen-Falle gefangen und gekühlt, wobei als Atomquellen für ⁴⁰K selbstgebaute Dispensoren eingesetzt werden. Nach einer anschließenden optischen Molasse werden die Wolken über einen magnetischen Transport in eine UHV-Glaszelle transferiert und in eine QUIC-Falle umgeladen.

Dort wird mittels evaporativen Kühlens ein Gemisch aus einem Bose-Einstein-Kondensat sowie einem –sympathetisch mitgekühlten– entarteten Fermigas hergestellt. Dieses Gemisch soll schließlich in ein optisches 3D-Gitter geladen und untersucht werden.

Es werden Messungen zur Produktion und Charakterisierung der ultrakalten Wolken und zum aktuellen Stand des Gitter-Aufbaus diskutiert.

Q 34.11 Di 16:30 Labsaal

Kohärente Kontrolle von Spindynamik in optischen Gittern — ●ARTUR WIDERA, SIMON FÖLLING, FABRICE GERBIER, TORBEN MÜLLER, OLAF MANDEL und IMMANUEL BLOCH — Institut für Physik der Universität Mainz; 55099 Mainz, Germany

Für verschiedenste Anwendungen in Quanteninformationsverarbeitung oder Festkörpersimulationen benötigt man eine Methode, um kohärente Wechselwirkung zwischen zwei Teilchen effizient zu kontrollieren. Kürzlich wurde beobachtet, daß die spinändernden Stöße zwischen zwei Atomen in einem optischen Gitter zu kohärenten Populationsoszillationen zwischen Zeeman-Niveaus führen. Wir demonstrieren hier eine Methode, um diese Dynamik mittels Mikrowellenstrahlung durch einen AC-Zeemaneffekt – analog zum AC-Stärkeffekt – zu manipulieren. Insbesondere können wir die stoßinduzierten Oszillationen in Resonanz stimmen oder komplett unterdrücken. Diese Technik ermöglicht es uns unter anderem, die Atomzahlstatistik sowohl im superfluiden Regime der Atome im optischen Gitter, als auch tief im Mott-Isolator Regime zu untersuchen.

Q 34.12 Di 16:30 Labsaal

Long lifetime of Feshbach molecules made from bosonic atoms — ●DOMINIK BAUER, THOMAS VOLZ, NIELS SYASSEN, EBERHARD HANSIS, STEPHAN DÜRR, and GERHARD REMPE — Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Germany

Feshbach molecules made from bosonic atoms usually decay within a few milliseconds due to inelastic collisions with other atoms or molecules [1]. We report how the lifetime of the molecules is increased in an optical lattice.

We load a ⁸⁷Rb BEC into an optical lattice and achieve a quantum phase transition from a superfluid to a Mott insulator. This can be used to tailor the number of atoms per lattice site. We prepare a Mott insulator in which a large fraction of the sites is occupied by two atoms each. Feshbach molecules are created at sites containing two or more atoms by ramping the magnetic field through the Feshbach resonance at 1007 G [2]. Sites with three or more atoms are rapidly depleted by inelastic collisions. What is left are isolated ⁸⁷Rb₂ molecules. We find lifetimes around 100ms for these isolated molecules. The creation of long-lived Feshbach molecules in optical lattices is also reported in [3].

- [1] T. Mukaiyama et al., Phys. Rev. Lett. 92, 180402 (2004)
 [2] S. Dürr et al., Phys. Rev. Lett. 92, 020406 (2004)
 [3] G. Thalhammer et al., cond-mat/0510755

Q 34.13 Di 16:30 Labsaal

Manipulation und Zustandspräparation von Fermi-Bose-Mischungen aus ⁸⁷Rb und ⁴⁰K mit RF, Mikrowellenstrahlung und Braggstreuung — ●MANUEL SUCCO, CHRISTIAN OSPPELKAUS, SILKE OSPPELKAUS-SCHWARZER, PHILIP ERNST, LEIF HUMBERT, KLAUS SENGSTOCK und KAI BONGS — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Wir stellen verschiedene Möglichkeiten zur Zustandspräparation von ⁸⁷Rb- und fermionischen ⁴⁰K-Atomen vor. Spezielle Anforderungen in unserem Projekt sind u.a. die Adressierung spezieller K-Rb-Feshbachresonanzen oder die Präparation des absoluten atomaren Grundzustands des Ensembles. Für Rb erfolgt die Manipulation über Hochmischen einer variablen Radiofrequenz auf 6.8 GHz, Verstärkung und Abstrahlung mittels eines offenen Hohlleiters. Aufgrund der hervorragenden Kopplung werden vergleichsweise niedrige Leistungen (<1W) benötigt. In einem ähnlichen System für die Hyperfeinmanipulation von K erfolgt die Abstrahlung über eine durch "Stub-Tuning" impedanzangepasste Schleifenantenne. Zudem steht dem Projekt zur Untersuchung des Impulsspektrums von K ein Bragg-Lasersystem zur Verfügung, das auf einem gitterstabilisierten Diodenlaser bei 767nm basiert.

Q 34.14 Di 16:30 Labsaal

Many-body quantum states in few mode Hamiltonians and applications to bosonic spinor gases — ●CARSTEN WEISS, REINHOLD WALSER, LEV PLIMAK, and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, Germany

Well isolated trapped spinor Bose-Einstein condensates [1-3] represent an ideal environment to investigate exact many-body dynamics of simple spin systems [4, 5]. The great challenge of many body physics is to find the appropriate physical description that aids the intuition.

In this contribution, we will discuss few mode bosonic Hamiltonians, which arise naturally from spinor Bose-Einstein condensates. We will compare the number-symmetry breaking mean-field approximation with exact numerical solutions of the many-body Schrödinger equation. Furthermore, we will introduce convenient analytical approximations for the stationary many-body eigenstates.

- [1] W. Zhang *et al.*, Phys Rev. A, **72**, 013602 (2005).
 [2] J. Kronjäger *et al.*, Phys. Rev. A, **72**, 1 (2005).
 [3] L. Plimak, C. Weiß, R. Walser and W.P. Schleich, Opt. Comm. submitted (2005).
 [4] J. R. Anglin, P. Drummond, and A. Smerzi, Phys. Rev. A, **64**, 063605 (2001).
 [5] M. Holthaus, Phys. Rev. A, **64**, 11601(R) (2001).

Q 34.15 Di 16:30 Labsaal

Micromanipulation of ultra-cold atoms close to conducting surfaces — ●BETTINA FISCHER¹, SEBASTIAN HOFFERBERTH¹, STEPHAN WILDERMUTH¹, THORSTEN SCHUMM², DANIEL GALLEGO¹, IGOR LESANOVSKY¹, MAURITZ ANDERSSON³, PETER KRUEGER⁴, JOSE VERDU¹, and JÖRG SCHMIEDMAYER¹ — ¹Physikalisches Institut Heidelberg, University of Heidelberg, Philosophenweg 12, D- 69120 Heidelberg, Germany — ²Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, UMR 8105 du CNRS, F-91403 Orsay, France — ³Department of Microelectronics and Information Technology, The Royal Institute of Technology, SE-164 40, Kista, Sweden — ⁴Laboratoire Kastler Brossel, Ecole Normale Supérieure, 24 Rue Lhomond, F-75005 Paris, France

Cold neutral atoms can be controlled and manipulated in microscopic potentials near surfaces of atom chips. We present the results of various experiments carried out over the last year on our atom chip setup. (1) The realization of a coherent matter-wave beam splitter based on radio-frequency induced adiabatic potentials; (2) The implementation of a "BEC-microscope", where observed density modulations in trapped 1d-BECs are used to reconstruct the current density in a conductor; (3) the characterization of quasi 1d quantum gases and the 1d-3d cross over; (4) experiments with a combined magnetic and optical atom chip trap, demonstrating 2d trapping and Bloch oscillations.

- [1] Schumm, T. et al, Nature Physics 1, 57 (2005) [2] Wildermuth S. et al, Nature 435, 440 (2005) [3] Wildermuth, S., Phd thesis, University Heidelberg, (2005)

Q 34.16 Di 16:30 Labsaal

Non-equilibrium dynamics of a Bose gas in a double-well trap — ●KRISTAN TEMME and THOMAS GASENZER — Institut für Theoretische Physik, Philosophenweg 16, 69120 Heidelberg

The time evolution of a Bose-Einstein condensate trapped in a double-well potential is studied away from thermal equilibrium, using a full quantum many-body treatment on the basis of Green-functions techniques in field theory. Two-well trapping potentials have gained much importance in studying the matter-wave analogue of the Josephson effect in solid state physics. Due to the physical scales governing the tunneling-coupled matter wave packets, details of the dynamical evolution become amenable to experimental studies. The far-from-equilibrium configurations of particular interest are those where quantum fluctuations become important which are not taken into account in mean-field theory. An approach to beyond-mean-field quantum many-body theory is presented which allows to describe both the short and long-time evolution of a gas away from equilibrium. The dynamical many-body theory remains applicable at long times, where thermal equilibrium is approached. The method allows to distinguish quantum and classical statistical aspects of the dynamical evolution.

Q 34.17 Di 16:30 Labsaal

Superconducting Microtraps for Bose-Einstein Condensates — ●BRIAN KASCH, DANIEL CANO, DIETER KOELLE, REINHOLD KLEINER, CLAUS ZIMMERMANN, and JOZSEF FORTAGH — Physikalisches Institut der Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, 72076

We are building an experiment to produce Bose-Einstein Condensates in a microtrap with superconducting niobium wires. The microtrap will be cooled below 5K by the cold finger of a cryostat inside a vacuum chamber. Condensates will initially be produced in a compact Ioffe trap setup, and then transferred via optical tweezers to the chip located 5 cm away. The chip design will include periodic microstructures for novel atom optics experiments. Early experiments will probe the interaction of the cold surface with the condensate, and the coupling of superconducting-condensate wavefunctions.

Q 34.18 Di 16:30 Labsaal

Towards Feshbach resonances in an ultracold mixture of ^6Li and ^{87}Rb — ●CARSTEN MARZOK, BENJAMIN DEH, CHRISTIAN SILBER, SEBASTIAN GÜNTHER, PHILIPPE W. COURTEILLE, and CLAUS ZIMMERMANN — Physikalisches Institut, Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, D-72076 Tübingen, Germany

The interatomic potentials of ultracold fermionic ^6Li and bosonic ^{87}Rb are currently only inaccurately known. Measuring locations of Feshbach resonances tightens constraints on these potentials since Feshbach resonances are extremely sensitive to the position of the last bound state of the interatomic groundstate potential. Furthermore, Feshbach resonances provide a powerful tool for transforming atoms into molecules. As proposed by Stwalley, such vibrationally excited dipolar molecules could be converted into stable groundstate molecules by a coherent STIRAP process [1]. We will perform a search for Feshbach resonances by loading a quantum degenerate mixture of ^6Li and ^{87}Rb recently realized in our group [2] into an optical dipole trap and scanning a magnetic field. We describe the status of the implementation of the dipole trap and the results to date.

[1] W.C. Stwalley, Eur. Phys. J. D **31**, 221–225 (2004)[2] C. Silber et al., Phys. Rev. Lett. **95**, 170408 (2005)

Q 34.19 Di 16:30 Labsaal

Towards an All-Optical Realisation of a Quantum-Degenerate Potassium-40 Fermi-Gas — ●CHRISTIAN BOLKART, ALEXANDER GATTO, and MARTIN WEITZ — Physikalisches Institut, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

We are working on the realization of a degenerate 40K Fermi gas based on direct evaporative cooling of atoms in an optical dipole trap. The

quantum gas will be used for the search for novel quantum phase transitions in optical lattices.

The required near-resonant radiation for laser cooling and trapping of atoms is derived from a home-made Oscillator-Optical Power Amplifier (MOPA) system. Our setup uses a magneto optical trap (MOT) for the fermionic atoms that is loaded by the cold atomic beam created with a 2D-MOT. After a temporal dark-MOT phase, the atoms will be transferred into an optical dipole trap realised with a focused CO₂-laser beam. To enhance the collisional cross section during the subsequent evaporative cooling towards quantum degeneracy, a Feshbach-resonance of the $m_F = -7/2$ and $m_F = -9/2$ spin projections of the $F = 9/2$ hyperfine ground state is employed. The interaction of atoms in these two states can be controlled by an external magnetic field.

Q 34.20 Di 16:30 Labsaal

Towards an atom laser by all-optical means — ●MAIC ZAISER, TOBIAS MÜLLER, THIJS WENDRICH, MICHAEL GILOWSKI, ERNST MARIA RASEL and WOLFGANG ERTMER — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Pulsed (or even continuous) atom lasers represent a highly monochromatic source of atoms in a well-defined quantum state with extremely high brilliance. We present a new concept for an experimental setup which aims at Bose-Einstein-Condensation (BEC) in dilute atomic gases of ^{87}Rb by all-optical means. The atomic source consists of a two stage design, where the atoms will be pre-cooled in two dimensions in a magneto-optical trap (2D-MOT) and then loaded into a 3D-MOT. In the 3D-MOT the atoms will be further cooled down to typically $\sim 10 \mu\text{K}$ and then loaded into an optical dipole trap generated by a far-off resonant laser beam. In the new setup this trap may be realized in various configurations, like a single or crossed beam geometry or even a 3D-lattice. Quantum degeneracy will then be achieved by evaporative cooling in the dipole trap. The new setup will provide a high degree of flexibility and transportability allowing for various different kinds of experiments. We will investigate the potential of such an atomic source for precision atom interferometry, such as the Cold Atom Sagnac Interferometer (CASI) [1], an extremely sensitive inertial sensor for rotation and acceleration currently being set up in Hannover. This work is part of the project FINAQS funded by the European Union.

[1] C. Jentsch, T. Müller, E. M. Rasel, and W. Ertmer, Gen. Rel. Grav. **36**(10), 2197 (2004)

Q 34.21 Di 16:30 Labsaal

Transport of Bose-Einstein-Condensates in quantum dot potentials — ●MICHAEL HARTUNG, TOBIAS PAUL, KLAUS RICHTER, and PETER SCHLAGHECK — Institute for Theoretical Physics, University of Regensburg, D-93040 Regensburg, Germany

The rapid progress in the “atom chip” technology permits detailed studies of the dynamics of Bose-Einstein condensates in presence of atomic quantum dot potentials. We particularly focus on the quasi-stationary resonant transport through such a potential [1] as well as on the decay of the associated quasi-bound resonance state. To this end we developed a numerical method to calculate bound states and resonances within the mean-field approximation of the condensate’s dynamics. This approach is combined with the time-dependent calculation of the nonlinear scattering problem, where we use a novel, unambiguous definition of the transmission coefficient for the interacting condensate. We discuss the relation between the decay rate of quasi bound states [2] and the width of scattering resonances. Furthermore we investigate to which extent bound states of the quantum dot potential can be populated via beak-to-beak crossings of scattering resonances [3].

[1] T. Paul, K. Richter, and P. Schlagheck, Phys. Rev. Lett. **94**, 020404 (2005)

[2] P. Schlagheck, and T. Paul, cond-mat/0402089

[3] K. Rapedius, D. Witthaut, and H. J. Korsch, cond-mat/0507679

Q 35 Poster Photonische Kristalle

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 35.1 Di 16:30 Labsaal

All-optical switching in metallic photonic crystals — •DIETMAR NAU¹, RALPH P. BERTRAM², KARSTEN BUSE², THOMAS ZENTGRAF³, JÜRGEN KUHL³, SERGEI G. TIKHODEEV⁴, and HARALD GIESSEN⁵ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstraße 8, D-53115 Bonn — ²Physikalisches Institut, Universität Bonn, Wegelerstrasse 8, D-53115 Bonn — ³Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstraße 1, D-70569 Stuttgart — ⁴A. M. Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow 119991, Russia — ⁵4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, D-70550 Stuttgart

Metallic photonic crystals slabs (MPCS) and photoaddressable polymers (PAP) have attracted a lot of interest recently. Both materials are considered to have the potential to be used in future optical device applications. In this work we combine a MPCS with an additional PAP-layer. We show that the optical properties of this metal-polymer compound system can be reversibly switched all-optically. The optical properties of the system are dominated by the pronounced and steep optical resonances of the MPCS. The large variable birefringence of PAP upon light illumination is used to shift the resonances spectrally. We used a pump-probe experiment to examine the influence of light polarization and exposure on the optical properties [1]. Large spectral shifts of the resonances as well as the reversibility of the switching effect are observed. Comparing the experimental results with scattering-matrix calculations reveals the underlying refractive index changes and allows a quantitative modeling of the compound system.

[1] D. Nau et al., Appl. Phys. B, in press (2006).

Q 35.2 Di 16:30 Labsaal

Director Fields and Optical Properties of Liquid Crystals in Photonic Crystals — •HEINZ KITZEROW and HEINRICH MATTHIAS — Universität Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn

It is well known that nematic liquid crystals can be utilized to shift the stop band of a photonic crystal. Research on the director field of liquid crystals filled in macropores is necessary in order to achieve a better understanding of the optical properties of these tunable photonic crystals. Our recent studies on homeotropically aligned liquid crystals show that the modulation of the pore diameter stabilizes periodic arrays of ring disclinations in an escaped radial director field [1]. In this contribution, theoretical examinations of the transmission spectra using both the Berreman 4x4-matrix method and a one dimensional transfer model are presented and compared to experimental results.

[1] H. Matthias, T. Röder, S. Matthias, R. B. Wehrspohn, S. Picken and H.-S. Kitzerow: "Spatially Periodic Liquid Crystal Director Field Appearing in a Photonic Crystal Template", Appl. Phys. Lett. 87, 241105 (2005).

Q 35.3 Di 16:30 Labsaal

Effective mirror model for disordered quasi-1d photonic crystals — •MEIKEL FRANK¹ and KURT BUSCH^{1,2,3} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft — ³DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe

Based on the S-matrix-method of Lalanne[1] we present a theoretical model describing the propagation and coupling losses in disordered quasi-1d photonic crystals(PCs). This is done by separately studying the in/out-coupling between planar wave guides and semi-infinite PCs. For these systems we create an effective mirror describing the interfaces via reflection, transmission and scattering losses. The model is tested by comparing its predictions with exact numerical calculations of transmission and reflection through ideal finite-sized PCs. Based on that, we extend our study to include the effects of various types of fabrication tolerances. This allows us to investigate how different types of disorder affect the performance of finite-sized PCstructures. Therefore, the study is of particular interest for the development of PC functional elements.

[1] P.Lalanne, J.-P.Hugonin and Q.Cao J.Opt.Soc.Am.A 18 11 2001

Q 35.4 Di 16:30 Labsaal

Electrooptically Tunable Photonic Crystals — •JAN HENDRIK WÜLBERN¹, MARKUS SCHMIDT¹, MANFRED EICH¹, UWE HÜBNER², RICHARD BOUCHER² und RUDOLF ZENTEL³ — ¹Technische Universität Hamburg Harburg, Materialien der Elektrotechnik und Optik, Eissendorferstraße 38, 21073 Hamburg — ²Institut für Physikalische Hochtechnologie Jena, A. Einstein Str. 9, 07745 Jena — ³Institut für Organische Chemie, Universität Mainz, Duesbergweg 10 - 14, 55099 Mainz

We report on electrooptical modulation in a photonic crystal slab waveguide resonator which contains a nanostructured second-order-nonlinear optical polymer. The electrooptical susceptibility in the core was induced by high electric-field poling. A square lattice of holes carrying a line-defect was transferred into the slab by electron-beam-lithography and reactive-ion-etching. Applying an external electric modulation voltage to electrodes leads to a linear electrooptical shift of the resonance spectrum based on the electronic displacement polarization in a noncentrosymmetric medium (Pockels-effect). This effect is therefore inherently faster than other electrooptic modulation effects in nanophotonics.

Q 35.5 Di 16:30 Labsaal

Emissionsspektrum eines mit Yb dotierten mikrostrukturierten Faserlasers — •SERGEJ WEXLER¹, KLAUS MÖRL², KLAUS SENGSTOCK¹ und VALERI BAEV¹ — ¹Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — ²Institut für Physikalische Hochtechnologie, Albert-Einstein-Straße 9, 07745 Jena

Mikrostrukturierte Fasern erlauben Absorptionsmessungen durch Lichtabsorption der evaneszenten Lichtwelle in Luftkanälen der Faser, die mit dem Probegas gefüllt sind [1]. Die Nachweisempfindlichkeit dieser Messungen ist durch die Länge der Faser bestimmt. Eine substantielle Erhöhung der Empfindlichkeit wird erwartet, wenn sich die mikrostrukturierte Faser innerhalb des Resonators eines Vielmodenlasers befindet [2]. Aus dieser Hinsicht ist die Verwendung von dotierten, mikrostrukturierten Fasern besonders günstig. Wir haben verschiedene dotierte und undotierte mikrostrukturierte Fasern untersucht und festgestellt, dass das Emissionsspektrum eines Vielmodenlasers mit einer mikrostrukturierter Faser durch spektrale Modulation stark ausgeprägt ist. Diese Modulation entspricht mehreren "microbandgaps", die durch Spektralmodulation der transversalen Komponente des Lichtfeldes auftritt. Aus diesem Grund sollte für empfindliche Messungen eine mikrostrukturierte Faser mit "random-hole"-Konfiguration [1] besonderes gut geeignet sein.

[1] G.Pickel, W.Peng, A.Wang, Opt.Lett. 29, 1476 (2004)

[2] V.M.Baev, T.Latz, P.E.Toschek, Appl.Phys. B 69, 171 (1999)

Q 35.6 Di 16:30 Labsaal

Interface Design in Photonic Crystals — •DANIEL HERMANN^{1,2}, SERGEI MINGALEEV^{1,2}, and KURT BUSCH^{1,2,3} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe — ³Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

We present scattering matrix calculations using localized photonic Wannier functions as optimally adapted basis [1,2] to efficiently characterize interfaces between different photonic functional elements, such as coupled waveguides in two different photonic crystals. The Wannier function S-matrix approach allows us to design the coupling region in such a way that the transmission through these interfaces is optimized over a desired frequency range. Furthermore, the method may also be applied to find efficient coupling designs between slab waveguides and PC line defect waveguides.

[1] J. Phys.: Condens. Matter 15, R1233 (2003)

[2] Opt. Lett. 28, 619 (2003)

Q 35.7 Di 16:30 Labsaal

Microscopic self-consistent analysis of the light-matter coupling in semiconductor photonic-crystal structure — •TORSTEN MEIER¹, BERNHARD PASENOW¹, MATTHIAS REICHEL^{1,2}, TINEKE STROUCKEN¹, ARMIS R. ZAKHARIAN², JEROME V. MOLONEY², and STEPHAN W. KOCH¹ — ¹Department of Physics and Material Sciences Center, Philipps University, Renthof 5, D-35032 Marburg — ²Arizona Center for Mathematical Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

In hybrid systems which consist of semiconductor nanostructures and dielectric photonic crystals significant aspects of the light-matter interaction can be tailored. Such structures are described by a microscopic theory which provides a self-consistent solution of the dynamics of the electromagnetic field and the material excitations. The theory is applied to investigate spatial inhomogeneities of the optical properties, in particular, excitonic resonances, wave packet dynamics, and the optical gain are analyzed [1,2]. Additionally, the optical properties of quantum wells embedded in one-dimensional photonic crystals are investigated. If such structures are placed inside a microcavity, the gain increases superlinearly with the number of wells [3].

[1] M. Reichelt, B. Pasenow, T. Meier, T. Stroucken, and S.W. Koch, *Phys. Rev. B* **71**, 035346 (2005).

[2] B. Pasenow, M. Reichelt, T. Stroucken, T. Meier, and S.W. Koch, *Phys. Rev. B* **71**, 195321 (2005).

[3] B. Pasenow, M. Reichelt, T. Stroucken, T. Meier, S.W. Koch, A.R. Zakharian, and J.V. Moloney, *J. Opt. Soc. Am. B* **22**, 2039 (2005).

Q 35.8 Di 16:30 Labsaal

Nonlinear time-domain simulations with exponential integrators using Krylov-subspace methods — ●MARTIN POTOTSCHNIG¹, JENS NIEGEMANN^{1,2}, LASHA TKESHELASHVILI^{3,2}, and KURT BUSCH^{1,3,2} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe — ³Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

In recent years, nonlinear optical systems have attracted broad interest. We propose to use exponential-integrators combined with Krylov-subspace methods to solve the corresponding nonlinear time-dependent Maxwell equations as well as coupled optical quantum-mechanical systems, such as the Maxwell-Bloch equations. These techniques are known to be well suited for highly oscillatory and stiff problems and, therefore, we expect fast and accurate simulations. We will present comparisons of the performance and accuracy of our approach relative to commonly used methods, in particular to nonlinear Finite-Difference Time-Domain techniques. In addition, we demonstrate that the method is capable of describing the Non-Markovian radiation dynamics of emitters in finite Photonic Crystals.

Q 35.9 Di 16:30 Labsaal

Numerical Investigation of Magnetic Metamaterials — ●SVEN BURGER, BENJAMIN KETTNER, LIN ZSCHIEDRICH, and FRANK SCHMIDT — Zuse Institute Berlin, Takustraße 7, D - 14195 Berlin

Arrays of miniaturized split ring resonators allow to realize systems with a negative effective permeability in the near infrared regime [1,2]. We discuss the use of adaptive, higher-order, vectorial finite elements for the numerical simulation of the time-harmonic light field in the elementary cell of the periodic array [3]. These methods allow us to investigate resonances of the system.

[1] S. Linden, C. Enkrich, M. Wegener, J. Zhou, T. Koschny, C. M. Soukoulis, *Science* **306**, 1351 (2004).

[2] C. Enkrich, M. Wegener, S. Linden, S. Burger, L. Zschiedrich, F. Schmidt, J. Zhou, T. Koschny, C. M. Soukoulis, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 203901 (2005).

[3] S. Burger, L. Zschiedrich, R. Klose, A. Schädle, F. Schmidt, C. Enkrich, S. Linden, M. Wegener, and C. M. Soukoulis, *Proc. SPIE* **5955**, 18 (2005).

Q 35.10 Di 16:30 Labsaal

Phase-resolved pulse propagation in metallic photonic crystal slabs — ●ANJA SCHÖNHARDT¹, DIETMAR NAU¹, HEDI GRÄBELDINGER², CHRISTINA BAUER³, and HARALD GIESSEN² — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, 53115 Bonn — ²4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, 70550 Stuttgart — ³Max-Planck Institut für Festkörperforschung, 70569 Stuttgart

We present measurements of the electromagnetic field of ultra-short laser pulses after propagation through metallic photonic crystal structures featuring simultaneous photonic and plasmonic resonances. We used cross-correlation frequency resolved optical gating to measure the complete pulse information, i.e., the envelope and phase of the electromagnetic field. In good agreement, measurements and scattering matrix simulations [1] show a dispersive behavior of the spectral phase at the position of the resonances. Asymmetric Fano-type resonances go along with asymmetric phase characteristics. Furthermore, the spectral phase is used to calculate the dispersion of the sample. Possible application in

dispersion compensation is investigated. The behavior of the extinction and the spectral phase can be understood from a fundamental model using the complex transmission amplitude [2,3]. An associated depiction in the complex plane is a new approach in this context [3]. This method promises to be of valuable use also in photonic crystal and filter design, for example with regards to symmetrization of the resonances.

[1] S. Tikhodeev et al., *Phys. Rev. B* **66**, 045102 (2002).

[2] S. Fan et al., *Phys. Rev. B* **65**, 235112 (2002).

[3] A. Schönhardt et al., PRB, to be published.

Q 35.11 Di 16:30 Labsaal

Plasmonic metal-semiconductor-metal photodetectors — ●JURANA HETTERICH¹, ULF GEYER¹, GEORG BASTIAN¹, GERO VON PLESSEN², and SERGEI G. TIKHODEEV³ — ¹Lichttechnisches Institut, Universität Karlsruhe, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe, Germany — ²I. Physikalisches Institut, RWTH Aachen, 52056 Aachen, Germany — ³A. M. Prokhorov General Physics Institute RAS, Vavilova 38, Moscow 119991, Russia

We have investigated the interplay of plasmonic field enhancement and semiconductor absorption in planar metallic photonic crystals consisting of periodically patterned gold and silver deposited on GaAs/GaInAs heterostructures. Our goal is to exploit the resulting resonance effects to fabricate a novel class of fast metal-semiconductor-metal (MSM) photodetectors. We have established a new technique for the fabrication of metallic electrodes with dimensions below 100 nm, which are expected to perform two tasks: First, surface plasmon polaritons improve the light transmission through the metal layer, and the local field enhancement associated with these excitations increases the optical absorption in the semiconductor. Second, optically generated electrons and holes are rapidly extracted into the metallic electrodes like in conventional MSM photodetectors. We present theoretical calculations based on the scattering matrix approach and compare the results with experimental spectral and dynamical properties. The resulting ultimate limits of quantum efficiency and bandwidth depending on the absorption properties, RC-times and carrier transit times will be discussed.

Q 35.12 Di 16:30 Labsaal

Properties of Low Refractive Index Supports Made of Mesoporous Silica — ●DENAN KONJHODZIC, HELMUT BRETINGER, and FRANK MARLOW — Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, D-45470 Mülheim an der Ruhr

Mesoporous silica thin films were synthesized by dip-coating in evaporation-induced self-assembly process. In this modified sol-gel process a nonionic triblock copolymer has been used as a template. The formed structure depends strongly on the processing conditions, especially humidity. Film thickness can be tuned by drawing rate. The structures of two different types of films were investigated by small angle x-ray scattering, transmission electron microscopy and atomic force microscopy [1]. Low humidity allows reproducible synthesis of low refractive index films, which were used as optical waveguide supports.

Here we investigate the influence of processing parameters on their optical properties. Refractive index, birefringence and film thickness were determined by angular-dependent interferometry. Porosity can be determined from refractive index applying different effective media models. The film scattering was characterized in the visible spectral range.

In another sol-gel process very transparent PZT films were synthesized and deposited onto mesoporous films. The compatibility of these films with mesoporous supports is investigated.

[1] D. Konjhodzic, H. Bretinger, U. Wilczok, A. Dreier, A. Ladenburger, M. Schmidt, M. Eich, F. Marlow, *Appl. Phys. A* **81** (2005) 425

Q 35.13 Di 16:30 Labsaal

QED in an absorbing crystal: the fate of the band structure — ●ANDREAS KURCZ and CARSTEN HENKEL — Institut für Physik, Universität Potsdam, Germany

The Bloch theorem is of fundamental importance for the field quantization in a periodic medium because the quasi-periodic Bloch functions can be used as modes. This approach becomes problematic in the presence of absorption because the Bloch frequencies are complex [1]. We generalize the mode expansion of the field operator using a quantization scheme for the macroscopic Maxwell equations [2,3]. The usual Bloch modes are recovered for vanishing absorption. We also show that the band structure in the (k, ω) -plane gets broadened by the absorption. The calculation is based on the spontaneous decay of a collective state of N two-level systems, similar to the emission by a phased antenna array.

- [1] Tip, Moroz, Combes: *J. Phys. A* 33 (2000) 6223
 [2] Huttner, Baumberg, Barnett: *Europhys. Lett.* 16 (1991) 177
 [3] Knöll, Scheel, Welsch: in *Coherence and Statistics of Photons and Atoms*, edited by J. Peřina (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001)

Q 35.14 Di 16:30 Labsaal

Tailoring the Rabi splitting of waveguide-plasmon polaritons — ●CHRISTINA BAUER¹, THOMAS ZENTGRAF¹, ANDRÉ CHRIST¹, JÜRGEN KUHL¹, SERGEI G. TIKHODEEV², NIKOLAI A. GIPPIUS², and HARALD GIESSEN³ — ¹Max Planck Institute for Solid State Research, 70569 Stuttgart, Germany — ²General Physics Institute RAS, Moscow 119991, Russia — ³4th Physics Institute, University of Stuttgart, 70550 Stuttgart, Germany

Metallic nanowire arrays on top of a waveguiding substrate show a strong coupling between particle-plasmons and waveguide modes. The thereby formed waveguide-plasmon polaritons have a large Rabi splitting of up to 250 meV. By introducing a dielectric spacer layer, the coupling becomes weaker resulting in a smaller Rabi splitting. In our case, we deposited gold nanowires with a width of 100 nm and a height of 20 nm by electron-beam lithography on top of a SiO₂ spacer layer and a 140-nm-thick Indium-Tin-Oxide (ITO) waveguide. The spacer layer thickness was varied between 0 nm and 350 nm. We will show that by increasing the spacer layer thickness the wavefunction overlap between the plasmons and the waveguide modes is reduced and the splitting of the polariton modes becomes smaller. The measurements are in good agreement with simulations done by a scattering matrix method.

Q 35.15 Di 16:30 Labsaal

Tunable anisotropic defect structures in 2D photonic crystals using the Wannier function approach — ●PATRICK MACK¹, MATTHIAS SCHILLINGER¹, and SERGEI MINGALEEV^{1,2} — ¹Institut für theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kiev

We present the Wannier function approach for numerically efficient computation of the optical properties of tunable anisotropic defect structures in 2D photonic crystals (PCs). Together with the transfer matrix method we show how waveguide dispersions of tunable anisotropic waveguides in PCs can be efficiently computed. These methods are suitable for modeling and design optimization of photonic devices for building upcoming photonic integrated circuits.

Q 35.16 Di 16:30 Labsaal

Analysis of the resonance properties of Split-Ring Resonators in the near infra-red — ●THOMAS ZENTGRAF¹, CARSTEN ROCKSTUHL², HONGCANG GUO³, NA LIU³, CHRISTOPH ETRICH⁴, INGO LOA¹, KARL SYASSEN¹, JÜRGEN KUHL¹, FALK LEDERER², and HARALD GIESSEN³ — ¹Max Planck Institute for Solid State Research, Heisenbergstr. 1, 70569 Stuttgart, Germany — ²Institute for Condensed Matter Theory and Solid State Optics, Friedrich-Schiller University Jena, Max-Wien Platz 1, 07743 Jena, Germany — ³4th Physics Institute, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70550 Stuttgart, Germany — ⁴Institute of Applied Physics, Friedrich-Schiller University Jena, Max-Wien Platz 1, 07743 Jena, Germany

Q 36 Poster Photonik in komplexen und periodischen Strukturen

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 36.1 Di 16:30 Labsaal

Diffusing-wave spectroscopy from multilayer media with non-scattering inclusions — ●T. GISLER, F. JAILLON, J. LI, G. MARET, and G. DIETSCHKE — Universität Konstanz, Fachbereich Physik, Fach M621, 78457 Konstanz

Dynamic multiple light scattering (diffusing-wave spectroscopy - DWS) is emerging as a new tool for non-invasive biomedical diagnosis, as it is a marker-free method which is very sensitive to microscopic displacement of scatterers within tissue. Recently DWS has been used to detect activation of the human brain fully non-invasively through intact scalp and skull (T. Durduran et al., *Opt. Lett.* **29**, 1766-1768 (2004); J. Li et al., *J. Biomed. Opt.* **10**, 044002 (2005)). These experiments have raised the question about the validity of the diffusion approximation for the description of the measured temporal field autocorrelation function $g^{(1)}(\tau)$ when a non-scattering layer such as the cerebrospinal fluid (CSF) is present.

In this contribution we present experimental results from a 3-layer

Detailed results of the resonance properties of a metamaterial consisting of single split-ring resonators are presented. We employ transmission and reflection spectroscopy at normal incidence. The influence on the resonances of the important parameters characterizing the geometry of the split-ring resonators are analyzed experimentally. In all cases rigorous diffraction theory is employed for comparing the results with theoretical predictions. It is shown explicitly that the resonances depend solely on the design of the unit cells whose sizes are generally scalable. Besides the magnetic resonance associated with the permeability in such a metamaterial, we likewise focus on its plasmonic resonance. We demonstrate that these permittivity resonances are mostly governed by the baseline wires of the split-ring resonators.

Q 35.17 Di 16:30 Labsaal

Metallo-dielectric photonic crystal superlattices — ●T. ZENTGRAF¹, A. CHRIST^{1,2}, J. KUHL¹, N. GIPPIUS³, S. TIKHODEEV³, and H. GIESSEN^{1,4} for the collaboration — ¹MPI für Festkörperforschung, Stuttgart, Germany — ²EPFL, Lausanne, Schweiz — ³General Physics Institute, Moscow, Russia — ⁴Viertes Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Germany

We experimentally and theoretically investigate the influence of periodic defects on the transmission properties of one-dimensional metallo-dielectric photonic crystal slabs. The spectral positions and the excitation efficiencies of the quasiguidded waveguide modes in the slab are determined by the reciprocal lattice vector and the structure factor of the supercells, respectively. We show that by introducing periodic defects in the wire position, the structure factor of the supercells can be strongly modified. For a polarization of the light perpendicular to the wires, the coupling of higher order Bragg resonances of the lattice structure to localized nanowire plasmon resonances can sensitively be controlled by the structure of the supercell. All experimental results show an excellent agreement with the theory.

Q 35.18 Di 16:30 Labsaal

Photonische Kristallfasern mit spezifischer Funktionalität - Herstellung und Anwendung — ●JENS KOBELKE, HARTMUT BARTELT, KAY SCHUSTER, JOHANNES KIRCHHOF, ANKA SCHWUCHOW, KLAUS MÖRL und HARTMUT LEHMANN — Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V., Albert-Einstein-Strasse 9, D-07745 Jena

Photonische Kristallfasern (PCF) bieten aufgrund ihrer variablen Mikrolochstruktur zahlreiche Möglichkeiten für interessante optische Faserfunktionsbauelemente. Der hohe Brechzahlkontrast zwischen Glasmatrix (typischerweise Quarzglas) und den Hohlräumen (gefüllt mit Gasen oder anderen fluiden Medien) ermöglicht starke Modifizierungen des Lichtpropagationsverhaltens im Vergleich zu konventionellen Lichtleitfasern. Neue Möglichkeiten zur Erzeugung komplexer PCF-Designstrukturen werden zusätzlich durch den Einsatz dotierter Kernglaskomponenten möglich. Diese Dotierungen erlauben es, viele optische Eigenschaften der PCFs, wie beispielsweise das Modenfeldverhalten, deutlich zu modifizieren. Auf Grund ihrer sehr niedrigen Grunddämpfung und damit möglichen großen Wechselwirkungslänge (bis in den Kilometerbereich) sind PCFs für gaschemosensorische oder auch nichtlinear-optische Anwendungen sehr interessant.

tissue phantom with calibrated optical and dynamic properties. Field autocorrelation functions $g^{(1)}(\tau)$ measured in backscattering geometry with source and receiver at a distance of 1-4 cm are found to agree well with predictions from correlation-diffusion theory if the presence of the non-scattering layer is accounted for by a distance-dependent modification of the boundary conditions between non-scattering and turbid layers. Experiments and theory also agree well with multilayer Monte-Carlo simulations of $g^{(1)}(\tau)$.

Q 36.2 Di 16:30 Labsaal

Complex counterpropagating solitary structures in photorefractive media — ●CHRISTOPH BERSCH, DENIS TRÄGER, and CORNELIA DENZ — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster, Germany

Counterpropagating optical spatial solitons are known to show significantly different behaviour than their copropagating counterparts [1]. Due

to the inherent feedback, qualitatively new phenomena can be observed, including temporal dynamics. Up to now only few experimental results of very simple counterpropagating configurations in (2+1)D exist [2]. In contrast, complex copropagating structures, i.e. soliton arrays, and their interactions had been studied extensively in the recent years [3].

In this contribution we present experimental results of complex coun-

terpropagating structures in a photorefractive SBN crystal. We investigate the interaction of a counterpropagating single beam and a soliton array in dependence of the beam position.

- [1] Belić et al, Phys. Rev. E 68, 025601 (2003)
- [2] Petrović et al, Phys. Rev. Lett. 95, 053901 (2005)
- [3] Träger et al, J. Opt. A 5, 518 (2003)

Q 37 Poster Wellenleitung und Informationsübertragung

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 37.1 Di 16:30 Labsaal

Ein nichtlinearer verstärkender Schleifenspiegel zur Amplitudenregeneration phasenkodierter optischen Signalen — •KLAUS SPONSEL¹, MARKUS SCHMEISSNER¹, KRISTIAN CVECEK¹, GEORGY ONISHCHUKOV¹, ARNE STRIEGLER² und BERNHARD SCHMAUSS² — ¹Institut fuer Optik, Information und Photonik, Abteilung I, Universitaet Erlangen-Nuernberg — ²Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Universitaet Erlangen-Nuernberg

In der optischen Datenübertragung werden zunehmend phasenkodierte Modulationsformate eingesetzt, die robuster gegen Amplitudenrauschen und Dispersion als herkömmliche Formate sind. In Übertragungsfasern wird aber Amplitudenrauschen durch nichtlineare Effekte wie Selbstphasenmodulation in Phasentrauschen umgewandelt und beeinträchtigt so phasenkodierte Signale. Bisherige Konzepte zur Verringerung des Amplitudenrauschens erzeugen meist zusätzliches Phasentrauschen.

Wir präsentieren einen optischen Regenerator der Amplitudenrauschen reduziert, ohne dabei Phasentrauschen hinzuzufügen. Dieser besteht aus einer Schlaufe hochnichtlinearer Glasfaser mit geringer Dispersion, einem Erbium dotierten Faserverstärker (EDFA) und einem asymmetrischen Koppler. Mit der Split-Step Fourier Methode wird die Transmissionskennlinie für die Leistung und Phase eines optischen Datensignals berechnet. Bei bestimmte Verstärkungsfaktoren und Teilungsverhältnissen werden breite Leistungsverteilung auf der Eingangsseite auf sehr schmale Ausgangsverteilungen abgebildet, wobei die Phasenverschiebung konstant ist. Diese Eigenschaft wird zur phasenerhaltenden Amplitudenregeneration benötigt.

Q 37.2 Di 16:30 Labsaal

Manufacturing and Micro Structuring Ultrathin Low Loss Optical Fibers — •MICHAEL PÖLLINGER, FLORIAN WARKEN, GUILLEM SAGUÉ, WOLFGANG ALT, DIETMAR HAUBRICH, DIETER MESCHÉDE, and ARNO RAUSCHENBEUTEL — Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstrasse 8, 53115 Bonn

Tapered optical fibers offer interesting perspectives for controlling and confining light fields. We have set up a fiber pulling device to fabricate ultrathin tapered fibers with low losses. In such fibers a considerable amount of the optical energy propagates in the evanescent field outside the fiber body. This field can be employed for a number of applications, ranging from atom traps to molecular spectroscopy.

Furthermore, we apply a focused CO_2 laser beam to microstructure the tapered fibers. Confinement of light in fiber-based whispering gallery mode resonators should become possible this way [1]. Special attention is paid to the minimization of losses due to impurities and surface roughness. Microresonator Q -factors in the range of $10^8 - 10^9$ should thus be

achievable.

Financial support by the DFG research unit 557 is gratefully acknowledged.

- [1] Y.Louyer, D.Meschede, and A.Rauschenbeutel, Phys.Rev.A **72**, 031801(R) (2005).

Q 37.3 Di 16:30 Labsaal

NOLM basierte, phasenerhaltende Signalregeneration — •KRISTIAN CVECEK¹, GERA ONISHCHUKOV¹, KLAUS SPONSEL¹, ARNE STRIEGLER², BERNHARD SCHMAUSS² und GERD LEUCHS¹ — ¹Institut für Optik, Information und Photonik, Universität Erlangen-Nürnberg — ²Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Universität Erlangen-Nürnberg

Es wird experimentell gezeigt, daß eine auf einem leicht modifizierten Faser-Sagnac Interferometer (NOLM)-basierende 2R-Amplitudenregeneration von phasenkodierten optischen Datenformaten, wie z. B. "Differential Phase Shift Keying" (DPSK) möglich ist, ohne daß die Phaseninformation der Daten verloren geht. Die Ergebnisse werden mit denen eines herkömmlichen NOLMs verglichen.

Q 37.4 Di 16:30 Labsaal

Atom Trapping and Cavity QED With Tapered Optical Fibers — •GUILLEM SAGUÉ¹, FLORIAN WARKEN¹, MICHAEL POELLINGER¹, EUGEN VETSCH¹, VICTOR BALYKIN², DIETMAR HAUBRICH¹, YANN LOUYER³, DIETER MESCHÉDE¹, and ARNO RAUSCHENBEUTEL¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Bonn — ²Institute for Spectroscopy, Troitsk, Moscow — ³Université Bordeaux I, Bordeaux

We plan to use microstructured tapered optical fibers to realize high Q micro-resonators. The resonator will be formed by a slight bulge on the fibre, this can be theoretically described using an adiabatic approximation which leads to analytical solutions of the wave function. In the radial direction whispering gallery modes are excited and along the resonator axis the light is trapped between two spatially well separated caustics with a resonantly enhanced field strength. Different modes can be selectively excited by coupling light in and out of the resonator at the respective caustic. The advantageous mode geometry opens interesting perspectives for confining and controlling light, for example a deterministic coupling of laser-trapped atoms to the modes in the resonator is conceivable. In order to achieve this goal we want to trap and guide neutral atoms along thin tapered optical fibers using a two-color evanescent light field around a sub-wavelength-diameter optical fibre. Theoretical calculations for such a system predict trap depths large enough to allow trapping of atoms cooled down to hundreds of micro-Kelvin.

Q 38 Quantengase IV

Zeit: Mittwoch 10:40–12:55

Raum: HVI

Q 38.1 Mi 10:40 HVI

Excitation spectrum of an expanding BEC in 1D — •ANTONIO NEGRETTI^{1,2} and CARSTEN HENKEL³ — ¹Dipartimento di Fisica, Universit\`a di Trento, Italy — ²ECT*, Villazzano, Italy — ³Institut für Physik, Universit\`at Potsdam, Germany

We discuss the expansion of a Bose-Einstein condensate in a quasi-one-dimensional waveguide. The initial state is defined by a harmonic confinement, and the cloud expands along one direction after the aspect ratio of the confinement is suddenly changed. We compute for each time the excitation spectrum of the cloud and find that among the lowest modes, complex eigenfrequencies occur when the atom-atom interactions are sufficiently strong. This is interpreted in terms of a disruption of phase coherence due to a differential expansion velocity that exceeds the

local speed of sound. A comparison to recent experiments with BECs expanding in 1D speckle potentials is made [1–3].

- \Zitat{1}{Cl\`ement, Varon, Hugbart, Retter, Bouyer, Sanchez-Palencia, Gangardt, Shlyapnikov, Aspect: Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 170409}
- \Zitat{2}{Fort, Fallani, Guarrera, Lye, Modugno, Wiersma, Inguscio: Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 170410}
- \Zitat{3}{Schulte, Drenkelforth, Kruse, Ertmer, Arlt, Sacha, Zakrzewski, Lewenstein: Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 170411}

Q 38.2 Mi 10:55 HVI

Collective resonance scattering from trapped BEC — •MICHAEL GRUPP, GERRIT NANDI, REINHOLD WALSER, and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm

Two-particle Feshbach resonances have gained tremendous importance in degenerate gases, as it becomes possible to actively control the mutual interaction between particles.

Moreover, in this contribution we consider Feshbach resonances as a collective phenomenon in a mesoscopic or even macroscopic BEC. We examined the collective scattering of a superfluid droplet impinging on a two-component BEC trapped by two finite-depth external potentials. Quasi-bound excitations embedded in the scattering continuum yield collective Feshbach resonances of the BEC. For weak perturbations we have computed the transmission spectrum by the linear response theory introduced by Bogoliubov.

[1] M. Grupp, G. Nandi, R. Walser, W. P. Schleich, cond-mat/0510734

[2] U. Poulsen, K. Mølmer, Phys. Rev. A **67**, 13610(2003)

[3] J. Brand, I. Häring, J. Rost, Phys. Rev. Lett. **91**, 070403(2003)

Q 38.3 Mi 11:10 HVI

Optische Gitter für bosonische und fermionische Quantengase — ●TIM ROM^{1,2}, THORSTEN BEST¹, ULRICH SCHNEIDER¹, DRIES VAN OOSTEN¹ und IMMANUEL BLOCH¹ — ¹Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz — ²Department für Physik, LMU München, 80799 München

Ultrakalte Quantengase in optischen Gittern haben in den letzten Jahren einen neuen experimentellen Zugang zu einer Vielzahl von Fragestellungen aus der Quantenoptik, der Quanteninformationsverarbeitung, der Vielteilchenphysik stark korrelierter Systeme und aus der Festkörperphysik eröffnet. Mit Hinblick auf die Festkörperphysik besteht ein großes Interesse, solche periodischen Lichtpotentiale nicht nur für bosonische, sondern auch fermionische Atome zu realisieren. Unter anderem können ultrakalte fermionische Atome in optischen Gittern, aufgrund der Vielzahl experimentell einstellbarer Parameter, als ein perfektes Modellsystem des Festkörpers – als "Quantensimulator" – eingesetzt werden. In unserer Gruppe wird ein optisches Gitter für entartete Quantengase von ⁸⁷Rb und ⁴⁰K aufgebaut. Es wird über den aktuellen Stand des Experimentes und erste Ergebnisse berichtet.

Q 38.4 Mi 11:25 HVI

Nonlinear Transport of Bose-Einstein Condensates Through Waveguides with Disorder — ●TOBIAS PAUL¹, NICOLAS PAVLOFF¹, PATRICIO LEBOEUF², KLAUS RICHTER², and PETER SCHLAGHECK¹ — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Regensburg — ²Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques, Université Paris Sud, Orsay

The coherent flow of a Bose-Einstein condensate in a disordered magnetic waveguide is investigated. We present analytical and numerical studies of realistic transport processes in quasi one-dimensional disorder potentials that are created on atom chips. We find that a repulsive interaction between the condensate atoms induces different transport regimes. For weak interactions we observe a stationary flow which shows typical signatures of localization; in this regime the transmission decreases exponentially with the length of the disorder region [1]. We identify a critical value for the interaction beyond which the system exhibits a transition towards a time-dependent flow with an algebraic decay of the time-averaged transmission. A comparison to a full three-dimensional simulation of the transport process through the disordered waveguide is finally presented.

[1] T.Paul, P.Lebouef, N.Pavloff, K.Richter, P.Schlagheck, cond-mat/0509446 (2005), accepted for publication in Phys. Rev. A

Q 38.5 Mi 11:40 HVI

Mean-Field Approach to the Superfluid-Bose Glass Transition — ●MATTHIAS TIMMER¹, PATRICK NAVEZ², AXEL PELSTER¹, and ROBERT GRAHAM¹ — ¹Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 5, 45117 Essen, Germany — ²Labo Vaste-Stoffysica en Magnetisme, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnlaan 200 D, B-3001 Heverlee, Belgium

We describe a dilute, weakly interacting Bose gas in presence of a strong δ -correlated disorder potential, thus improving the perturbational approach of Ref. [1]. To this end, we treat the disorder with the replica method and derive a Hartree-Fock-Bogoliubov mean-field theory which generalizes the Hartree-Fock theory recently developed in Ref. [2]. The resulting condensate and superfluid density depend on the strengths of the disorder and the two-particle interaction. In particular, we focus on the location of a quantum phase transition between a superfluid and a Bose glass phase at zero temperature for a finite value of the disorder strength.

[1] K. Huang and H.F. Meng, Phys. Rev. Lett. **69**, 644 (1992).

[2] R. Graham and A. Pelster, cond-mat/0508306.

Q 38.6 Mi 11:55 HVI

Quantenentartete Fermi-Bose Mischung aus ⁸⁷Rb und ⁴⁰K in optischen Gittern — ●CHRISTIAN OSPELKAUS, SILKE OSPELKAUS-SCHWARZER, MANUEL SUCCO, OLIVER WILLE, LEIF HUMBERT, PHILIPP ERNST, KLAUS SENGSTOCK und KAI BONGS — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Mischungen aus verdünnten fermionischen und bosonischen Atomen in optischen Gittern stellen Modellsysteme für festkörperphysikalische Fragestellungen dar, an denen u.a. theoretische Modelle von Hochtemperatursupraleitung getestet werden können. Wir stellen den am Institut für Laserphysik in Hamburg realisierten Aufbau zum Studium quantenentarteter Mischungen von ⁴⁰K und ⁸⁷Rb in dreidimensionalen optischen Gittern vor. Als Lichtquelle für das Gitter dient ein Yb:YAG Scheibenlaser bei 1.03 μm , der bis auf 20 kHz auf einen Referenzresonator stabilisiert ist. Wir haben ein Bose-Einstein-Kondensat in ein 3D optisches Gitter geladen und stellen Messungen der Bandstruktur zur Charakterisierung der Gittertiefe vor. In einer zweidimensionalen Gitterkonfiguration wurde eine quantenentartete Mischung in das Gitter geladen; bei hohen Dichten beobachten wir u.a. Heizeffekte im Gitter. Der aktuelle Stand des Experiments wird diskutiert.

Q 38.7 Mi 12:10 HVI

Feshbach molecules from an atomic Mott insulator — ●NIELS SYASSEN, THOMAS VOLZ, DOMINIK BAUER, EBERHARD HANSIS, STEPHAN DÜRR, and GERHARD REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Germany

Feshbach molecules from bosonic atomic species have proven to be very unstable with respect to inelastic collisions [1]. As a result, the typical lifetime observed for a cloud of ultracold ⁸⁷Rb₂ molecules stored in an optical dipole trap is limited to a few milliseconds.

Here, we report on the observation of long-lived Feshbach molecules in an optical lattice. A BEC of ⁸⁷Rb atoms is loaded into the lowest Bloch band of a 3D optical lattice operated at a wavelength of 830 nm. By ramping up the lattice depth, the atomic gas enters the Mott insulator regime. A magnetic-field ramp through the Feshbach resonance at 1007 G creates molecules [2]. Lattice sites initially occupied with more than 2 atoms experience fast inelastic collisional losses. The observed lifetime of the remaining molecules is ~ 100 ms, which is much longer than for a pure molecular sample in an optical dipole trap. Similar results have recently been reported in Ref. [3]. The increased lifetime is an important step on the route to a BEC of molecules in the vibrational ground state [4].

[1] T. Mukaiyama et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 180402 (2004)

[2] S. Dürr et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 020406 (2004)

[3] G. Thalhammer et al., cond-mat/0510755

[4] D. Jaksch et al., Phys. Rev. Lett. **89**, 040402 (2002)

Q 38.8 Mi 12:25 HVI

BEC under microgravity — ●GERRIT NANDI, ENDRE KAJARI, REINHOLD WALSER, and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, Germany

Targeting the long term goal of studying Bose-Einstein condensates (BECs) on a space platform, several groups currently focus on the implementation of a BEC experiment at the ZARM drop tower in Bremen, as well as the theoretical description of a BEC under microgravity [1],[2].

In this contribution, we theoretically study the free evolution of the full three dimensional Gross-Pitaevskii equation of a freely falling BEC. Moreover, a BEC with two internal states can be used as a coherent matter-wave interferometer [3]. We outline the prospects of corresponding experiments in the drop tower.

[1] A. Vogel et al., Conference proceedings "Quantum Mechanics for Space", Paris (2005)

[2] J. F. Dobson, Phys. Rev. Lett. **73**, 2244 (1994).

[3] M. Kasevich and S. Chu, Appl. Phys. B **54**, 321 (1992).

Q 38.9 Mi 12:40 HVI

Mean-field expansion in Bose-Einstein condensates with finite-range interactions — ●MICHAEL UHLMANN¹, RALF SCHÜTZHOLD¹, YAN XU¹, and UWE R. FISCHER² — ¹Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden — ²Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Theoretische Physik, Auf der Morgenstelle 14, D-72076 Tübingen

We present a formal derivation of the mean-field expansion for dilute Bose-Einstein condensates with two-particle interaction potential which

are weak and finite-range, but otherwise arbitrary. The expansion allows for a controlled investigation of the impact of the microscopic interaction details (e.g., the scaling behaviour) on the mean-field approach and the induced higher-order corrections beyond the s-wave scattering ap-

proximation. As an example, we calculate the quantum depletion in the presence of dipole-dipole interactions (in addition to the usual contact potential).

Q 39 Gruppenbericht Quanteninformation

Zeit: Mittwoch 10:40–11:10

Raum: HI

Gruppenbericht

Q 39.1 Mi 10:40 HI

Single Photons for Quantum Networks — •TATJANA WILK, SIMON WEBSTER, HOLGER SPECHT, AXEL KUHN, and GERHARD REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching

Recently, the storage of a single atom inside a high-finesse optical cavity for an average time of 17 s has been demonstrated [1]. Such atom-cavity systems with the ability to generate single photons [2] can form the nodes in a quantum network, where the photons act as flying qubits and couple or entangle distant nodes [3]. In order to do so the photons need to be mutually coherent and thus indistinguishable. We therefore have developed a new scheme for the generation of polarized single photons in a coupled atom-cavity system. Together with the cavity, a pump laser

drives Raman transitions between the $m_F = \pm 1$ Zeeman substates of the $F = 1$ hyperfine ground state of a single ^{87}Rb atom. This allows us to generate a stream of photons with alternating polarization. The mutual coherence of subsequent photons is characterized in a two-photon interference experiment [4], where their suitability for applications in quantum information processing such as linear optical quantum computing [5] is verified.

- [1] Nußmann et al. *Nature Physics* **1**, 122 (2005)
- [2] Kuhn et al. *Phys. Rev. Lett.* **89**, 67901 (2002)
- [3] Cabrillo et al. *Phys. Rev. A* **59**, 1025 (1999)
- [4] Legero et al. *Phys. Rev. Lett.* **93**, 70503 (2004)
- [5] Knill et al. *Nature* **409**, 46 (2001)

Q 40 Quanteninformation III

Zeit: Mittwoch 11:10–12:55

Raum: HI

Q 40.1 Mi 11:10 HI

Cleaning noisy photons via cross phase modulation — •MICHAEL NOCK — Universitätstrasse 10, 78457 Konstanz

Abstract We propose a scheme for a heralded generation of a pure single-photon state by post-processing the outputs of imperfect single-photon sources. The latter are modelled by mixtures of the single-photon Fock state $|1\rangle$ with the vacuum $|0\rangle$, i.e., $|\rho\rangle = p|1\rangle + (1-p)|0\rangle$ with p being the probability that the source has produced one photon. Our scheme is based on phase shifts induced by cross phase modulation (XPM) via the nonlinear optical Kerr effect. Recent progress in this area have led to the feasibility of huge phase shifts on the order of π even for light pulses of tiny energies corresponding to that of single photons. Given two imperfect inputs we achieve a success probability of $P_{\text{success}} = p^2 \sin^2(\phi/2)$ with ϕ being the phase shift due to XPM. The success probability can be enhanced to $P_{\text{success}} = p(1 - \exp[-\alpha^2])$ if one of the inputs is replaced by a strong coherent laser pulse, i.e., a coherent state $|\alpha\rangle$ with $|\alpha| \gg 1$. Combination of several apparatuses of this kind and allowing more inputs increases the success probability arbitrarily close to 1.

Q 40.2 Mi 11:25 HI

Experimental Atom-Photon Entanglement — •MARKUS WEBER¹, JÜRGEN VOLZ¹, WENJAMIN ROSENFELD¹, STEFAN BERNER¹, PETER KREBS¹, CHRISTIAN KURTSIEFER², and HARALD WEINFURTER^{1,3} — ¹Department für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München — ²Department of Physics, National University of Singapore — ³Max-Planck Institut für Quantenoptik, Garching

Entanglement between light and matter is a key resource for new applications in quantum communication and information forming the interface between atomic quantum memories and photonic quantum communication channels [1,2]. Especially for applications like quantum networks or the quantum repeater, atom-photon entanglement enables one to generate entanglement between atoms at remote locations [2,3].

Here we report the observation of high-fidelity entanglement between a single optically trapped ^{87}Rb atom and a single spontaneously emitted photon at a wavelength of 780 nm. To verify the entanglement we introduce a single atom state analysis. This technique is used for full state tomography of the atom-photon qubit-pair. The efficiency of the atomic state detection and the observed entanglement fidelity are high enough to allow in a next step the generation of entangled atoms at large distances, ready for a final loophole-free test of Bell's inequality.

- [1] B. Blinov et al., *Nature* **428**, 153 (2004).
- [2] J. Volz & M. Weber et al., arXiv:quant-ph/0511183, accepted for publication in *Phys. Rev. Lett.*

- [3] C. Simon et al., *Phys. Rev. Lett.* **91**, 110405 (2003).

Q 40.3 Mi 11:40 HI

Entropy and Quantum Kolmogorov Complexity: a Quantum Brudno's Theorem — •MARKUS MÜLLER¹, FABIO BENATTI², TYLL KRÜGER¹, RAINER SIEGMUND-SCHULTZE¹, and ARLETA SZKOLA¹ — ¹Technische Universität Berlin, Fakultät II - Mathematik und Naturwissenschaften, Institut für Mathematik MA 7-2, Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin — ²University of Trieste, Department of Theoretical Physics, Strada Costiera, 11, 34014 Trieste, Italy

In classical information theory, entropy rate and Kolmogorov complexity per symbol are related by a theorem of Brudno. We prove a quantum version of this theorem, connecting the von Neumann entropy rate and two notions of quantum algorithmic complexity, both based on the shortest qubit descriptions of qubit strings that, run by a universal quantum Turing machine, reproduce them as outputs.

Q 40.4 Mi 11:55 HI

Experimental Observation of the Four-Photon Entangled State $W_4^{(2)}$ — •CHRISTIAN SCHMID^{1,2}, NIKOLAI KIESEL^{1,2}, GEZA TOTH¹, ENRIQUE SOLANO^{1,3}, and HARALD WEINFURTER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching, Germany — ²Department für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität, D-80797 München, Germany — ³Sección Física, Dpto. de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú, Apartado 1761 Lima, Peru

The entanglement contained in bipartite quantum systems is quite well understood and can easily be quantified. In contrast multipartite quantum systems offer a rich structure of different classes of entanglement. Here it is an entitled question, not only, how strongly but also in particular in which way a quantum system is entangled. It is thus necessary to seek for new multi-qubit quantum states and to investigate their inherent properties in order to get a deeper understanding of multipartite entanglement as well as to find possible applications in quantum communication protocols. We present an experimental examination of a novel four-photon entangled state $W_4^{(2)}$ – a four-qubit Dicke state with two excitations. Besides its high entanglement persistency against photon loss it has the remarkable property of connecting the two inequivalent classes of genuine tripartite entanglement via von Neumann measurements on one photon. The state is observed in a simple experimental scheme which allows the accomplishment of a complete quantum state tomography yielding a high fidelity of 0.844 ± 0.008 . We further apply novel entanglement witness operators to verify the entanglement properties and discuss applications of the state for quantum telecloning.

Q 40.5 Mi 12:10 HI

A realistic quantum gate on an atom chip — ●PHILIPP TREUTLEIN¹, ANTONIO NEGRETTI², TOMMASO CALARCO², THEODOR W. HÄNSCH¹, and JAKOB REICHEL³ — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik and LMU München, Germany — ²ECT* and Università di Trento, Trento, Italy — ³Laboratoire Kastler Brossel de l'ENS, Paris, France

We propose a realistic scheme for a quantum gate on an atom chip and discuss the progress of our experiment towards its realization. In contrast to previous proposals [1], the qubit is encoded in two hyperfine states of ⁸⁷Rb with a very long coherence lifetime. The quantum phase gate is implemented by state-selective collisions of two qubit atoms in a state-selective potential. This scheme allows for gate operation times below one millisecond, more than three orders of magnitude shorter than the experimentally demonstrated coherence lifetime of the qubit [2]. A crucial role is played by microwave fields guided on the atom chip, which generate the state-selective potential for the atoms. We present a simulation of the gate performance in a realistic potential and show that high fidelity gate operations are possible, taking a large number of error sources into account. On the experimental side, we discuss the chip fabrication, show measurements of the propagation characteristics of the microwave guiding structures on the chip, and present the current status of our experiment.

[1] T. Calarco *et al.*, Phys. Rev. A **61**, 022304 (2000).

[2] Ph. Treutlein *et al.*, Phys. Rev. Lett. **92**, 203005 (2004).

Q 40.6 Mi 12:25 HI

Purifying and Reversible Physical Maps — ●MATTHIAS KLEINMANN, HERMANN KAMPERMANN, TIM MEYER, and DAGMAR BRUSS — Institut für Theoretische Physik III, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, D-40225 Düsseldorf, Germany

Q 41 Quanteneffekte IV

Zeit: Mittwoch 10:40–12:55

Q 41.1 Mi 10:40 HII

Characterising and manipulating the motion of a single ion — ●DANIEL ROTTER¹, FRANCOIS DUBIN¹, MANAS MUKHERJEE¹, CARLOS RUSSO¹, CHRISTOPH BECHER², JÜRGEN ESCHNER³, and RAINER BLATT^{1,4} — ¹Institut fuer Experimentalphysik, Universitaet Innsbruck — ²Universitaet des Saarlandes, Saarbruecken — ³ICFO - The Institute of Photonic Sciences, Spain — ⁴Institut fuer Quantenoptik und Quanteninformation, Oesterreichische Akademie der Wissenschaften, Austria

We observe the secular motion of a single Ba⁺ ion in a Paul trap over more than 6 orders of magnitude in time, allowing for quantitative characterisation and active manipulation of the motional state. The ion is continuously laser-excited at Doppler cooling conditions. A part of the resonance fluorescence is retro-reflected to create interference fringes [1], such that the ion's motion produces an amplitude modulation in the detected photocurrent ("self-homodyning"). Feedback control of amplitude and phase of a single vibrational mode has been achieved [2]. In the $g^{(2)}(\tau)$ correlation function [3], a beating between two oscillations at $\omega_x/2\pi \approx 1$ MHz and $\omega_y/2\pi \approx 1.2$ MHz is measured, which demonstrates long-time phase stability between the corresponding modes. The experimental data are in good agreement with a theoretical model.

[1] J. Eschner *et al.*, Nature **413**, 495 (2001)

[2] P. Bushev *et al.*, quant-ph/0509125

[3] V. Gomer *et al.*, Phys. Rev. A, **58**, R1657, (1998)

Q 41.2 Mi 10:55 HII

Correlations in s-Waves — ●RÜDIGER MACK and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm

One of the fundamental facts of quantum mechanics is the correlation between position and momentum. Wigner functions express the correlation in negative domains of phase space. This is a significant difference to classical phase space.

Investigating radial symmetric wave packets, we discovered an astonishing behaviour: One expects, that a freely propagating wave packet spreads due to different momenta contained in the packet. But instead of spreading, the wave shrinks on short time scales.

As a measure of the extend of the wave packet we take the average separation $\langle r \rangle$ of the s-wave from the origin. We find, that the effect of shrinking is limited to low dimensional systems, e.g. $D \leq 2$. We inves-

tigate different initial s-waves in order to enlarge this contraction effect. Moreover we address the question of the existence of an optimum wave function.

[1] M.Kleinmann, H. Kampermann, T.Meyer, and D. Bruß (2005), quant-ph/0509100.

Q 40.7 Mi 12:40 HI

Experimental Quantum Teleportation of A Complex System — ●Q. ZHANG^{1,2}, A. GOEBEL¹, C. WAGENKNECHT¹, Y.-A. CHEN¹, A. MAIR¹, and J.-W. PAN^{1,2} — ¹Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, Philosophenweg 12, 69120 Heidelberg, Germany — ²Hefei National Laboratory for Physical Sciences at Microscale and Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230026, China

We present the first experimental realization of quantum teleportation of a two-qubit system. In the experiment, we exploit a six-photon interferometer to teleport an arbitrary quantum state of two photons. The average fidelity of the teleported two-photon state is about $(70 \pm 3)\%$, which is well beyond the classical limit of 40% for optimal estimation of an unknown two-qubit state. The technology developed in the experiment is not only an important step to teleportation of complex systems, but also a critical ingredient for quantum communication and quantum computation networks.

Raum: HII

tigate different initial s-waves in order to enlarge this contraction effect. Moreover we address the question of the existence of an optimum wave function.

Q 41.3 Mi 11:10 HII

Decoherence and Classical Dynamics in Markovian Quantum Open Systems — ●OLIVIER BRODIER¹ and A. M. OZORIO DE ALMEIDA² — ¹M.P.I.P.K.S. Nothnitzer Str. 38 D-01187 DRESDEN GERMANY — ²C.B.P.F. Rua Xavier Sigaud, 150 22290-180 RIO DE JANEIRO BRASIL

We derive a semiclassical propagator for the characteristic function, that is the Fourier transform of the Weyl representation of the density operator, for a general Markovian open quantum system with linear coupling to environment.

The theory describes quantitatively how decoherence time strongly depends on local phase space structure of the system.

The case of a quadratic Hamiltonian is calculated exactly. The general case is treated semiclassically in a doubled phase space.

Q 41.4 Mi 11:25 HII

Quantum Theory of Light Emission from a Semiconductor Quantum-Dot — ●THOMAS FELDTMANN, LUKAS SCHNEEBELI, MACKILLO KIRA, and STEPHAN W. KOCH — Department of Physics and Materials Sciences Center, Philipps-University, Renthof 5, 35032 Marburg, Germany

A number of recent experiments have proven that spectrally isolated quantum dots are capable of emitting non-classical light. For example, pronounced antibunching effects can turn the dot into a source of single photons [1,2] or pairs of strongly correlated photons [3]. This truly quantum-mechanical behavior opens the door to future applications of quantum-dots in quantum cryptography as well as quantum computing and data storing.

Here, we present a fully quantized theory of light emission from a semiconductor quantum-dot. Coulomb interaction and light-matter coupling are treated consistently on the same level of sophistication. We use a cluster-expansion approach that can be extended to higher-order correlations so as to calculate the quantum statistics of emission.

[1] P. Michler *et al.*, Science **290**, 2282 (2000)

- [2] C. Santori et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 1502 (2001)
 [3] E. Moreau et al., Phys. Rev. Lett. **87**, 183601 (2001)

Q 41.5 Mi 11:40 HII

Signatures of the Unruh effect — ●RALF SCHUETZOLD — Technische Universität Dresden, Institut für Theoretische Physik, 01062 Dresden

With the ultra-high field strengths which may become available in the near future (via the compression of electromagnetic pulses), it might be possible to observe signatures of the Unruh effect from strongly accelerated electrons/positrons. After a short review of the main mechanism, the possibility of discriminating the photons created via the Unruh effect from purely classical radiation is discussed.

Q 41.6 Mi 11:55 HII

Statistical signatures of coherent back scattering of light — ●CARLOS VIVIESCAS¹, VYACHESLAV SCHATOKHIN², and ANDREAS BUCHLEITNER¹ — ¹Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Nöthnitzer Str. 38, D-01187 Dresden — ²B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus, Skaryna Ave. 70, BY-220072 Minsk

Using a nonperturbative approach, we study the imprint of coherent backscattering in the photocount statistics of laser light scattering on a cloud of cold atoms. In particular, also the contribution of inelastically scattered photons is accounted for, at higher intensities of the injected radiation.

Q 41.7 Mi 12:10 HII

The efficiency of quantum tweezers — ●BERND MOHRING¹, GIOVANNA MORIGI², ERIC LUTZ¹, and WOLFGANG P. SCHLEICH¹ — ¹Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm, Germany — ²Grup d'Optica, Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain

We investigate the efficiency of recent proposals [1,2] that have shown how atoms can be extracted on demand from a Bose-Einstein condensate. Such proposals use the selective coupling between the condensate and the ground state of a steep trap in the regime in which the many-body spectrum of the steep trap is spectrally resolved. We study the limitations introduced by coupling the condensate over a finite time in the regime where condensate excitations are not spectrally resolved.

- [1] R. B. Diener *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89**, 070401 (2002)
 [2] B. Mohring *et al.*, Phys. Rev. A **71**, 053601 (2005)

Q 41.8 Mi 12:25 HII

Universal Optical Amplification without a nonlinearity — ●METIN SABUNCU¹, VINCENT JOSSE¹, NICOLAS CERF², GERD LEUCHS¹, and ULRIK L. ANDERSEN¹ — ¹Institute of Optics, Information and Photonics (Max Planck Research Group), University of Erlangen-Nuremberg, Günther-Scharowsky-Str. 1, Bau 24, 91058 Erlangen, Germany — ²QUIC, Ecole Polytechnique, CP 165, Université Libre de Bruxelles, 1050 Bruxelles, Belgium

A phase insensitive amplifier is a device which isotropically amplifies a quantum state in phase space, independent of any relative phase apparent in the state. Common examples are the fibre amplifier, the parametric amplifier and the laser amplifier. These amplifiers require an efficient coupling of the signal to the amplifying medium via a nonlinear interaction making the realization highly intricate. We propose and realize a novel phase insensitive amplifier which consists of only linear optics, homodyne detectors and electro-optic feed forward. We show that with this setup we can in principle set any gain by just simply adjusting a beam splitting ratio and the feed forward gain accordingly. We performed experiments for a spectrum of different gains and verified that our amplifier saturates the fundamental limit given for phase-insensitive amplifiers especially in the low gain regime.

Q 41.9 Mi 12:40 HII

Zwei-Photon Optik — ●DANIEL SCHLENK¹ und HARALD WEINFURTER^{1,2} — ¹Department für Physik der LMU, München — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching

Bei der Zwei-Photonen Absorptions-Mikroskopie wird eine Probe mit einem stark fokussierten Laser abgetastet. Farbstoffe in der Probe werden über einen Zwei-Photonen Übergang angeregt, und die spontan emittierten Photonen zur Bildentstehung detektiert [1].

Mikroskopie mit impulsverschränkten Photonen ermöglicht eine Steigerung der Auflösung um den Faktor $\sqrt{2}$ im Vergleich zur Anregung mit einem Laser [2,3]. Die impulsverschränkten Photonen entstehen im Prinzip gleichzeitig bei der spontanen parametrischen Fluoreszenz, wodurch Zwei-Photonen Anregung bei einer um mehrere Größenordnungen kleineren mittleren Intensität möglich ist, und somit Schäden an biologischen Proben vermieden werden können.

In unserem Experiment werden verschränkte Photonen bei einer Wellenlänge von 702 nm mittels spontaner parametrischer Fluoreszenz erzeugt und mit einem standard Mikroskopobjektiv fokussiert. Erste Testmessungen zeigen die verbesserte Fokussierung des Zwei-Photonen Zustands.

- [1] W. Denk, J. H. Strickler, and W. W. Webb, Science **248**, 73 (1990).
 [2] M.C. Teich und B.E.A. Saleh, Cesk. Cas. Fyz **47**, 3-8 (1997).
 [3] M. B. Nasr et al., Phys. Rev. A **65**, 023816 (2002).

Q 42 Gruppenbericht Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik

Zeit: Mittwoch 10:40–11:10

Raum: HIV

Gruppenbericht

Q 42.1 Mi 10:40 HIV

Attosecond entanglement of protons and electrons in condensed matter: Neutron scattering in the eV and keV energy range — ●C. A. CHATZIDIMITRIOU-DREISMANN — Institut für Chemie, TU Berlin, D-10623 Berlin

Several experiments on liquid and solid samples containing protons show a striking shortfall in the intensity of epithermal neutrons scattered by the protons [1-3]. E.g., neutrons colliding with water for just attoseconds (as) will see a ratio of H to O of roughly 1.5 to 1, instead of 2 to 1 [1,3]. Due to the large energy and momentum transfers applied in these neutron Compton scattering (NCS) experiments, the duration of a neutron-proton scattering event is about 50-500 as. Recently [2,3] this effect has been confirmed using electron-proton Compton scattering (ECS)

from a solid polymer [2,3]. Very recently, neutron scattering from water in the incident energy range about 25-150 keV was reported [4]. The correct data treatment of these results exhibits a similar intensity shortfall from H (relative to D) of ca. 20%. Theoretical considerations (scattering from open quantum systems) support the presence of attosecond quantum entanglement in the dynamics of the protons and adjacent electrons. Note also that the time window of NCS and ECS is equal to the characteristic time of 'electron motion', so that the widely used Born-Oppenheimer approximation is not applicable here.

- [1] C. A. Chatzidimitriou-Dreismann et al., PRL **79**, 2839 (1997). [2] C. A. Chatzidimitriou-Dreismann et al. PRL **91**, 057403 (2003). [3] Cf.: *Physics Today*, sect. 'Physics Update', p. 9, Sept. 2003; *Scientific American*, p. 20, Oct. 2003. [4] R. Moreh et al., PRL **94**, 185301 (2005).

Q 43 Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik

Zeit: Mittwoch 11:10–12:40

Raum: HIV

Q 43.1 Mi 11:10 HIV

Adaptive zeitliche und räumliche Formung Hoher Harmonischer — ●CARSTEN WINTERFELDT, ALEXANDER PAULUS, THOMAS PFEIFER, ROBERT SPITZENPFEL, DOMINIK WALTER, GUSTAV GERBER und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany

Hohe Harmonische, erzeugt durch die hochgradig nichtlineare Wechselwirkung von ultrakurzen hochintensiven Femtosekunden-Laserpulsen mit Atomen oder Molekülen, weisen ein Spektrum mit regelmäßigen Peaks im weichen Röntgenbereich und typische Pulsdauern im Femtosekundenbereich auf. Durch geeignete Auswahl von Harmonischen lassen sich sogar Attosekundenpulse erzeugen. Andererseits sind für spektroskopische Anwendungen einzelne Harmonische mit Pulsdauern im Femtosekundenbereich gefordert.

Hier zeigen wir die Kontrolle über die Spektren Hoher Harmonischer sowohl durch zeitliche als auch räumliche Formung der erzeugenden Laserpulse. Wir erreichen Selektion und Unterdrückung einzelner oder mehrerer Harmonischer sowie eine Steigerung der Konversionseffizienz.

Mittels Kreuzkorrelation lassen sich Hohe Harmonische charakterisieren und deren Pulsdauer bestimmen.

Q 43.2 Mi 11:25 HIV

Thomson-Rückstreuung an Laser-beschleunigten Elektronen — ●HANS-PETER SCHLENOVOIGT, BEN LIESFELD, KAY-UWE AMTHOR, HEINRICH SCHWOERER und ROLAND SAUERBREY — Institut für Optik und Quantenelektronik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Wir präsentieren die erste Messung von Thomson-rückgestreuter Röntgenstrahlung an laser-beschleunigten relativistischen Elektronen mit einem kompakten, rein optischen Aufbau. Aus den experimentellen Daten wurden Elektronenspektren während der Beschleunigung mit einer Zeitauflösung von 100 fs berechnet.

Die Erzeugung ultrakurzer Elektronenpulse durch die Wechselwirkung eines intensiven Laserpulses ($I > 10^{19} \text{W/cm}^2$) mit einem Gasjet birgt Alternativen zu konventionellen Beschleunigern. Jedoch ist der Beschleunigungsprozess nur mit PIC-Simulationen modellierbar, und bisher konnten Elektronenspektren nur nach der Beschleunigung gemessen werden. Im verwendeten Aufbau wird ein zweiter Laserpuls an den Elektronen gestreut, während sie beschleunigt werden. Bei dieser Thomson-Rückstreuung entsteht Röntgenlicht, welches direkte Informationen über die Elektronenenergie zum Zeitpunkt der Wechselwirkung trägt.

Q 43.3 Mi 11:40 HIV

Paarproduktion durch Kollision zweier lasererzeugter Elektronenstrahlen — ●KERSTIN HAUPT¹, HANS-PETER SCHLENOVOIGT¹, BEN LIESFELD¹, KAY-UWE AMTHOR¹, MICHAEL BEHME¹, ALEXANDER DEBUS¹, HEINRICH SCHWOERER¹, ROLAND SAUERBREY¹, STEFAN BECKER², ULRICH SCHRAMM³ und DIETER HABS³ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching — ³Department für Physik der LMU München und Maier-Leibnitz-Laboratorium, Am Coulombwall 1, D-85748 Garching

Wir präsentieren einen Versuchsaufbau, in dem durch Kollision zweier lasererzeugter Elektronenpulse Teilchenpaare erzeugt werden. Es werden zwei hochintensive, gegenläufige Laserpulse in einen Gasjet fokussiert. Zwischen den Foki werden Elektronen durch die Laserpulse auf relativistische Energien beschleunigt und zur Kollision gebracht. Dabei entstehen e^+e^- -Paare, die vorwiegend in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung emittiert werden. Um die Reaktionsrate zu messen, wurde ein Aufbau konstruiert und getestet, der die Positronen mittels permanenter magnetischer Felder aus dem Reaktionsbereich herauslenkt und auf einen Detektor führt. Über den bekannten Wirkungsquerschnitt kann daraus die Luminosität der kollidierenden Elektronenstrahlen bestimmt werden, woraus man die Radien der Elektronenpulse im Gasjet ermitteln kann. Darüber hinaus können Vorhersagen zur Produktion anderer kurzlebiger, exotischer Teilchenpaare gemacht werden.

Q 43.4 Mi 11:55 HIV

Quasi-monoenergetische Protonenstrahlen mit Laser-Plasma-Beschleunigern — ●O. JÄCKEL¹, H. SCHWOERER¹, S. PFOTENHAUER¹, K.-U. AMTHOR¹, B. LIESFELD¹, W. ZIEGLER¹, R. SAUERBREY¹, K. LEDINGHAM^{1,2} und T. ESIRKEPOV³ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ²Department of Physics, University of Strachclyde Glasgow — ³KansaiResearch Establishment, JAERI, Kyoto

Mit modernen Hochintensitätslasern sind Teilchenbeschleuniger realisierbar. Positioniert man eine dünne Metallfolie direkt im Fokus des Lasers, werden Elektronen durch das Target beschleunigt und bauen an der Rückseite ein quasi-statisches elektrisches Feld auf, welches wiederum die dort vorhandenen Ionen beschleunigt. Dieser Prozess – als TNSA bezeichnet – resultiert in exponentiellen Ionenspektren.

Die Produktion quasi-monoenergetischer Protonenspektren mit Hilfe von Laser-Plasma-Beschleunigern konnte nun erstmals experimentell gezeigt werden. Die Targets werden auf ihrer Rückseite mit kleinen Punkten protonenreichen Materials versehen. Positioniert man diese Dots genau gegenüber des Laserfokus – eine fluoreszenzoptische Beobachtung gewährleistet diese Justage – wird der TNSA-Mechanismus so manipuliert, dass alle Protonen im selben elektrischen Feld beschleunigt werden. Auf diese Weise erhält man quasi-monoenergetische Protonenspektren einer Energie von 1,2 MeV bei einer relativen Breite von 25%.

Skalierungsrechnungen und Simulationen zeigen, dass schon mit der nächsten Generation von table-top Lasern interessante Anwendungen wie zum Beispiel Protonenstrahltherapie in der Onkologie möglich wird.

Q 43.5 Mi 12:10 HIV

Femtosecond electron pulses from ultrasharp field emitters — ●PETER HOMMELHOFF, CATHERINE KEALHOFER, and MARK KASEVICH — Physics Department, Stanford University, Stanford, California, USA

We focus sub-8fs nanojoule laser pulses with a repetition rate of 150 MHz onto ultrasharp field emitters. The electric field at the tip reaches GV/m, enabling optical field emission (modulation of the tunnel barrier). At low power we observe photofield emission (excitation of electron and subsequent tunneling). Both processes are prompt. Electrons are emitted from a nanometer sized region on the tip apex into an electron beam with an opening angle of the order of 10° , enabling for a high brightness femtosecond electron source. We use the tip as a non-linear detector to measure interferometric laser pulse autocorrelation traces right in the photoelectron current. The non-linearity is tunable via the DC voltage applied to the tip and reaches peak-to-baseline ratios of more than 20 (this ratio is 8 for a doubling crystal autocorrelator). We discuss advanced emitters such as single-atom tips and carbon nanotubes and applications of these emitters as novel electron sources and sensors.

Q 43.6 Mi 12:25 HIV

Quantenkontrolle in intensiven Laserfeldern: selektiv, abstimmbare und ultraschnell — ●MATTHIAS WOLLENHAUPT, TIM BAYER, ANDREAS PRÄKELT, CRISTIAN SARPE-TUDORAN und THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Intensive phasenmodulierte femtosekunden Laserfelder ermöglichen neuartige Quantenkontrollenszenarien aufgrund ihrer Kohärenz und der AC Starkverschiebung von einigen hundert meV während der Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld. An atomarem Kalium wurde kürzlich ein Starkfeldkontrollschema basierend auf der selektiven Besetzung einzelner bekleideter Zustände (Selective Population of Dressed States, SPODS) demonstriert. In den Experimenten wird die Selektivität der Besetzung eines bekleideten Zustandes von über 85% erreicht, die mit Hilfe adaptiver Methoden noch gesteigert werden konnte [1]. Die Abstimbarkeit der "bekleideten" Resonanzen von bis zu 250 meV ermöglicht unterschiedliche Endzustände selektiv zu besetzen. Das Schalten zwischen verschiedenen Endkanälen erfolgt innerhalb weniger Femtosekunden. Unterschiedliche Pulsformen ermöglichen verschiedenartige physikalische Mechanismen (z.B. Photon Locking oder RAP) um SPODS zu realisieren. Aufgrund dieser Eigenschaften ist SPODS für Anwendungen im Bereich der Kontrolle chemischer Reaktionen geeignet. Wellenpaketsimulationen zeigen, dass Hilfe von SPODS-Pulsen selektive Besetzung unterschiedlicher Endzustände an Kaliumdimeren mit einer Effektivität von 80% erreicht wird.

[1] Wollenhaupt et al., J. Opt. B **7** (2005) S270 - S276

Q 44 Gruppenbericht Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen

Zeit: Mittwoch 10:40–11:10

Raum: H14

Gruppenbericht

Q 44.1 Mi 10:40 H14

Quetschlichtquellen für die Laserinterferometrie und für die Quanteninformation — ●ROMAN SCHNABEL, SIMON CHELKOWSKI, ALEXANDER FRANZEN, BORIS HAGE, HENNING VAHLBRUCH, NICO LASTZKA, MORITZ MEHMET, JAMES DIGUGLIELMO und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover

Gequetschtes Licht (squeezed light) wurde erstmals 1985 von Slusher et al. demonstriert. Seitdem sind viele Vorschläge diskutiert worden, wie gequetschtes Licht in der Laserinterferometrie und in der Quanteninfor-

mation eingesetzt werden kann. Wir betreiben zur Zeit vier optisch parametrische Oszillatoren (OPOs) und Verstärker (OPAs) zur Erzeugung von gequetschtem Licht. In diesem Beitrag wird eine Charakterisierung unserer nichtklassischen Lichtquellen präsentiert, sowie einen Überblick darüber gegeben, wie die Eigenschaften gequetschter Felder manipuliert und für die Anwendung in Gravitationswelleninterferometern optimiert werden können. Es wird diskutiert, wie Quetschlichtquellen in Zukunft weiter verbessert werden können und insbesondere für die Quanteninformation phasendiffundierte gequetschte Zustände "purifiziert" werden können.

Q 45 Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen I

Zeit: Mittwoch 11:10–12:40

Raum: H14

Erzeugung durchstimmbarer fs Laserpulse mit einem MHz OPA

Q 45.1 Mi 11:10 H14

— ●ANDY STEINMANN, ALEXANDER KILLI, GUIDO PALMER und UWE MORGNER — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover

Wir präsentieren einen optisch parametrischen Verstärker (OPA), der direkt mit einem Femtosekundenoszillator gepumpt wird. Im Vergleich zu konventionellen OPAs, die mit Verstärkersystemen gepumpt werden, ist dieses System deutlich einfacher aufgebaut und ermöglicht es, Replikationsraten von 1 MHz zu erzielen.

Als Pumpquelle für den parametrischen Prozess dient ein diodengepumpter Yb:KYW Laser mit Cavity-Dumping und Mikrojoule Pulsenergie. Damit wird in Saphir ein Weißlicht-Seed erzeugt, wofür die Spitzenintensität zunächst durch ein Pulscompressionsverfahren erhöht wird.

Der durch die Verdoppelte gepumpte OPA emittiert Pulse einer Energie von 30 nJ bei einer Pulsdauer von 16 fs. Die Wellenlänge ist durchstimmbare im Bereich von 0,65 μm - 2,5 μm (Signal + Idler).

Q 45.2 Mi 11:25 H14

Nichtgaußsche Zustände durch optisch parametrische Oszillation — ●NICO LASTZKA¹, NICOLAI GROSSE², BORIS HAGE¹, KARSTEN DANZMANN¹ und ROMAN SCHNABEL¹ — ¹Albert-Einstein-Institut Hannover — ²Quantum Optics Group, Department of Physics, Faculty of Science, The Australian National University

Die quantenmechanischen Gleichungen, welche sowohl die Erzeugung der zweiten Harmonischen, als auch die optisch parametrische Oszillation bzw. Verstärkung in einem nichtlinearen Medium beschreiben, sind in dem Fall der Linearisierung der Rauschterme gut verstanden. Aus ihnen erhält man als Resultat zum Einen das Quetschen der Fundamentalen im Falle der OPO/ OPA, als auch der Harmonischen im Falle der Frequenzverdopplung ("SHG-Squeezing"), zum Anderen erhält man Verschränkung von Fundamentalem und Harmonischem Feld. Wir haben untersucht, ob mit OPO unterhalb der Schwelle, quantenmechanische Zustände erzeugt werden können, die einer nichtgaußschen Statistik folgen. Dazu wurden in den Gleichungen nichtlineare Rauschterme berücksichtigt, welche eine Entleerung des Pumpfeldes beschreiben.

Q 45.3 Mi 11:40 H14

Indirekte Erzeugung von Femtosekunden-Impulssequenzen im Ultraviolett — ●PATRICK NUERNBERGER, GERHARD VOGT, REIMER SELLE, SUSANNE FECHNER, TOBIAS BRIXNER und GUSTAV GERBER — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany

Wir setzen einen 128-Pixel Flüssigkristall-Impulsformer ein, um variierebare Pulssequenzen von einem Titan-Saphir-Femtosekundenlasersystem bei einer Zentralwellenlänge von 800 nm zu erzeugen. Durch Anlegen von dreieckförmigen spektralen Phasenmustern ist es möglich, Impulsfolgen zu generieren, deren Gesamtspektrum unverändert bleibt, aber deren Einzelimpulse aus unterschiedlichen spektralen Komponenten bestehen.

Des weiteren benutzen wir nichtlineare optische Kristalle, um die Impulsform dieser Sequenzen nach Frequenzkonversion zu untersuchen. Unsere Experimente zeigen, dass die Fähigkeit, spektral zwischen den Einzelpulsen zu unterscheiden, nicht verloren geht. Diese Beobachtungen werden durch Messungen von Kreuzkorrelationen und XFROG (cross-correlation frequency resolved optical gating) mit einem un-

modulierten Referenzimpuls belegt. Zum Vergleich werden Simulationen herangezogen, darüber hinaus werden vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten, etwa in der Spektroskopie, diskutiert.

Q 45.4 Mi 11:55 H14

Frequenzvervierfachung eines Ytterbium:YAG Scheibenlasers — ●MARTIN SCHEID¹, JIAYU WANG², FRANK MARKERT¹, JOCHEN WALZ¹ und T.W. HÄNSCH^{3,4} — ¹Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — ²ELS Elektronik Laser System GmbH, 64401 Gross-Bieberau, Germany — ³Ludwig-Maximilians-Universität München, 80795 München, Germany — ⁴Max-Planck-Institut für Quantenoptik, 85748 Garching, Germany

Zur effektiven Laserkühlung von Anti-Wasserstoff wird kontinuierliche, kohärente Lyman- α Strahlung bei 121.6 nm benötigt. Zur Produktion dieser VUV-Strahlung wird ein Vierwellenmischprozess in Quecksilberdampf genutzt. Unter anderem wird dazu Strahlung nahe des $6^1S - 6^3P$ Übergangs in Quecksilber bei 253,7 nm benötigt. In diesem Vortrag wird die Herstellung dieser UV-Strahlung mittels Vervierfachung der Strahlung eines Ytterbium:YAG Scheibenlasers mit 1014,8 nm in zwei externen Resonatoren vorgestellt. Beide Resonatoren sind Bow-Tie Ringresonatoren und es wird Typ-I Phasen Anpassung verwendet. Die erste Verdopplung findet in einem Temperaturphasenangepassten LBO-Kristall statt, die zweite in einem Winkelphasenangepassten BBO-Kristall.

Q 45.5 Mi 12:10 H14

Dynamics of counterpropagating spatial solitons in photorefractive crystals — ●SEBASTIAN KOKE¹, PHILIP JANDER¹, TILL FRANK², and CORNELIA DENZ¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster, Germany — ²Institut für Theoretische Physik, Wilhelm-Klemm-Str. 9, 48149 Münster, Germany

Spatial optical solitons play a key role for the development of future adaptive optical communication devices. They occur when diffraction is compensated for an appropriate nonlinear variation of the refractive index, which can for example be achieved by means of the photorefractive nonlinearity.

In switching and coupling devices one will encounter not only copropagating but also counterpropagating solitons. In contrast to copropagating solitons which only show transient dynamics, counterpropagating solitons display rich temporal dynamics. This is due to a longitudinal instability mediated by feedback inherent in this configuration. Such dynamic behaviour depends on the length of the nonlinear medium and varies from non-oscillating to regular and irregular oscillations [1].

In this talk we present an in-depth investigation of irregular dynamics displayed by counterpropagating solitons in a photorefractive medium. In addition, we show experimental and numerical examples of controlling undesired oscillations by means of an additional periodic refractive index modulation.

[1] Ph. Jander, et al., Opt. Lett. 30, 750–752 (2005)

Q 45.6 Mi 12:25 H14

Optimization of a picosecond-pumped source of polarization entangled photons based on spontaneous parametric down conversion intended for investigations in quantum communication — ●MARTIN OSTERMEYER, SEBASTIAN BANGE, and NINO WALENTA — Universität Potsdam, Institut für Physik, 14469 Potsdam

A source of entangled photons generated by spontaneous parametric down-conversion was set up. This was achieved by pumping a BBO crystal with pulses of 8 ps duration at 355 nm. Conceptual aspects in the setup of the source for applications in quantum communication are addressed. For example an increase of the S-parameter in a CHSH type Bell equation from 2.489 to 2.681 resulted by the application of single mode instead of multi mode fiber coupling for the single photon detectors. Problematic aspects of such a source for protocols in quantum cryptography using entangled photon pairs in specific are considered. Especially higher order terms some times addressed as stimulated emission of en-

tangled photons are considered in our ultra short pulse pumped regime. The distribution of the probability of the number of these pairs per pulse follows a poisson-like distribution.

The interference of the photons at a non-polarizing beam splitter as a first building block of a quantum cryptography protocol using entangled photons is realized and investigated under multimode and single mode coupling of the detectors. The required precision in the path length difference of the two photons is discussed with regard to the bandwidth of the source.

Q 46 Symposium Photonic Crystals

Zeit: Mittwoch 14:00–17:30

Raum: HV

Siehe Programmbereich SYPC.

Q 47 Photonische Kristalle III

Zeit: Mittwoch 17:30–18:30

Raum: HV

Q 47.1 Mi 17:30 HV

Superfocusing of scanning beams — ●ANTON HUSAKOU and JOACHIM HERRMANN — Max Born Institute, Max Born Str. 2a, 12489 Berlin, Germany

Overcoming the diffraction limit $\lambda/2$ of light focusing is of great importance in numerous fields. Although it can be done by near-field methods, they suffer from the required subwavelength proximity between a moving near-field element and an object. Here, we study a method to achieve subdiffraction focusing of a scanning beam without subwavelength spatial control. This method is based on the suggestion that evanescent waves can be amplified by a slab of a negative-refraction material, as confirmed by extensive theoretical and experimental work using metamaterials or photonic crystals. We have recently shown that it is possible to focus a light beam below the diffraction limit by using an element which creates seed evanescent waves, and a material with negative refraction, such as a photonic crystal, to amplify them and to form a subdiffraction spot (superfocusing). To achieve focusing of a *scanning* light beam to an arbitrary position, we need a light-controlled nonlinear element for the creation of seed evanescent components. Here we evaluate Kerr-like nonlinear materials as such elements, placed before the layer of a negative-refraction material. The calculations are performed both with effective-medium theory appropriate for metamaterials and by numerically solving Maxwell equations for a photonic crystal. We predict that subdiffraction focusing in the range of 0.2λ is achievable.

Q 47.2 Mi 17:45 HV

Photonic Crystal Lens — ●PShENAY-SEVERIN EKATERINA¹, CHIH-CHANG CHEN², THOMAS PERTSCH¹, MARKUS AUGUSTIN¹, ARKADI CHIPOULINE¹, and ANDREAS TÜNNERMANN^{1,3} — ¹ZIK Ultraoptics, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institute of Applied Physics, Max-Wien-Platz 1, D-07743, Jena, Germany — ²National Central University, Taiwan — ³Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Jena

One of the problems existing in the application of Photonic Crystals (PCs) is the coupling of light into Photonic Crystal Wave Guides (PCWG). We propose a method for Photonic Crystal waveguide coupling using a Photonic Crystal lens. The PC lens consists of a photonic crystal with gradually varying radii of the air holes. Similar to a normal lens, the PC lens focuses a parallel beam into a spot. However, the PC lens structure is much more compact and structurally compatible with PCWGs. We propose a method to optimize the parameters of a PC lens based on an effective refraction index approach. Based on optimized lens designs we demonstrate efficient coupling into a Photonic Crystal waveguide. The results are compared with existing taper couplers and a considerable shortening of the coupling device is demonstrated. Details of ongoing experimental realization based on low-index photonic crystals are discussed [1].

[1] R. Iliew, C. Etrich, U. Peschel, F. Lederer, M. Augustin, H.-J. Fuchs, D. Schelle, E.-B. Kley, S. Nolte, and A. Tünnermann, Appl. Phys. Lett. 85, 5854-5856 (2004).

Q 47.3 Mi 18:00 HV

Geometrical Freedom for Negative Refraction-based Photonic Crystal Lenses — ●JOZEF HAVRAN¹, JAVAD ZARBAKSH^{1,2}, and KURT HINGERL¹ — ¹Christian Doppler Lab, Halbleiter und Festkörperphysik, Johannes Kepler Universität Linz, Altenberger Str 69, A-4040 Linz, Austria — ²Institut fuer Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe, 76128 Karlsruhe, Germany

Photonic band-gap materials are artificial structures with spatial variation of permittivity. Periodicity has been considered as an essential requirement for the formation of a photonic band gap. Investigations on photonic quasi-crystals, curvilinear photonic crystals, and circular photonic crystals (CPC) have changed this view. The negative refraction can be seen over a wide range of size changes in period array of air holes in Silicon wafers.

We calculate the geometrical freedom contour plot (GFPC) for Negative refraction by means of finite-difference time-domain simulations in order to determine the negative refraction range for different Period/Radius pairs. We present to which extent PC structures are flexible - still preserving negative refraction with favorable transmission. A goal function is defined to describe the rate of negative refraction. It is shown that GFPC can help us to design curvilinear PC lenses. The curvilinear negative refraction lens can focus electromagnetic waves better than PC flat lenses. We analyze the focusing effect theoretically and optimize the shape of lens in order to minimize the losses.

Q 47.4 Mi 18:15 HV

Design of all-optical spatial beam switches using the superprism effect in one-dimensional photonic nanostructures — ●FELIX GLÖCKLER, SABINE PETERS, MARTINA GERKEN, and ULI LEMMER — Lichttechnisches Institut, Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe

Photonic crystal superprism structures exhibit a rapid change in the group propagation direction with wavelength. For a fixed wavelength, a small change of the refractive index in such a superprism structure also results in a rapid change in the group propagation direction. We investigate the implementation of an all-optical switching device using a multilayer one-dimensional photonic crystal with coupled defects (cavities). As the active medium we integrate optically nonlinear polymer layers into the structure, since organic polymer materials show large nonlinear effects and fast switching times. This device will allow the switching of an incident laser beam to one of several output positions by variation of the optical pump intensity. The proper design of the layer structure is a key component for optimizing the performance of the device. We present and compare different designs based on coupled cavities. The active layer can be placed inside the cavities or it can serve as a coupling layer between two cavities. Both approaches are evaluated with respect to performance parameters such as switching energy and necessary number of layers.

Q 48 Gruppenberichte Quantengase

Zeit: Mittwoch 14:00–15:00

Raum: HVI

Gruppenbericht

Q 48.1 Mi 14:00 HVI

Matter-wave interferometry on an atom chip using radio-frequency induced adiabatic potentials — •SEBASTIAN HOFFERBERTH¹, THORSTEN SCHUMM², IGOR LESANOVSKY¹, PETER KRÜGER³, L. MAURITZ ANDERSSON⁴, STEPHAN WILDERMUTH¹, BETTINA FISCHER¹, JOSE VERDU¹, and JÖRG SCHMIEDMAYER¹ — ¹Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, D-69120 Heidelberg, Germany — ²Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, UMR 8105 du CNRS, F-91403 Orsay, France — ³Laboratoire Kastler Brossel, École Normale Supérieure, 24 Rue Lhomond, F-75005 Paris, France — ⁴Department of Microelectronics and Information Technology, The Royal Institute of Technology, SE-164 40, Kista, Sweden

We describe the implementation of Radio-frequency (RF) induced adiabatic potentials as a new tool for creating complex trapping potentials for neutral atoms on scales orders of magnitude smaller than the atom chip structures. Together with our nanofabricated atom chips with exceptionally small disorder potentials this allows the realization of a coherent atom chip beam splitter for trapped Bose-Einstein condensates. We study the coherent quantum evolution throughout the splitting process in detail. The enhanced flexibility of RF induced potentials allow the implementation of novel trapping configurations, such as ring and cylinder shaped 1d and 2d potentials or a Mach-Zehnder interferometer. Their realization, utilizing simple and highly integrated wire geometries and experimental implementations are presented.

[1] T. Schumm et al., Nature Physics 1, 57, (2005). [2] I. Lesanovsky et al., arXiv:quant-ph/0510076.

Der ausgedehnte freie Fall bietet neuartige Möglichkeiten, um die nicht-klassische Natur kondensierter Quantensysteme zu untersuchen. Die Schwerelosigkeit sollte den Weg zu deutlich tieferen Temperaturen dank der Möglichkeit der vollständigen adiabatischen Expansion eröffnen. Außerdem erlaubt dies eine kohärente Entwicklung des Kondensats im Sekundenbereich.

Im Vortrag soll der aktuelle Status des Projektes vorgestellt werden. Das Experiment ist bereits vollständig in die Fallkapsel integriert und kann autark ablaufen. Beschrieben wird neben dem Aufbau auch die Ladeprozedur der Atome. Diese werden aus dem Hintergrundgas sequentiell in 2 magnetooptische Fallen geladen, aus der sie in die Magnetfalle transferiert werden. Zum Einsatz kommt ein Atomchip, der die notwendigen Magnetfelder generiert.

Das Projekt ist finanziert mit Mitteln des DLR (DLR 50 WM 0346)

Gruppenbericht

Q 48.2 Mi 14:30 HVI

BEC unter Schwerelosigkeit — •TIM VAN ZOEST¹, ERNST MARIA RASEL¹, WOLFGANG ERTMER¹, ANIKA VOGEL², SVEN WILDFANG², KAI BONGS², KLAUS SENGSTOCK², TILO STEINMETZ³, JAKOB REICHEL³, THEODOR HÄNSCH³, WOJCIECH LEWOCZKO⁴, ACHIM PETERS⁴, REINHOLD WALSER⁵, GERRIT NANDI⁵, WOLFGANG SCHLEICH⁵, THORBEN KÖNEMANN⁶, PETER PRENGEL⁶, WIEBKE BRINKMANN⁶, CLAU LÄMMERZAHL⁶ und HANS-JÖRG DITTUS⁶ — ¹Institut für Quantenoptik, Universität Hannover — ²Inst. f. Laserphysik, Universität Hamburg — ³Max-Planck-Institut f. Quantenoptik, München — ⁴Alexander von Humboldt Universität Berlin — ⁵Abt. f. Quantenphysik, Universität Ulm — ⁶ZARM, Universität Bremen

Q 49 Quantengase V

Zeit: Mittwoch 15:00–18:15

Raum: HVI

Q 49.1 Mi 15:00 HVI

BEC-Chip — •ANDREAS GÜNTHER, SEBASTIAN KRAFT, CLAU ZIMMERMANN und JÓZSEF FORTÁGH — Physikalisches Institut der Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

Mittels eines mikrostrukturierten Chips erzeugen wir ein magnetisches Gitterpotential mit einer Periode von $4\mu\text{m}$ und beobachten an diesem Potential die Beugung eines Kondensats. Das Gitter erlaubt es, eine definierte periodische Phase auf die makroskopische Wellenfunktion des Kondensates zu prägen. Diese Phasenmodulation führt während der ballistischen Expansion des Kondensats zur Ausbildung eines charakteristischen Beugungsprofils. Wir beobachten Beugung bis zur 5. Ordnung, sowie Interferenzen zwischen den verschiedenen Beugungsordnungen. Die Phasenkohärenz der gebeugten Kondensate wird nachgewiesen.

Q 49.2 Mi 15:15 HVI

Collective Dynamics in Coupled Josephson Junctions — •REINHOLD WALSER, OLIVER CRASSER, KARL VOGEL, and WOLFGANG P. SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, Germany

Phase coherent coupled systems appear throughout general physics. From the pendulum chain of classical mechanics [1] to Josephson junction arrays in solid state physics [2,3] and Bose-Einstein condensates [4], one does find the same phenomenology described by the well known sine-Gordon equation.

In this contribution, first, we present a simple mean-field picture of the

dynamics of a coupled Josephson junction. Second, we will extend these principles to an examination of the effects of quantum fluctuations. In particular, we will compare two approaches to macroscopic quantum tunneling between two classically distinguishable and energetically degenerate field configurations. Possible applications to atomic Bose-Einstein condensates are discussed.

[1] F. Scheck, *Mechanik*, Springer Verlag (1996).

[2] A. Barone and G. Paterno, *Physics and Application of the Josephson Effect*, Wiley Interscience, (1982).

[3] E. Goldobin et al, Phys. Rev. B, **72**, 054527 (2005).

[4] F. Cataliotti et al., Science, **293**, 843 (2001).

Q 49.3 Mi 15:30 HVI

Correspondence of mean-field and many-particle dynamics for a Bose-Einstein condensate in a double-/triple-well trap — •DIRK WITTHAUT, EVA-MARIA GRAEFE, and HANS JÜRGEN KORSCH — TU Kaiserslautern, FB Physik, D-67653 Kaiserslautern

We discuss the relation between the quantum many-particle and the mean-field dynamics for two- and three-level systems, modelling the dynamics of a Bose-Einstein condensate in a double- or triple-well trap. The mean-field dynamics of a driven two-state system and a three-state system is classically chaotic, which is reflected in the level statistics of the corresponding many-particle system. Furthermore we analyze the Landau-Zener problem in the mean-field approximation as well as for the many-particle dynamics. Approaches towards a generalized Landau-

Zener formula are presented.

Q 49.4 Mi 15:45 HVI

Dynamics and coherent control of a nonlinear three-level quantum system: Nonlinear eigenstates, Landau-Zener models and STIRAP — ●EVA-MARIA GRAEFE, DIRK WITTHAUT, and HANS-JÜRGEN KORSCH — Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Physik, Erwin-Schroedingerstr., D-67653 Kaiserslautern

We investigate the eigenstates and the dynamics of a Bose-Einstein condensate (BEC) in a triple-well trap in a three-level mean-field approximation. New nonlinear eigenstates emerge and disappear when the parameters are varied. This can lead to a breakdown of adiabaticity. The dynamical implications of this loss of adiabaticity are analyzed for various Landau-Zener-type models. We study the resulting novel crossing scenarios such as (self-intersecting) loops and beak-to-beak crossings, the corresponding catastrophe sets and the effects on the nonlinear Zener tunneling probability. Furthermore we generalize the STIRAP scheme for adiabatic coherent population transfer between atomic states to the nonlinear case. It is shown that STIRAP breaks down if the nonlinearity exceeds the detuning.

— 30 min. Pause —

Q 49.5 Mi 16:30 HVI

Splitting and merging an elongated Bose condensate at finite temperature — ●ALEM MEBRAHTU¹, ANNA SANPERA^{1,2}, and MACIEJ LEWENSTEIN^{1,3} — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Hannover, Hannover, Germany — ²Grup de Física Teòrica, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra, Spain — ³ICFO-Institut de Ciències Fotòniques, E-08034 Barcelona, Spain

We analyze coherence effects during the splitting of a quasi one-dimensional condensate into two spatially separated ones and their subsequent merging into a single condensate. Our analysis takes into account finite temperature effects, where phase fluctuations play an important role. We show that, at zero temperature, the two split condensates can be merged into a single one with a negligible phase difference. By increasing temperature to a finite value below the critical point for condensation (T_c), i.e., $0 \leq T/T_c < 1$, a considerable enhancement of phase and density fluctuations during the process of splitting and merging appears. Our results show that if the process of splitting and merging is sufficiently adiabatic, the whole process is quite insensitive to phase fluctuations and even at high temperatures, a single condensate can be produced.

Q 49.6 Mi 16:45 HVI

Ein kompaktes Lasersystem zur Erzeugung eines Bose-Einstein-Kondensats unter Schwerelosigkeit — ●WOJCIECH LEWOCZKO-ADAMCZYK¹, THILO SCHULDT¹, MALTE SCHMIDT¹, ACHIM PETERS¹, ANIKA VOGEL², SVEN WILDFANG², KLAUS SENGSTOCK² und KAI BONGS² — ¹Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Physik, AG Quantenoptik und Metrologie, Hausvogteiplatz 5-7, 10-117 Berlin — ²Universität Hamburg, Institut für Laserphysik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Innerhalb einer deutschlandweiten Zusammenarbeit wird ein Pilotprojekt zur Erzeugung und Untersuchung eines Bose-Einstein-Kondensats (BEC) unter Schwerelosigkeit realisiert. Eine erfolgreiche Umsetzung des Projektes eröffnet ein innovatives Forschungsgebiet - degenerierte Quantengase bei ultratiefen, bislang noch nicht erreichten Temperaturen im pK-Bereich mit wesentlich verlängerten Beobachtungs- und freien Evolutionszeiten. Auf dem Weg zur Implementierung eines Quantengasexperimentes im Weltraum wurde eine miniaturisierte und mechanisch stabile Apparatur für die erste Tests im Fallturm (ZARM, Bremen) entwickelt. In diesem Vortrag wird ein auf DFB Diodenlaser basierendes, modulares Lasersystem zur Verwendung in einer Chip-Atomfalle präsentiert. Die neuesten Ergebnisse der Fall- und Katapulttests hinsichtlich der Frequenzstabilität und der mechanischen Stabilität der Fasereinkopplung werden vorgestellt.

Q 49.7 Mi 17:00 HVI

Engineering the dynamics of ultracold atoms in optical lattices using Bloch-Zener oscillations — ●BERNHARD BREID, TIMO HARTMANN, DIRK WITTHAUT, and HANS JÜRGEN KORSCH — TU Kaiserslautern, FB Physik, D-67653 Kaiserslautern

We present theoretical and numerical results on the dynamics of ultracold atoms in an accelerated double-periodic optical lattice. Due to a second shallow lattice the ground band splits into two subbands. The

dynamics in such systems is dominated by the interplay between Bloch oscillations and Zener tunneling between the subbands. This permits various interesting applications, such as widely tunable matter wave beam splitters and fast directed transport. A complete reconstruction in one band offers the possibility to construct a Mach-Zehnder interferometer. We discuss the conditions for this complete reconstruction and present possible applications.

Q 49.8 Mi 17:15 HVI

Experimentelle Erzeugung von quantenentarteten Bose-Fermi-Mischungen — ●CARSTEN KLEMPPT, THORSTEN HENNINGER, OLIVER TOPIC, WOLFGANG ERTMER und JAN ARLT — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover

In den letzten Jahren wurden sowohl bosonische als auch fermionische Ensembles quantenentarteter Atome eingehend untersucht. Unser Experiment wird die faszinierende Möglichkeit zum Studium gemischter Gase bieten. Ziel unseres Experiments ist es, mit Hilfe einer heteronuklearen Feshbach-Resonanz aus dem atomaren Gasgemisch KRb-Moleküle zu bilden.

Eine magneto-optische Falle wird durch licht-induzierte Desorption (LIAD) geladen [1]. Ein Spulenpaar transportiert das vorgekühlte Ensemble aus ⁸⁷Rb- und ⁴⁰K-Atomen mechanisch in eine Glaszelle mit besserem Vakuum. Dort wird das Rubidium mittels Radiofrequenz-Evaporation in einer Magnetfalle zum Bose-Einstein-Kondensat (7×10^5 Atome) gekühlt. Das Kalium soll mit dem Rubidium sympathetisch in die Quantenartartung gekühlt werden. Der Aufbau einer Dipolfalle soll es in Zukunft ermöglichen, über die kürzlich gefundenen heteronuklearen Feshbach-Resonanzen [2] fermionische Moleküle zu erzeugen.

[1] C. Klempt, et al., cond-mat/0509241.

[2] S. Inouye, et al., Phys. Rev. Lett. 93, 183201 (2004); F. Ferlaino, et al., cond-mat/0510630.

Q 49.9 Mi 17:30 HVI

Lokalisierung von Bose-Einstein Kondensaten in ungeordneten optischen Gittern — ●S. DRENKELFORTH, T. SCHULTE, R. TIEMEYER, W. ERTMER und J. ARLT — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Optische Gitter stellen ein herausragendes Werkzeug zur Untersuchung ultrakaltr Quantengase dar. Vor allem die ausgeprägte Analogie zu Effekten und Modellen der Festkörperphysik ist Gegenstand aktueller theoretischer und experimenteller Untersuchungen.

Die Überlagerung dieses ideal periodischen Gitters mit einem Unordnungspotential führt zu einem reichhaltigen Phasendiagramm. Abhängig von den experimentellen Parametern werden Bose- bzw Anderson-Glass Phasen vorhergesagt [1].

Wir berichten über unsere Untersuchungen zur Anderson Lokalisierung in ungeordneten optischen Gittern. Die Unordnung wird einem 1D optischen Gitter axial überlagert, indem ein Laser mit einem ungeordnet strukturierten Intensitätsprofil radial eingestrahlt wird. Wir präsentieren Untersuchungen zur Abhängigkeit der Lokalisierung von der Strukturgröße der Unordnung sowie von der interatomaren Wechselwirkung. Die experimentellen Ergebnisse belegen das Ausbleiben der Anderson Lokalisierung in derartigen Systemen aufgrund der Längenskala der Unordnung sowie des Abschirmungseffekts der interatomaren Wechselwirkung [2].

[1] B.Damski *et al.*, Phys. Rev. Lett. 91, 080403 (2003).

[2] T.Schulte *et al.*, Phys. Rev. Lett. 95, 170411 (2005).

Q 49.10 Mi 17:45 HVI

Quantum degenerate mixture of fermionic Lithium and bosonic Rubidium gases — ●B. DEH, C. MARZOK, C. SILBER, S. GÜNTHER, C. ZIMMERMANN, and PH. W. COURTEILLE — Physikalisches Institut der Universität Tübingen

Quantum degenerate mixtures have become a starting point towards new experiments in the field of ultracold atoms, such as the observation of the BEC-BCS crossover and the production of heteronuclear molecules. The key to such mixtures is sympathetic cooling of Fermions by a bosonic agent. We report on the cooling of ⁶Li by thermally coupling it to an evaporatively cooled gas of ⁸⁷Rb. From measurements of the thermalization time, we were able to estimate the interspecies s-wave triplet scattering length. The cooling scheme led to a mixture of both species, where the Rubidium cloud is colder than the critical temperature for Bose-Einstein condensation, and the Lithium is colder than the Fermi temperature. Our next project will be the search for interspecies Feshbach resonances

Q 49.11 Mi 18:00 HVI

Ultracold Atoms in Optical Dipole Potentials — ●JOHANNA NES^{1,2}, WOUTER VAN DRUNEN^{1,2}, OLIVER WILLE^{1,2}, NORBERT HERSCHBACH^{1,2}, ANNA-LENA GEHRMANN^{1,2}, WOLFGANG ERTMER¹, and GERHARD BIRKL² — ¹Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover — ²Institut für angewandte Physik, TU Darmstadt, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

We present experiments with cold neutral atoms in optical dipole potentials. A crucial advantage of optical trapping is the great variety of geometries that can be realized such as multiple beam traps or dipole trap arrays. Since the dipole force does not depend on magnetic properties, storage of atoms in different m_F -states is possible as well as the superimposition of an arbitrary magnetic field. This feature allows us to extend our

past investigations on the collisional dynamics of magnetically trapped metastable neon atoms to experiments under the influence of varying, strong magnetic fields. Moreover, collisional properties of different internal states can be studied. For these purposes, a far-detuned dipole trap created by a fiberlaser at a wavelength of 1064 nm has been set up and successful loading of neon atoms from a MOT has been achieved. In a second experiment, a crossed beam trap derived from an Yb:YAG-disklaser ($\lambda=1030$ nm) is loaded with ⁸⁷Rb-atoms. Subsequent evaporative cooling by lowering the trapping power yields an increase in phase-space density by several orders of magnitude. This part of our work aims at studying the coherence properties of ultracold thermal atoms and degenerate quantum gases in miniaturized optical guiding and storing structures created by microfabricated optical elements.

Q 50 Quanteninformaton IV

Zeit: Mittwoch 14:00–15:00

Raum: HI

Q 50.1 Mi 14:00 HI

Quantum estimation of damping — ●HANNAH VENZL and MATTHIAS FREYBERGER — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm

It is generally not possible to transmit a signal error free, since there is always a coupling to the external environment due to imperfections of the transmitting medium. This coupling causes dissipation and decoherence effects. It is thus of great interest to get as much information as possible about the unknown damping constant.

We discuss a quantum interferometric approach to the estimation of damping. We study both entangled and separable probe states consisting of superpositions of coherent states, since for those states an analytical description of damping is available. The effect of damping on such states is analysed using a suitable generalised homodyne detection. We investigate whether entanglement can improve the estimation of an unknown damping constant.

Q 50.2 Mi 14:15 HI

Unravelling Entanglement — ●MARC BUSSE, A.R.R. DE CARVALHO, O. BRODIER, C. VIVIESCAS, and A. BUCHLEITNER — Max Planck Institut fuer Physik Komplexer Systeme, Noethnitzer Strasse 38, 01187 Dresden

Entanglement is the crucial resource for quantum information processing. Unfortunately, this invaluable quantum property is very easily lost, due to unavoidable interactions with the environment. Therefore it is of great interest to understand the time evolution of entanglement in open systems. However, this turns out to be a puzzle, since the common definition of mixed state entanglement measures involves an optimisation procedure. We tackle the problem through a quantum trajectory approach, combined with an optimization over different quantum jump operators [1].

[1] also see Olivier Brodier's talk ("Optimal jump operators for monitoring entanglement") at this conference

Q 51 Quantencomputer

Zeit: Mittwoch 15:00–18:00

Raum: HI

Q 51.1 Mi 15:00 HI

Noise Resistant Quantum Algorithm using Triggered Single Photons from a Single Quantum Dot — ●MATTHIAS SCHOLZ¹, THOMAS AICHELE², SVEN RAMELOW¹, and OLIVER BENSON¹ — ¹Humboldt-Universität zu Berlin, Physics Department, Nano-Optics, Hausvogteiplatz 5-7, D-10117 Berlin, Germany — ²CEA / Université J. Fourier, Laboratoire Spectrométrie, Grenoble, France

In recent years, wide attention has been drawn to the implementation of quantum algorithms by solely using linear optics. This approach is appealing since only standard optical components like beam splitters and phase shifters are used. Previous experimental demonstrations along this line focused on coherent photon states from attenuated laser pulses or spontaneous parametric down-conversion in order to simulate simple quantum algorithms or to demonstrate concepts of noise resistant quantum computation. We demonstrate the on demand operation of a quantum algorithm using a triggered single-photon source. As a first implementation, we choose the two-qubit Deutsch-Jozsa algorithm which often

Non-negative discrete Wigner functions — ●DAVID GROSS — Institute for Mathematical Science, Imperial College London, 48 Prince's Gardens, London 2W7 2PE

We find that, on a Hilbert space of odd dimension, the only pure states to possess a non-negative Wigner function are stabilizer states. The Clifford group is identified as the set of unitary operations which preserve positivity. The result can be seen as a discrete version of Hudson's Theorem. Hudson established that for continuous variable systems, the Wigner function of a pure state has no negative values if and only if the state is Gaussian. Turning to mixed states, it might be surmised that only convex combinations of stabilizer states give rise to non-negative Wigner distributions. We refute this conjecture by means of a counter-example.

Q 50.4 Mi 14:45 HI

Unambiguous quantum parity check — ●HERMANN KAMERMANN¹, MATTHIAS KLEINMANN¹, TIM MEYER¹, PHILIPPE RAYNAL², NORBERT LÜTKENHAUS², and DAGMAR BRUSS¹ — ¹Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Theoretische Physik III — ²Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Theoretische Physik I

We consider the task to determine without error, whether a string consisting of non-orthogonal quantum states ψ_0 and ψ_1 (with *a priori* probabilities η_0 and η_1) has even or odd parity, i.e. whether it consists of an even or odd number of ψ_1 's. As perfect discrimination between non-orthogonal quantum states is impossible, the measurement outcomes, even parity (F_E), odd parity (F_O) or "I don't know" ($F_?$) can occur. Bennett *et al.* [1] solved the task of finding the minimal error probability for the case $\eta_0 = \eta_1$, by relating it to an unambiguous state discrimination problem. We prove that the optimal measurement leads to identical failure rates for a string of $2n-1$ and $2n$ states for $\eta_0 = \eta_1$. We investigate the generalization of this task to arbitrary *a priori* probabilities and its effects on the failure rates.

[1] C.H. Bennett, T. Mor, and J.A. Smolin. *Phys. Rev. A*, 54(4), 2675, (1996)

served in the past to demonstrate the applicability of a certain physical system to a particular quantum computational task. Our experimental setup resembles a classical Mach-Zehnder interferometer. A variation of our experimental setup enables us to implement ideas of noise tolerant encoding of qubits in a triggered quantum algorithm on the single-photon level. Thereby, we prove its adaptability to common all-optical quantum computation schemes. It is possible to encode the qubits in a way that they are unaffected by phase noise which is the main noise contribution in optical interferometric setups.

Q 51.2 Mi 15:15 HI

Optimal strategies for fusing optical cluster states — ●KONRAD KIELING^{1,2} and JENS EISERT^{1,2} — ¹QOLS, Blackett Laboratory, Imperial College London, Prince Consort Road, London SW7 2BW, UK — ²Institute for Mathematical Sciences, Imperial College London, 48 Prince's Gardens, London SW7 2PE, UK

We investigate and solve the problem of how to optimally build up

cluster states for quantum computing with linear optical means using fusion gates, entirely from the perspective of classical control. We develop a notion of classical strategies and identify the optimal one to prepare linear cluster states with probabilistic gates. We find that this globally optimal strategy gives rise to an advantage of more than an order of magnitude in the number of maximally entangled pairs already when building chains with an expected length of $L = 100$, compared to another strategy that could equally well be thought as being optimal. For two-dimensional cluster states, we present a proof of global optimality of the asymptotic behavior in the resources. This analysis shows that the choice of appropriate classical control may lead to a very significant reduction in resource consumption.

Q 51.3 Mi 15:30 HI

Quantum computation and quantum simulations with 2D Coulomb crystals — •DIEGO PORRAS and J. IGNACIO CIRAC — Max-Planck Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, Garching, D-85748, Deutschland

Trapped ions in equilibrium arrange themselves in ordered structures known as Coulomb crystals. In the case of Penning traps, ions can be confined in a single plane, and form a triangular lattice. Since a large number of ions can be confined in this experimental set-up, 2D Coulomb crystals in Penning traps are a naturally scalable system for quantum information processing with ions.

In this work we present the following results: (i) Quantum gates can be implemented between nearest ions in Penning traps by coupling internal states to the axial (perpendicular to the plane) motion. (ii) In a realistic range of parameters, the coupling with other vibrational degrees of freedom induces and error in the gate, which, however, is below the limit for fault tolerant quantum computation. (iii) Ions in a Penning trap also allow us to perform quantum simulations of spin models in a triangular lattices, which offers us unique possibilities for studying many-body effects, like quantum frustration and quantum phase transitions in 2D.

Q 51.4 Mi 15:45 HI

Construction and characterization of irreversible Quantum Cellular Automata — •TORSTEN FRANZ — Institut für Mathematische Physik, TU Braunschweig

The computational properties of reversible automata have been subject of much research in the last years. One of the most promising model for an universal model for universal BQP (bounded error quantum probabilistic) computation is the reversible quantum cellular automaton.

There are examples in which irreversible operations are helpful for quantum computation, such as the one-way quantum computer and the initialization of registers by cooling. The extension to irreversible QCAs is also necessary to study the propagation of noise and decoherence in such systems. We show how to construct some classes of irreversible QCAs and discuss to what extent the local irreversible transition mechanism can be reconstructed from the input/output behavior of the automaton.

— 30 min. Pause —

Q 51.5 Mi 16:30 HI

Simulation und Optimierung des Ionentransports in einer segmentierten Paul-Falle — •KILIAN SINGER, STEPHAN A. SCHULZ und FERDINAND SCHMIDT-KALER — Abteilung für Quanten-Informationsverarbeitung,

Segmentierte Ionenfallen sind vielversprechende Systeme zur Realisierung eines skalierbaren Quantencomputers [1]. Eine der elementaren Operationen stellt hierbei der Transport von Ionen innerhalb der Fallenstruktur dar. Dabei sollte der Transport schnell erfolgen. Allerdings steigt damit auch die Anzahl ungewollter Schwingungsanregungen. Es wird gezeigt, wie durch den Einsatz von Methoden aus der "Optimum Control"-Theorie [2] Schwingungsanregungen trotz hoher Transportgeschwindigkeit minimiert werden können.

- [1] D. Kielpinski, C. Monroe, and D. J. Wineland, *Nature* **417**, 709 (2002)
 [2] T. Calarco, U. Dörner, P. S. Julienne, C. J. Williams, and P. Zoller, *Phys. Rev. A* **70**, 012306 (2004).

Q 51.6 Mi 16:45 HI

Segmentierte Mikrostruktur-Paul-Fallen — •STEPHAN A. SCHULZ, KILIAN SINGER und FERDINAND SCHMIDT-KALER — Universität Ulm, Abt. Quanteninformationsverarbeitung, Albert-Einstein-Allee 11, 89069 Ulm

Quantenrechner auf der Basis von segmentierten Mikrostruktur-Paul-Fallen mit gefangenen Ionen als Qubits stellen einen skalierbaren Ansatz zur Realisierung komplexer quantenlogischer Rechenoperationen dar [1]. Aufgrund der Segmentierung der Fallegeometrie wird eine räumliche Aufteilung in Prozessor- und Speicherregion erreicht. In der Prozessorregion ermöglicht dies eine präzise Manipulation von Ionenkristallen mit nur wenigen Qubits, gleichzeitig werden die restlichen Qubits im Speicher gehalten [2-5].

Durch die elektrische Ansteuerung der Fallensegmente können Ionen in der Falle bewegt werden. Wir stellen realistische Designs, Feldberechnungen und numerische Optimierungen für eine Ein- und Zwei-Chip-Mikrofalle vor. Wir diskutieren den Transport einzelner Ionen zwischen verschiedenen Fallenregionen auf der Grundlage realistischer Fallenpotentiale.

- [1] D. Kielpinski, C. Monroe, D.J. Wineland, *Nature* **417**, 709 (2002).

- [2] J. Chiaverini et al., *Quant. Inf. Comput.* **5**, 419 (2005).

- [3] J.P. Home, A.M. Steane, *quant-ph/0411102* (2004).

- [4] M.J. Madsen et al., *Appl. Phys. B* **78**, 639 (2004).

- [5] W.K. Hensinger et al., *quant-ph/0508097* (2005).

Q 51.7 Mi 17:00 HI

Quantum simulator for the $O(3)$ nonlinear sigma model — •SARAH MOSTAME and RALF SCHÜTZHOLD — Technische Universität Dresden, Institut für Theoretische Physik, D-01062 Dresden

We propose a design for the construction of a laboratory system based on present-day technology which reproduces and thereby simulates the quantum dynamics of the $O(3)$ nonlinear sigma model. Apart from its relevance in condensed-matter theory, this strongly interacting quantum field theory serves as an important toy model for quantum chromodynamics (QCD) since it reproduces many crucial properties of QCD.

Q 51.8 Mi 17:15 HI

Die Ionenfalle als analoger Quantencomputer — •HECTOR SCHMITZ, AXEL FRIEDENAUER, STEFFEN KAHRA und TOBIAS SCHÄTZ — MPI für Quantenoptik, Hans-Kopfermannstr. 1, 85748 Garching

Klassische Computer nutzen den inherenten quantenmechanischen Charakter der Natur nicht aus. Wie deshalb schon R. Feynman erkannte, muss man zur effizienten Simulation von Quantensystemen solche verwenden. Dabei ist eine Umsetzung in einen Algorithmus für stroboskopische Gatter möglich, aber nicht notwendig. Ein maßgeschneidertes System, das sich dem zu simulierenden Pendant in seiner Zeitentwicklung analog verhält, im Labor realisierbar und in allen zu simulierenden Parametern frei kontrollierbar ist, stellt weniger Anforderungen an die Fidelitäten der Einzeloperationen und sollte bereits für eine vergleichsweise kleine Anzahl an Qubits (≥ 30) klassischen Computern überlegen sein.

Wir folgen in unserem experimentellen Ansatz einem Vorschlag von Porras und Cirac[1]: Mit einer Ionenfalle sind robuste Effekte wie Phasenübergänge in Spinsystemen simulierbar und die Wechselwirkungen in Stärke und Reichweite variierbar. Repräsentativ ist z. B. das Quanten-Ising-Modell. Denkbar ist, dass die Ergebnisse unserer Machbarkeitsstudie in Folge zu einem besseren Verständnis von Phänomenen wie der Hochtemperatur-Supraleitung führen können.

Unterstützt von: MPQ, DFG

- [1] *Phys. Rev. Lett.* **92**, 207901 (2004)

Q 51.9 Mi 17:30 HI

A quantum algorithm for optical template recognition — •GERNOT SCHALLER and RALF SCHÜTZHOLD — Institut für Theoretische Physik, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden, Germany

We propose a probabilistic quantum algorithm [quant-ph/0512057], that decides whether a monochrome pattern on a sensitive array matches a given template (or one out of a set of templates). As a major advantage to classical pattern recognition, the algorithm just requires a few incident photons. In the best case, a single photon may suffice. Thus, the algorithm is suitable for very sensitive pictures - similar to the Elitzur-Vaidman problem.

We have numerically simulated a quantum computer with 18 qubits to demonstrate the applicability of the algorithm and to analyze its tolerance against perturbations of the quantum pattern. The major advantage to classical pattern recognition however is already present for smaller numbers of qubits.

Q 51.10 Mi 17:45 HI

RF-Spektroskopie einzelner Ytterbium-Ionen — ●A. BRAUN¹, C. BALZER², C. WUNDERLICH² und W. NEUHAUSER¹ — ¹Institut für Laser-Physik, U. Hamburg — ²Fachbereich Physik, U. Siegen

Wir untersuchen ¹⁷²Yb⁺-Ionen in einer linearen Paulfalle mit Hilfe eines RF-optischen Doppelresonanz-Experiments: Die Ionen werden in den $m_j = \pm 3/2$ Zeemanzuständen des ²D_{3/2} Niveaus durch optisches Pumpen mit π -polarisiertem Licht bei 935 nm präpariert (Übergang ²D_{3/2} \leftrightarrow [3/2]_{1/2}). Kohärente RF-Übergänge zwischen den $m_j = \pm 3/2$ - und $m_j = \pm 1/2$ -Zuständen werden induziert und die Population der $m_j = \pm 1/2$ -Zustände durch Nachweis von Resonanzfluoreszenz bei 369 nm (²S_{1/2} \leftrightarrow ²P_{1/2}) bestimmt.

Mit dieser Methode kann bei bekanntem Magnetfeld der Landé-Faktor

g_j des D_{3/2}-Zustands bestimmt werden. Dies ist aufgrund der Diskrepanz zwischen theoretischem ($g_j = 4/5$) und experimentellem Wert ($g_j = 1.802$) interessant. Andererseits erlaubt die Messung bei bekanntem g_j eine genaue Kalibrierung des Magnetfeldes am Orte des Ions.

Das Anlegen eines statischen Magnetfeldgradienten ermöglicht die Adressierung einzelner Qubits im Frequenzraum. Darüber hinaus führt der Gradient zu einer Kopplung der inneren und äußeren Freiheitsgrade, welche für bedingte Quantendynamik benötigt wird [1]. Mit Hilfe der Doppelresonanz-Spektroskopie wird ein Gradient des Magnetfeldes charakterisiert. Der aktuelle Stand des Experiments im Hinblick auf die Kopplung von internen und externen Freiheitsgraden wird vorgestellt.

[1] F. Mintert, Chr. Wunderlich, PRL, **87**, 257904 (2001); Chr. Wunderlich, Chr. Balzer, Adv.At.Mol.Opt.Phys. **49**, 293 (2003)

Q 52 Gruppenbericht Fallen und Kühlung

Zeit: Mittwoch 14:00–14:30

Raum: HII

Gruppenbericht

Q 52.1 Mi 14:00 HII

Manipulating strings of atoms for deterministic atom-photon coupling — ●IGOR DOTSENKO, WOLFGANG ALT, LEONID FÖRSTER, MKRITYCH KHUDAVERDYAN, DIETER MESCHÉDE, YEVHEN MIROSHNYCHENKO, SEBASTIAN REICK, and ARNO RAUSCHENBEUTEL — Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstrasse 8, D-53115 Bonn

The realization of controlled coherent interaction between neutral atoms, which is the main milestone on the way to quantum computation with neutral atoms, is the central field of interest in our research group. For the initial preparation of the atom number, necessary for any planned experiments, we have established a feedback technique of non-

Poissonian loading of up to 20 atoms into a standing wave optical dipole trap. The prepared atoms form a linear string which can serve as a quantum register for storing quantum information. Using optical tweezers, we can manipulate strings of atoms in order to improve the performance of the register. By extracting and reinserting atoms at predetermined positions, we control the interatomic distances with sub-micrometer precision, build equidistant strings, and rearrange their order. To realize quantum operations, we plan to deterministically place two atoms into the cavity mode of an optical Fabry-Perot resonator using our optical "conveyor belt" technique. In the resonator the interaction between the atoms can be significantly enhanced by the exchange of a virtual cavity photon.

Q 53 Fallen und Kühlung II

Zeit: Mittwoch 14:30–17:00

Raum: HII

Q 53.1 Mi 14:30 HII

Laser Cooling of an Indium Atomic Beam — ●BERNHARD KLÖTER, JAE-IHN KIM, CLAUDIA WEBER, and DIETER MESCHÉDE — Institut für Angewandte Physik, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

Laser cooled atomic beams are the method of choice for Atomic Nanofabrication (ANF) where high deposition rates are needed. We have realized 1D transverse cooling of a neutral Indium atomic beam with a cooling scheme which involves five laser wavelengths at 410 nm and 451 nm. We present our systematic studies on these schemes and first results on the deposition of an Indium atomic beam onto a substrate.

Q 53.2 Mi 14:45 HII

High phase space densities in a mixture of ultracold lithium and cesium atoms — ●JÖRG LANGE¹, LEIF VOGEL¹, CHRISTIAN GIESE¹, BENJAMIN MÜLLER¹, STEPHAN KRAFT¹, PETER STAANUM^{1,2}, ROLAND WESTER¹, and MATTHIAS WEIDEMÜLLER¹ — ¹Physikalisches Institut, Universität Freiburg, 79104 Freiburg, Germany — ²Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, 30167 Hannover, Germany

Due to their capability of simultaneously storing different atomic and molecular species, far-detuned optical dipole traps offer a unique environment to study ultracold atomic and molecular collisions. We trap a mixture of lithium and cesium atoms at very low temperatures in the focus of a CO₂-laser beam. Sympathetic cooling of atomic ⁷Li by colder Cs atoms has been demonstrated [1], and Cs-Cs₂ collisional rate coefficients have been determined after homonuclear photoassociation in the trap [2].

We present a scheme to reach higher phase space densities by crossing the CO₂-laser with a 1064 nm laser beam and by applying Raman sideband cooling to the Cs atoms prior to molecule formation. Prospects of sympathetically cooling atomic lithium to quantum degeneracy will be discussed as well as the possibility of investigating intermolecular collisions and atom-molecule exchange reactions.

[1] M. Mudrich *et al.*, Phys. Rev. Lett. **88**, 253001 (2002)

[2] S. D. Kraft *et al.*, Phys. Rev. A **71**, 013417 (2005); P. Staanum *et al.*, arXiv:physics/0509123 (Phys. Rev. Lett. in press)

Q 53.3 Mi 15:00 HII

Single trapped Ca⁺ ions for frequency metrology — ●G. HAGEL, M. KNOOP, C. CHAMPENOIS, M. HOUSSIN, M. VEDEL, and F. VEDEL — Université de Provence, Marseille, France

Due to its natural linewidth below 200 mHz, the electric quadrupole transition at 729 nm of a single trapped calcium ion is an excellent candidate for the realization of an frequency standard in the optical domain. The wavelengths for lasercooling (397 and 866 nm) and excitation of the clock transition can all be generated from solid-state or even diode lasers. Single ions are trapped in a miniature ring trap. Different scenarios have been employed to cool, immobilize and probe the ion, recent progress of the experiment will be presented.

Q 53.4 Mi 15:15 HII

Blue light fields in strongly-coupled atom-cavity systems — ●T. PUPPE, I. SCHUSTER, A. GROTHE, J. ALMER, K. MURR, P.W.H. PINKSE, and G. REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

A fundamental system of matter-light interaction is realized by a single atom strongly coupled to the field mode of a small high-finesse cavity. The experimental study of quantum effects as well as the implementation of quantum information processing schemes requires a well-controlled atomic position to ensure persistent strong coupling. Cavity cooling proved capable of improving the axial localization of the atom [1], thereby compensating for inevitable heating in this setting due to cavity-mediated momentum diffusion [2].

We propose to implement blue-detuned laser fields in addition to a red intracavity dipole trap. The freedom gained in tailoring the position dependent Stark shift can be used to achieve effective guiding and detection of single atoms as well as strong localization in the trap. In addition, the blue fields allow to explore a new parameter regime which is compatible with cavity cooling in axial and radial directions.

[1] P. Maunz, T. Puppe, I. Schuster, N. Syassen, P.W.H. Pinkse, and G. Rempe, Nature **428**, 50 (2004).

[2] K. Murr, P. Maunz, P.W.H. Pinkse, T. Puppe, I. Schuster, D. Vitali and G. Rempe arXiv/quant-ph 0512001 (2005).

Q 53.5 Mi 15:30 HII

Vacuum-Stimulated Cooling of Single Atoms in Three Dimensions — ●MARKUS HIJLKEMA, STEFAN NUSSMANN, KARIM MURR, BERNHARD WEBER, SIMON WEBSTER, HOLGER SPECHT, AXEL KUHN, and GERHARD REMPE — Max Planck Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Control of light-matter interactions at the single-atom and single-photon level can be achieved in the strong coupling regime of cavity quantum electrodynamics, where atom and cavity form a single entity. With our experimental setup we are able to capture, cool and hold a single atom at rest inside a microcavity, ensuring a strong and constant atom-cavity coupling on a timescale of several seconds. To provide a trapping potential, we use a far off-resonant standing wave dipole trap perpendicular to the cavity axis, where each antinode of the standing wave provides three dimensional confinement.[1] We have now discovered that the orthogonal arrangement of the trapping laser, the cavity vacuum and an additional cooling laser gives rise to a unique combination of friction forces acting on the atom along all three directions. This novel three dimensional cooling scheme allows us to easily catch and cool a single atom into the dipole trap inside the high-finesse cavity. We show that a simple theoretical model based on a two-level atom can explain the origin of these forces.[2] Inside the trap, very low temperatures are reached, leading to average single-atom trapping times exceeding 15 seconds, unprecedented for a strongly coupled atom under permanent observation. [1] Nußmann et al. Phys. Rev. Lett. 95 173602 (2005) [2] Nußmann et al, Nature Physics 1, 120 (2005)

Q 53.6 Mi 15:45 HII

Grundlagen einer optischen Magnesium-Atomuhr — ●NILS REHBEIN, JAN FRIEBE, TANJA E. MEHLSTÄUBLER, KARSTEN MOLDENHAUER, MATTHIAS RIEDMANN, ERNST M. RASEL und WOLFGANG ERTMER — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Aufgrund seiner ultraschmalen Übergänge stellt Magnesium einen vielversprechenden Kandidaten für die Realisierung einer optischen Atomuhr dar. Beim ^{24}Mg Uhrenübergang (457 nm) wurde eine spektroskopische Auflösung von bis zu 290 Hz erreicht. Für den Magnesium-Frequenzstandard lässt sich daraus eine Kurzzeitstabilität von $8 \cdot 10^{-14}$ in 1 s ableiten [1]. Diese Werte werden hauptsächlich durch die Restbewegung der Atome limitiert. Bei ^{24}Mg sind die Standardmethoden der sub-Doppler-Kühlung nicht anwendbar. Daher werden von uns verschiedene neue Kühlverfahren untersucht. Wir berichten über den Fortschritt beim Quenchkühlen und Zwei-Photonen-Kühlen [2,3,4,5]. Die Erzeugung sehr viel höherer Lichtleistungen bei der Wellenlänge des MOT-Kühlübergangs (285 nm) ergibt deutlich höhere Atomzahlen. Daher wurden neue Verfahren der Frequenzverdoppelung mittels optisch kontaktierter, walk-off kompensierter BBO-Kristalle untersucht [6].

[1] J. Keupp et al., Eur. Phys. J. D 36, 289-244 (2005)

[2] T. Binnewies et al., Phys. Rev. Lett. 87, 123002 (2001)

[3] T.E. Mehlstäubler et al., J. Opt. B 5, 183 (2003)

[4] R.L. Cavasso Filho et al., J. Opt. Soc. Am. B 20, 994 (2003)

[5] W.C. Magno et al., Phys. Rev. A 67, 043407 (2003)

[6] J. Friebe et al., akzeptiert von Opt. Com.

— 30 min. Pause —

Q 53.7 Mi 16:30 HII

Multi-channel collisions of cold metastable calcium atoms — ●DIRK HANSEN and ANDREAS HEMMERICH — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

We present measurements of elastic and inelastic collision rates of metastable calcium in a miniaturized Ioffe trap. The results are compared to recent theoretical calculations [1] that predict unusually large inelastic rates which even exceed the elastic ones. According to [1], the collisions are determined by partial waves with high angular momenta even at low temperatures. The ensembles in our experiment were prepared between 0.5 mK and 2.5 mK by 1-dim Doppler cooling or by adiabatic adjustment of the trap compression. By disturbing the aspect ratio of the sample and measuring its reequilibration we can deduce the cross-dimensional relaxation parameter. The two-body loss parameter is determined from trap decay measurements. Both types of experiments yield nearly equal values for these parameters between 2×10^{-10} and 5×10^{-10} cm³/s and are slightly above [1]. As a consequence, evaporative cooling in a magnetic trap can be ruled out as an option to reach the quantum degenerate regime. The elastic rates are clearly above the unitarity limit for S-wave scattering and confirm the multi-channel character of the collision.

[1] V. Kokouline, R. Santra, and C. H. Greene, PRL 90, 253201 (2003)

Q 53.8 Mi 16:45 HII

Atom detection with a chip-based fiber Fabry-Pérot cavity — ●YVES COLOMBE¹, TILO STEINMETZ^{1,2}, DAVID HUNGER¹, PHILIPP TREUTLEIN¹, THEODOR W. HÄNSCH¹, and JAKOB REICHEL² — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik und Sektion Physik der Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany — ²Laboratoire Kastler Brossel de l'ENS, Paris, France

Single-atom detection capability is a requirement in many quantum information processing schemes. In this talk we report on our progress towards single-atom detection on a microchip. We have developed a miniaturized optical Fabry-Pérot resonator that is integrated on an atom chip, only 200 μm away from the surface. The cavity is formed by concave mirrors glued at the ends of two optical fibers facing each other. It has a length of 27 μm and a finesse of about 1000. We magnetically trap and transport rubidium atoms on the chip over an 8mm distance, from the MOT loading region to a magnetic trap nearby the cavity. The atomic cloud is then evaporatively cooled to temperatures in the microkelvin range, and transferred to the resonator's mode in a controlled way. The magnetically trapped atoms are detected by monitoring the transmission of the cavity. We have been able to detect clouds of about 10 atoms. With bigger atomic ensembles, we have also observed dispersive signals due to the refractive index of the atoms, as well as absorptive optical bistability.

Q 54 Anwendung ultrakurzer Lichtimpulse und Attosekundphysik II

Zeit: Mittwoch 14:00–17:00

Raum: HIV

Q 54.1 Mi 14:00 HIV

Polarisationsimpulsformung mit Volume-Phase-Holographic-Gittern — ●SUSANNE FECHNER, CHRISTIAN TUTSCH, GERHARD KRAMPERT, REIMER SELLE, FRANK DIMLER, PATRICK NÜRNBERGER, TOBIAS BRIXNER und GUSTAV GERBER — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany

Herkömmliche optische Gitter weisen stark unterschiedliche Effizienzen für die *s*- und die *p*-Polarisationskomponente von Laserlicht auf. Dies gilt nicht für die ursprünglich für astronomische Anwendungen entwickelten Volume Phase Holographic - Gitter, die so angepasst werden können, dass sie für eine gewünschte Wellenlänge identische Effizienzen in beiden Polarisationsrichtungen aufweisen.

Diese Gitter benutzen wir in einem neuen, kompakten Aufbau zur Femtosekunden-Polarisationsimpulsformung. So wird, neben einer mechanischen Stabilisierung, eine Erhöhung des Gesamtdurchsatzes des Nulldispersionskompressors auf 36% erzielt. Zusätzlich ist durch Verwendung einer Wellenplatte die Diagonalisierung der charakterisierenden Jones-Matrix des Polarisationsimpulsformers gelungen, wodurch eine unabhängige Manipulation der beiden Polarisationskomponenten gewährleistet ist.

Q 54.2 Mi 14:15 HIV

Selektive Bevölkering bekleideter Zustände: Kontrolllandschaften und Optimierung — ●TIM BAYER, MATTHIAS WOLLENHAUPT, ANDREAS PRÄKELT, CHRISTIAN SARPE-TUDORAN und THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Wir demonstrieren die kohärente Kontrolle bekleideter Zustände durch die Verwendung zeitlich veränderlicher Phasen des Pulses. Die Besetzung der bekleideten Zustände wird im Experiment abgebildet durch Photoelektronen aus der simultanen Anregung und Ionisation von Kalium Atomen, und als Funktion der angelegten Phasen-Maske gemessen. Wir zeigen, dass sowohl gechirpte Pulse als auch Pulssequenzen verwendet werden können, um Grundzustandsatome selektiv in einen einzelnen bekleideten Zustand zu steuern (Selective Population of Dressed States, SPODS).

Weiterhin messen wir die Endzustandsbesetzung und präsentieren Kontrolllandschaften der transienten Wechselwirkung im Vergleich zur Endprodukt-Ausbeute.

In beiden Fällen finden wir viele verschiedene Pulsformen, die das selbe Kontrollziel realisieren. Dementsprechend liefert auch ein adaptiver

Zugang verschiedene Pulsformen für verschiedene Durchgänge.

Q 54.3 Mi 14:30 HIV

Absorption ultrakurzer Laserpulse durch Dielektrika —
•BÄRBEL RETHFELD — Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen

Wird ein Isolator mit einem Laserpuls hoher Intensität bestrahlt so führen nichtlineare Ionisationsprozesse zu einem Anwachsen der freien Elektronendichte im Leitungsband des Isolators und schliesslich zum dielektrischen Durchbruch. Verantwortlich dafür sind im betrachteten Intensitätsbereich zum einen die Multiphotonionisation, zum anderen die Elektron-Elektron Stoßionisation, die zu einem lawinenartigen Anwachsen der Elektronendichte führen kann. Die zur Beschreibung der transienten Elektronendichte üblicherweise verwendete Ratengleichung verliert für ultrakurze Bestrahlungsdauern ihre Gültigkeit. Hier kann die multiple Ratengleichung eingesetzt werden [1], die die nichtstationäre Energieverteilung der Elektronen zu Beginn der Bestrahlung berücksichtigt und gleichzeitig den Übergang zum asymptotischen Lawinenregime für längere Zeitskalen beschreibt. In diesem Vortrag werden Anwendungsbeispiele gegeben, sowie die Rolle der Stoßionisation im Vergleich zur Multiphotonionisation diskutiert.

[1] B. Rethfeld, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 187401, (2004).

Q 54.4 Mi 14:45 HIV

Simulation der Fokussierung und Beugung ultrakurzer Pulse —
•FRANK WYROWSKI¹ und HAGEN SCHIMMEL² — ¹Friedrich Schiller Universität Jena, Physikalisch Astronomische Fakultät, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²LightTrans GmbH, Wildenbruchstr. 15, 07745 Jena

Optische Simulationen bilden eine sinnvolle Ergänzung zu experimentellen Arbeiten. Dies gilt auch für die Simulation der Propagation ultrakurzer Pulse durch optische Systeme. Die Berechnung des lateralen und des zeitlichen Verlaufs des elektromagnetischen Feldes liefert für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines Experiments mit ultrakurzen Pulsen hilfreiche Informationen.

Wir kombinieren fortgeschrittene wellenoptische Techniken zur Propagation harmonischer Felder durch komplexe optische Systeme mit der harmonischen Analyse von ultrakurzen Pulsen. Dies ermöglicht uns die Simulation des kompletten elektromagnetischen Feldes eines Pulses in beliebigen Regionen eines optischen Systems. Damit schaffen wir auch die Grundlage für die Simulation von nichtlinearen Effekten in speziell zu modellierenden Subregionen eines Systems, z.B. in einer fokalen Region. In unserem Beitrag skizzieren wir die Grundlagen unseres elektromagnetischen Ansatzes und zeigen Simulationsexperimente zur Fokussierung und Beugung ultrakurzer Pulse. Alle Simulationen befassen sich mit zweidimensionalen Feldverteilungen in Ebenen senkrecht zur optischen Achse und dem zeitlichen Verlauf des Feldes in dieser Ebene. Die entsprechenden Pulse werden daher in Videosequenzen dargestellt.

Q 54.5 Mi 15:00 HIV

Femtosekundenlaser-geschriebene Faser-Bragg-Gitter in nicht-photoempfindlichen Fasern — •JENS THOMAS¹, ELODIE WIKSZAK¹, ULRIKE FUCHS², BÜLEND ORTAC¹, JENS LIMPERT¹, STEFAN NOLTE¹ und ANDREAS TÜNNERMANN^{1,2} — ¹Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Albert-Einstein-Str. 7, 07745 Jena

Femtosekundenlaser können dazu benutzt werden, Brechzahlveränderungen in verschiedensten transparenten Materialien zu induzieren. Wir berichten über die Einschreibung von Faser-Bragg-Gittern in nicht-photoempfindlichen Fasern. Dazu wurde eine periodische Indexmodulation im Faserkern mit Hilfe einer Zylinderoptik und einer Phasenmaske erzeugt. Zur Demonstration wurde ein schmalbandiges Bragg-Gitter in eine seltenerd-dotierte Faser eingeschrieben und diese zum Betrieb eines Faserlasers eingesetzt. Das Potential dieser Technik liegt darin, sie auf unterschiedlichste Fasertypen wie Doppelkern- oder photonischen Kristallfasern anzuwenden zu können.

Q 54.6 Mi 15:15 HIV

Tabletop X-Ray Microscope — •DAVID SCHÄFER, THOMAS NISIUS, and STEFAN RAUSCH — Institute for X-Optics, University of Applied Sciences Koblenz, RheinAhrCampus Remagen, Süddalle 2, D-53424 Remagen

We present a tabletop full-field transmission X-ray microscope with a compact laser plasma source and diffractive zone plate imaging system for sub-100nm resolution in the water window region ($\lambda=2.3-4.4\text{nm}$). As

a result of the large absorption differences between carbon and oxygen in this region, a high contrast between protein and water allows to analyse biological specimen in their natural state.

The operation wavelength ($\lambda=2.48\text{nm}$) is generated by focussing short laser pulses with an energy of 300mJ on a cryogenic liquid nitrogen jet target of 20 μm diameter. The optical setup consists of a condenser zone plate (KZP7) in conjunction with an order sorting aperture to provide monochromatic sample-illumination. This allows also for easy wavelength tuning within the N2 emission spectrum. A micro zone plate generates a magnified image which is detected by a back-illuminated TE-cooled CCD-Camera (1340x1300pixel). With the actual configuration a magnification up to 1000 at exposure times of a few minutes can be achieved.

Q 54.7 Mi 15:30 HIV

Ultraschnelle adaptive Kontrolle optischer Nahfelder —
•CHRISTIAN TUTSCH¹, TOBIAS BRIXNER¹, WALTER PFEIFFER¹ und F. JAVIER GARCÍA DE ABAJO² — ¹Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany — ²Centro Mixto CSIC-UPV/EHU, Apartado 1072, 20080 San Sebastián, Spain

Das optische Nahfeld um Nanostrukturen zeigt faszinierende Eigenschaften, wie etwa Feldmodulationen auf einer sub-Wellenlängenskala, lokale Feldüberhöhung an kleinen Krümmungsradien sowie komplexes Verhalten der lokalen Polarisation. Eine Anzahl von Techniken, wie etwa scanning near-field optical microscopy (SNOM), nutzen diese Eigenschaften, um Abbildungen auf kleinster räumlicher Skala zu ermöglichen. Wir kontrollieren das optische Nahfeld mittels polarisationsgeformter Femtosekunden-Laserimpulse sowohl in Simulationen als auch im Experiment. Der Nachweis hoher räumlicher Auflösung erfolgt über Photoelektronenemissionsmikroskopie (PEEM). Eine adaptive Kontrolle findet statt durch Optimierung der Pulsform mit einem evolutionären Algorithmus. Dabei ist es möglich, das optische Nahfeld sowohl an einzelnen Punkten zu lokalisieren, als auch den zeitlichen Verlauf der Intensität an diesen Punkten zu steuern, wie aus den Simulationen ersichtlich ist. Dadurch wird ein zeitlich und räumlich aufgelöstes Pump-Probe-Schema denkbar. Zudem ist durch die Kontrolle des lokalen Spektrums spektrales Multiplexing auf einer Nanometerskala möglich.

Q 54.8 Mi 15:45 HIV

Nachweis der Doppelbrechung von Vakuum bei hohen Lichtintensitäten — •KAY-UWE AMTHOR¹, THOMAS HEINZL², BEN LIESFELD¹, HEINRICH SCHWOERER¹, ROLAND SAUERBREY¹ und ANDREAS WIPF³ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²School of Mathematics and Statistics, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK — ³Theoretisch-Physikalisches Institut, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Wir schlagen ein Experiment zur Beobachtung der Doppelbrechung des Vakuums vor, die durch hohe Laserfelder induziert wird. Ein Laserpuls mit ultra-relativistischer Intensität wird in Vakuum fokussiert und polarisiert das Vakuum, so daß es doppelbrechend wird. Ein linear polarisierter, ultrakurzer Röntgen-Probestrahl wird genutzt, um die Doppelbrechung nachzuweisen. Die Brechungsindizes des polarisierten Vakuums wurden mit Hochfeld-Quantenelektrodynamik für beispielhafte Szenarien berechnet. Ein experimenteller Aufbau wurde entworfen, mit dessen Hilfe der genannte Effekt mit in Kürze verfügbarer Lasertechnologie in Jena gemessen werden kann. Unser experimenteller Aufbau kann mit Hinblick auf kommende Hochleistungslaser-Generationen in einer Weise erweitert werden, die die Erzeugung von e⁺/e⁻ Paaren aus dem Vakuum ermöglicht.

— 30 min. Pause —

Q 54.9 Mi 16:30 HIV

γ -Radiografie am Jenaer Terawatt-Laser — •RONALD LAUCK¹, VOLKER DANGENDORF¹, KAI TITTELMEIER¹, SEBASTIAN PFO-TENHAUER², OLIVER JÄCKEL², ALEXANDER DEBUS², KAY-UWE AMTHOR², ROLAND SAUERBREY², DAVID VARTSKY³ und ILAN MOR³ — ¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig — ²Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ³Soreq Nuclear Research Center, Yavne (Israel)

Ein von der PTB sowie dem Soreq NRC entwickeltes zeitauffösendes Neutronen-Imaging-System wurde für die γ -Radiografie am Jenaer Terawatt-Laser eingesetzt [1]. Die nach Beschuss einer dünnen Ta-Folie im Laserplasma beschleunigten Elektronen erzeugten in einem dahinter

liegenden Ta-Konverter Bremsstrahlung, welche als γ -Quelle für die Experimente diente [2]. Über die Radiografie einer speziellen Wolframmaske wurde die Modulations-Transfer-Funktion des Imaging-Systems für γ -Strahlung bestimmt. Des Weiteren wurden γ -Images von verschiedenen Objekten erstellt sowie die integrale Absorption des γ -Strahls durch definierte Materialien unterschiedlicher Kernladungszahl gemessen. Die Entfaltung der hinter diesen Materialien ermittelten integralen γ -Intensitäten stellt eine Möglichkeit zur schnellen Bestimmung des γ -Spektrums der Laserquelle dar.

[1] V. Dangendorf et al., Nucl. Instrum. Meth. A 535, 93-97 (2004)

[2] H. Schwoerer et al., Phys. Rev. Lett. 86, 11, 2317-2320 (2001)

Q 54.10 Mi 16:45 HIV

Measurement of magnetic field produced by the interaction of ultra-short, ultra-intense fs laser pulse with matter — ●FLAVIO ZAMPONI¹, INGO USCHMANN¹, EYAL KROUP², ANDREA LÜBCKE¹, TINO KÄMPFER¹, ECKHART FÖRSTER¹, ROLAND SAUERBREY¹, YTZIK MARON², EVGENY STAMBULCHIK², BERNHARD HIDDING³, and GEORG PRETZLER³ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel — ³Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf

Giant magnetic fields of the order of 10^4 T are expected to be created by the interaction of an ultra-short, ultra-intense laser pulse with matter. We report on the preliminary results of an experiment where the Zeeman effect in the X-ray range was exploited to monitor the quasi static magnetic field, created by the interaction of an 80 fs, 1 J Ti:sapphire laser pulse with solid matter. The involved laser intensities ranged between 10^{18} and $5 \cdot 10^{19}$ W/cm². The targets were Ti foils of different thicknesses (2, 5, 25 μ m). We monitored the X-ray emissions of the $K_{\alpha 1}$ and $K_{\alpha 2}$ lines by means of a spectrometer with 0.3 eV energy resolution and 4 μ m spatial resolution. The spectrometer was composed by a toroidally bent GaAs crystal and a Si plane crystal in dispersionless setup at 45°, working as polarizer, to distinguish contribution to the line broadening coming from other mechanisms. In addition we used an electron spectrometer to determine the hot electron energy. The role of possible further mechanisms leading to the observed line broadening are discussed.

Q 55 Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen II

Zeit: Mittwoch 14:00–17:15

Raum: H14

Q 55.1 Mi 14:00 H14

10 kHz laser based X-ray source for time resolved X-ray diffraction — ●THORBEN HAARLAMMERT¹, HENRIK WITTE¹, MARTIN SILIES¹, INGO USCHMANN², ECKHART FÖRSTER², and HELMUT ZACHARIAS¹ — ¹Physikalisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster — ²Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-University, Jena

A laser-based plasma source for the generation of hard X-ray pulses is presented. The 28 fs pulses of a Ti:Sapphire laser with repetition rates of up to 15 kHz are applied. A pulse energy of 1 mJ is possible up to repetition rates of 10 kHz. Different metal tape targets for the production of $K\alpha$ radiation and bremsstrahlung are used. The source is used in transmission geometry in order to avoid time jitter of the X-ray pulses relative to the fundamental beam. Using single pulse exposure X-ray photon fluxes of more than 2×10^9 Cr $K\alpha$ and more than 3×10^9 Fe $K\alpha$ photons per second in 4π steradian are achieved. We have shown earlier with a 1 kHz system that an exposure with a prepulse can enhance the X-ray yield up to two orders of magnitude [1]. Using a toroidally bent Si(311) crystal a focusing of the X-ray photons down to a spot diameter of 80 μ m is achieved. First experiments with Bragg diffraction in an GaAs(111) crystal are demonstrated.

[1] J. Kutzner et al, Efficient high-repetition-rate fs-laser based X-ray source, Appl. Phys. B 78, 949-955 (2004)

Q 55.2 Mi 14:15 H14

Supercontinuum Generation using a Liquid-core Photonic Crystal Fiber — ●RUI ZHANG¹, JÖRN TEIPEL¹, and HARALD GIESSEN² — ¹Institute of Applied Physics, University of Bonn, 53115, Bonn — ²Universitaet Stuttgart, 4. Physikalisches Institut, Pfaffenwaldring 57, 70550, Stuttgart

We have designed a highly nonlinear hollow-core photonic crystal fiber by filling its core with highly nonlinear liquids such as carbon disulfide. The fiber is shown to have an extremely high nonlinear parameter g , which, in the case of the incident pulse duration of 500 fs, is more than a thousand times as large than g in silica-core photonic crystal fibers. The group velocity dispersion curve of the fiber exhibits an anomalous dispersion in the near infrared, and its zero-dispersion wavelength is around 1.55 μ m. This leads to potentially significant improvements and a large bandwidth in supercontinuum generation at very low pulse energies. The spectral and temporal properties of the supercontinuum generation in liquid-core photonic crystal fibers are simulated by solving the nonlinear Schrödinger equation with the response function of carbon disulfide. In order to accomplish this task, we had to determine a complete quantitative response function in the femtosecond and picosecond regime for the first time.

Q 55.3 Mi 14:30 H14

Filling a spectral hole via self-phase modulation — ●ANDREAS PRÄKELT, MATTHIAS WOLLENHAUPT, CRISTIAN SARPE-TUDORAN, ANDREAS ASSION, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSA/T, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Self-phase modulation is used in different nonlinear optical experiments, such as nonlinear femtosecond laser pulse compression techniques and transient absorption spectroscopy. We used a spatial light modulator to remove an interval of frequency components from the spectrum of a femtosecond laser pulse. Spectral redistribution effects, due to self-phase modulation were studied. We give a physical picture of the surprising effect that the removed frequency components are not only generated by self-phase modulation but even overshoot their neighboring frequencies in power spectral density [1].

[1] A. Präkelt, M. Wollenhaupt, C. Sarpe-Tudoran, A. Assion, T. Baumert, Appl. Phys. Lett. 87, 121113 (2005)

Q 55.4 Mi 14:45 H14

Scaling up the energy of THz pulses created by optical rectification — ●IDA Z. KOZMA¹, ANDREJ G. STEPANOV², GÁBOR ALMÁSI³, JÜRGEN KUHLE², JÁNOS HEBLING³, and EBERHARD RIEDEL¹ — ¹LS für BioMolekulare Optik, Ludwig-Maximilians-Universität, München — ²Department of Experimental Physics, University of Pécs, Hungary — ³Max-Planck-Institute for Solid State Research, Stuttgart

The possibility for up-scaling the energy of sub-ps THz pulses generated by tilted pulse front excitation is demonstrated. Using 150-fs-long 500 μ J optical pump pulses at 800 nm up to 240 nJ THz pulse energy has been achieved [1]. For a 1.2 mm² pump spot area, the energy conversion efficiency of pump energy to THz pulse energy had a maximum of $5 \cdot 10^{-4}$ at 300 μ J pump pulse energy. The corresponding photon conversion efficiency amounts to 10 %. For comparison, the maximum attainable THz pulse energy was limited to 2.1 nJ if a line focusing excitation geometry was utilized. This limit was reached at 32 μ J pump energy. For the latter configuration the THz energy dropped for larger pump energies. In order to illustrate the very different type of development of the THz pulse inside the electro-optical crystal, results of model calculations are presented for both excitation geometries. The numerical simulations are in good agreement with the experimental results. The tilted pulse front excitation allows further up-scaling of the THz pulse energy by using a larger pump spot size and still stronger pump pulses. This set-up is an attractive source of THz pulses applicable for linear and nonlinear spectroscopic investigations as well as for large area THz imaging. [1] A. G. Stepanov, et al. Opt. Express 13, 5762 (2005)

Q 55.5 Mi 15:00 H14

Nichtlineare Effekte in Femtosekunden-Laser geschriebenen Wellenleiterarrays — ●ALEXANDER SZAMEIT¹, JONAS BURGHOFF¹, DOMINIK BLÖMER¹, THOMAS PERTSCH¹, STEFAN NOLTE¹ und ANDREAS TÜNNERMANN^{1,2} — ¹Institut für Angewandte Physik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — ²Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, Albert-Einstein-Strasse 7, 07745 Jena

Wir berichten über den Stand der Untersuchungen nichtlinearer Propagationseffekte in fs-Laser geschriebenen Wellenleiterarrays. Da solche Strukturen permanent sind, leicht hergestellt werden können und keine Limitierungen bezüglich ihrer Form besitzen, eignen diese sich in hervorragender Weise, um fortschrittliche Konzepte nichtlinearer integriert-optischer Bauelemente zu realisieren. Es ist erstmalig gelungen, in einem fs-Laser geschriebenen planaren Wellenleiterarray eine räumliche nichtlineare Lokalisierung anzuregen. Weiterhin stellte sich durch Analyse der Selbstphasenmodulation propagierender Pulse in den hergestellten Strukturen heraus, daß die effektive Nichtlinearität in solchen Wellenleiterstrukturen ein Herstellungsparameter ist, da durch die fs-Laser-Strukturierung nicht nur der lineare, sondern auch der nichtlineare Brechungsindex des Materials beeinflußt wird. Auf dieser Basis war es möglich, erstmalig auch eine zweidimensionale Lokalisierung in einem kubischen Wellenleiterarray zu erzeugen, wobei weiterhin starke Randeffekte beobachtet werden konnten. Die Ergebnisse dieser Arbeiten stellen die Grundlage für die zukünftige Forschung auf dem Gebiet der nichtlinearen Propagation in fs-Laser geschriebenen Wellenleiterarrays dar.

Q 55.6 Mi 15:15 H14

Polarization maintaining tapered fiber — ●RUI ZHANG¹ and HARALD GIESSEN² — ¹Department of Applied Physics, University of Bonn, Weglestrasse 8, 53115, Bonn — ²Universitaet Stuttgart, 4. Physikalisches Institut, Pfaffenwaldring 57, 70550, Stuttgart

We have designed a polarization-maintaining tapered fiber which shows an extremely large structure birefringence due to an elliptical cross section in the waist region. The propagation constant and group velocity dispersion were calculated based on the Maxwell equations and by using Mathieu functions. The zero dispersion wavelength of the odd dominant mode is located at a larger wavelength than that of the even dominant mode. With this polarization-maintaining tapered fiber, the efficiency of supercontinuum generation can be enhanced and the resulting supercontinuum is highly polarized. The spectral and temporal properties of the supercontinuum generation in polarization-maintaining tapered fiber are simulated by solving the nonlinear Schrödinger equation.

Q 55.7 Mi 15:30 H14

Ultraschnelles transientes Brechungsindexgitter: Instantanes optisches Schalten und Pulsschneiden — ●MARC HÄNEL¹, REINER P. SCHMID^{1,2} und JÜRGEN REIF^{1,2} — ¹Institut für Physik und Chemie, BTU Cottbus, Konrad-Wachsmann-Allee 1, 03046 Cottbus, Germany — ²JointLab BTU/IHP, BTU Cottbus, Konrad-Wachsmann-Allee 1, 03046 Cottbus, Germany

Basierend auf dem nichtlinearen optischen KERR-Effekt wird die Entstehung eines ultraschnellen transienten Brechungsindexgitters in transparenten Materialien mit großer Bandlücke demonstriert. Das transiente Gitter ist in der Lage mehrere verschiedene Wellenlängen gleichzeitig auf der Femtosekunden Zeitskala mit einer hohen Gesamteffizienz zu beugen. Durch den instantanen Charakter des transienten Gitters besteht weiterhin die Möglichkeit, aus einem individuellen, zeitlich längeren Sondenpuls, einen kurzen Femtosekunden-Puls herauszuschneiden. Mittels eines GRENOUILLE-Systems gelang eine vollständige Charakterisierung, sowohl des heraus gebeugten, als auch des modifizierten Sondenpulses. Dabei hat sich gezeigt, dass der herausgeschnittene Femtosekunden-Puls, selbst bei ungünstigen Ausgangsbedingungen der Original-Pulse, einen nahezu idealen zeitlich gaußförmigen Verlauf aufweist. Durch zeitlichen Versatz von Gitter und gechirpten Sondenpuls kann die Mittenfrequenz des herausgeschnittenen Pulses eingestellt werden. Des Weiteren wird gezeigt, dass man in der Rekonstruktion des Sondenpulses, den heraus gebeugten Teil als fehlende Intensität im zeitlichen Verlauf identifizieren kann. Hieraus entstehende Anwendungsmöglichkeiten des transienten Gitters werden diskutiert.

Q 55.8 Mi 15:45 H14

Ausbreitung phasenmodulierter intensiver ultrakurzer Lichtimpulse in transparenten optischen Materialien — ●MARCUS BEUTLER, ALEXANDER SÄVERT, SEBASTIAN HÖFER, WOLFGANG ZIEGLER und ROLAND SAUERBREY — Institut für Optik und Quantenelektronik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass Laserpulse mit Leistungen oberhalb von einigen 10 GW Lichtfilamente in Luft bilden. Wir untersuchen die Beeinflussung der Ausbreitungseigenschaften ultrakurzer intensiver Pulse in optischen Materialien mit phasenmodulierten Lichtimpulsen. Dazu wird ein Phasenmodulator, der aus einem SLM in einer 4f-Anordnung besteht, aufgebaut. Die Ausbreitung der phasenmodulierten Impulse wird in Luft und in Gläsern untersucht. Erste Experimente haben ergeben, dass sich die Erzeugung der 3. Harmonischen in Luft durch geeignete Phasenmodulationen optimieren lässt.

— 30 min. Pause —

Q 55.9 Mi 16:30 H14

Erzeugung von sichtbaren Spektralkomponenten mittels mikrostrukturierten optischen Fasern — ●DAMIAN SCHIMPF¹, THOMAS SCHREIBER¹, JENS LIMPERT¹ und ANDREAS TÜNNERMANN^{1,2} — ¹Institute of Applied Physics, Max-Wien-Platz 1, D-07743 Jena, Germany — ²Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Albert-Einstein-Strasse 7, D-07745 Jena, Germany

Ultrakurz gepulste Lichtquellen mit räumlicher Kohärenz, welche einen weiten Bereich im Sichtbaren mit (mW/nm)-Leistungen abdecken, sind für viele Anwendung der biomedizinischen Optik von Interesse. Im Vergleich zu Frequenzverdopplung und Optischer Parametrischer Verstärkung unter Verwendung von Festkörperlasern ist die direkte faserbasierte Erzeugung von sichtbarem Licht unkompliziert, kostengünstig und kompakt. Andererseits kann die Generation von sichtbaren Komponenten mittels Fasern auch mit diesen Konversationsmethoden kombiniert werden. Mikrostrukturierte Fasern besitzen eine besondere Dispersion und hohe Nichtlinearität, welche einen effizienten Transfer von NIR Pumpstrahlung (~ 1 micron) in den sichtbaren Bereich mittels Solitondynamik erlauben. Resultate von Dispersionsmessungen und deren Bedeutung für das Verständnis des Transferprozesses werden dargestellt. Theorie und experimentellen Ergebnisse des Pumplicht-Transfers zum sichtbaren Spektralbereich werden gezeigt. Besondere Beachtung wird dabei den Fasereigenschaften und den Parametern der Pumpkonfiguration zukommen. Faserbasierende Alternativen zur Solitondynamik-Frequenzkonversion werden außerdem Gegenstand des Vortrags sein.

Q 55.10 Mi 16:45 H14

Charakteristik und Instabilitäten eines durchstimmbaren, schmalbandigen Ytterbium Faserringlasers bei 1µm — ●MATTHIAS POSPIECH, MARTIN ENGELBRECHT, AXEL RÜHL, DIETER WANDT und DIETMAR KRACHT — Laserzentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover

Mit Seltenen Erden dotierte Glasfasern sind aufgrund ihres breiten Verstärkungsprofils hervorragend für weit durchstimmbare Laserquellen geeignet. Allerdings führen Instabilitäten und Absorptionseffekte bei diesen Systemen typischerweise zu Selbstgüteschaltung und Selbstmodenkopplung.

Wir präsentieren die Ausgangscharakteristik eines Yb-Faserringlasers bei 1µm. Der Laser ist über einen Wellenlängenbereich von 85 nm zwischen 1005 nm - 1090 nm durchstimmbar, mit einer Linienbreite von unter 2 GHz. Einflussfaktoren auf die Linienbreite und den Durchstimmbereich, sowie die Ursachen für Fluktuation in der Ausgangsamplitude und Instabilitäten werden diskutiert.

Q 55.11 Mi 16:30 H14

Enhancement of X-ray K_α flux from a laser-produced plasma by spatio-temporal pulse shaping — ●MARTIN SILIES, TOBIAS WITTING, HENRIK WITTE, and HELMUT ZACHARIAS — Physikalisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster

The generation of incoherent, but ultrashort K_α radiation by femtosecond laser induced plasmas is based on the action of several highly nonlinear processes. In order to optimize the X-ray yield and to increase the flux in our experiments for time-resolved X-ray diffraction experiments, a closed-loop X-ray optimization set-up with an evolutionary algorithm is assembled. A Ti:sapphire laser pulse with an energy of 600 µJ at 1 kHz repetition rate and a pulse duration of 28 fs is focused by an off-axis

parabolic mirror onto a moving metal target in order to produce material specific K_α radiation. An X-ray photodiode monitors the flux of the source and delivers the feedback signal for the closed-loop set-up. This set-up consists of a spatial light modulator for changing the temporal shape of the pulse in combination with a piezoelectric deformable mir-

ror in order to change the spatial profile, both simultaneously controlled by an evolutionary algorithm. With an iterative run with 50 generations each consisting of 30 individuals for both elements the X-ray flux of the source could be enhanced by nearly 50 percent from $8.27 \cdot 10^6$ to $1.27 \cdot 10^7$ K_α photons per second.

Q 56 Symposium Ultracold dipolar Gases

Zeit: Donnerstag 10:40–16:30

Raum: HV

Siehe Programmbereich SYDG.

Q 57 Hauptvortrag III

Zeit: Donnerstag 10:40–11:10

Raum: HVI

Hauptvortrag

Q 57.1 Do 10:40 HVI

Magnetische Metamaterialien — •EKATERINA SHAMONINA — Fachbereich Physik, Universität Osnabrück, 49069 Osnabrück — Trägerin des Hertha-Sponer-Preises

Metamaterialien, eine neue Klasse elektromagnetischer Stoffe, sind künstliche Strukturen, die aus Arrays von kleinen resonanten Elementen bestehen. Im Gegensatz zu photonischen Kristallen, in denen die Periodizität der Struktur vergleichbar mit der Wellenlänge ist, sind in Metamaterialien sowohl die Abmessungen einzelner Elemente als auch die Abstände zwischen Elementen viel kleiner als die Wellenlänge. Das heißt, während das elektromagnetische Verhalten eines photonischen Kristalls

auf Braggbeugungserscheinungen zurückzuführen ist, bestimmen in Metamaterialien Subwellenlängen-Phänomene deren ungewöhnlichen Eigenschaften. Insbesondere können sowohl die Permittivität ϵ als auch die Permeabilität μ beliebige (sowohl positive als auch negative) Werte annehmen. Wird in einem Frequenzbereich ϵ und μ gleichzeitig negativ, so wird auch die Brechzahl negativ. Im Vortrag wird die Entstehung der Forschungsrichtung Metamaterialien, auch im Rückblick auf viele frühe Beiträge, systematisiert. Dabei wird eine relativ neue Forschungsrichtung vorgestellt: Eigenschaften von Wellen, die sich an magnetisch gekoppelten Metamaterialien-Elementen ausbreiten können und die man zu Anwendungen wie Nahfeld-Abbildung, Nahfeld-Manipulation und Nahfeld-Sensorik einsetzen kann.

Q 58 Quantenkommunikation

Zeit: Donnerstag 11:10–12:40

Raum: HVI

Q 58.1 Do 11:10 HVI

Provable entanglement and security bounds of two-basis QKD protocols using qudits — •GEORGIOS NIKOLOPOULOS and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, D-64289 Darmstadt

It has been shown that a necessary precondition for secret key-distillation is that the two legitimate users can prove the presence of entanglement (quantum correlations) in their data. Recently [1], we investigated the values of the average disturbance up to which this condition is satisfied in the context of quantum cryptographic protocols using d -level systems. We mainly focused on schemes that use two mutually unbiased bases, thus extending the BB84 quantum key-distribution scheme to higher dimensions. Under the assumption of general coherent attacks, we obtained an analytic expression for the threshold disturbance up to which the two legitimate users of the protocol share provable entanglement. As long as the two legitimate users focus on their sifted key and treat each pair of data independently during the post-processing, our results are valid for arbitrary dimensions. Moreover we investigated the conditions under which an eavesdropper can saturate this theoretical bound, in the context of incoherent and two-qubit coherent attacks [2].

[1] G.M.Nikolopoulos, G.Alber, Phys. Rev. A. 72, 032320 (2005).

[2] G.M.Nikolopoulos, A.Khalique, G.Alber, EPJD (in print).

Q 58.2 Do 11:25 HVI

Quantum Memory and Two-Mode-Squeezing in Atomic Ensembles — •CHRISTINE MUSCHIK, KLEMENS HAMMERER, and J. IGNACIO CIRAC — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans Kopfermann-Strasse, D-85748 Garching, Germany

We propose two protocols for atomic ensembles interacting with light. The atomic ensemble is thereby placed in an external magnetic field and provides a fully passive beam-splitter-like or a purely active two-mode-squeezing-like interaction depending on the orientation of the external field. The passive version of the proposed experiment can be used as a quantum memory. A coherent pulse of light or a light-qubit can be written onto the spin state of the atoms and subsequently be read out. Remarkably the fidelity of the state transfer approaches unity exponentially in the coupling strength. The active version of the setup creates an EPR state between atoms and light respectively. The produced interspecies correlations produced in the scheme can be used to perform quantum teleportation and unconditional squeezing on the collective spin of the atomic sample. Spin squeezing which grows exponentially in the

coupling can be achieved. Both protocols are shown to be robust against the dominant sources of noise.

Q 58.3 Do 11:40 HVI

Practical quantum key distribution with two-way classical communication — •AEYSHA KHALIQUE, GEORGIOS M. NIKOLOPOULOS, and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, D-64289 Darmstadt.

We investigate the key generation rates and achievable distances for conventional Bennett-Brassard and six state protocols under realistic conditions using two-way purification protocols and Calderbank-Shor-Steane codes. In particular, we analyse the photon number splitting attack where legitimate users lack single photon sources and have lossy channels and inefficient detectors. Our analysis shows that two-way classical communication protocols increase the distance up to which a secret key can be distilled without compromising much on the key generation rate. Two-way classical communication protocols also help to suppress the sudden dip in key generation rate due to dark counts.

[1] D. Gottesman, H-K Lo, N. Lütkenhaus and J. Preskill, Quant. Inf. and Comp. 4, 325 (2004).

[2] D. Gottesman, H.-K. Lo, IEEE Trans. Inf. Th. 49, 457 (2003).

[3] A. Khalique, Georgios M. Nikolopoulos and G. Alber (in preparation).

Q 58.4 Do 11:55 HVI

Effective Channels in Quantum Key Distribution — •JOSEPH RENES¹ and MARKUS GRASSL² — ¹University of Darmstadt — ²University of Karlsruhe

Quantum key distribution highlights the power of quantum mechanics to improve information-theoretic tasks, showing that even a modest use of quantum information can have a profound impact on which sorts of possible protocols. For distributing a secret classical key to two separated parties, only the ability to prepare, transmit, and measure quantum states is needed; delicate multiparticle superpositions are not required. Upon completion of the quantum phase of the protocol, classical means of distilling the key can begin.

Formulating both parts of the protocol in entirely quantum-mechanical terms enables us to describe the whole enterprise as a quantum channel. From this perspective, the goal of the protocol is then to use this channel to create virtual entanglement between the parties. Then the monogamy of entanglement implies that classical keys reated from it are truly secret. While entanglement is not physically required, it arises virtually since to

an eavesdropper the prepare and measure scheme is consistent with a protocol using actual entanglement.

For QKD schemes possessing a high degree of symmetry, including essentially all protocols studied to date, the effective quantum channel takes on an especially simple form. We show how to determine the relevant symmetry operations and employ them to arrive at this description. This enables us to establish the security of a wide range of protocols, including in particular those based on equiangular spherical codes.

Q 58.5 Do 12:10 HVI

Vakuum Squeezing durch Austauschen von Seitenbändern — ●JESSICA SCHNEIDER, OLIVER GLÖCKL, ULRIC ANDERSEN und GERD LEUCHS — Institut für Optik, Information und Photonik, Max-Planck Forschungsgruppe, Universität Erlangen-Nürnberg, Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen

Gequetschte Vakuumzustände sind ein wichtiger Baustein in der Quantenoptik. Wir stellen ein Experiment vor, das es ermöglicht, Vakuum Squeezing für bestimmte Seitenbandfrequenzen aus gequetschtem, hellem, gepulstem Licht mit Hilfe eines Mach-Zehnder-Interferometers zu produzieren[1,2].

Mit diesem Interferometer, welches zwei verschieden lange Arme besitzt, wird Vakuum Squeezing erzeugt, indem die Seitenbänder eines hellen amplitudengequetschten Strahls (entstanden in einem Faser-Sagnac-Interferometer durch Ausnutzen der Kerr-Nichtlinearität) mit denen eines Vakuumeingangs vertauscht werden.

Q 59 Photonische Kristalle IV

Zeit: Donnerstag 11:10–12:55

Q 59.1 Do 11:10 HI

Nicht-resonante Wechselwirkungen in nichtlinearen Photonischen Kristallen — ●JOHANNES-GEERT HAGMANN¹, LASHA TKESHELASHVILI² und KURT BUSCH^{1,2} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe (TH) — ²Institut für Nanotechnologie (INT), Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

Seit einigen Jahren sind nichtlineare Photonische Kristalle aufgrund ihrer zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten Gegenstand vieler theoretischer und experimenteller Untersuchungen. Für Kristalle mit $\chi^{(2)}$ -Nichtlinearität standen dabei bisher fast ausschliesslich Effekte im Vordergrund, die auf resonanten Wechselwirkungsprozessen beruhen, so zum Beispiel die Möglichkeit der Frequenzverdopplung.

Wir erweitern einen kürzlich veröffentlichten Formalismus [1] zur Beschreibung von Blochwellen in nichtlinearen Photonischen Kristallen am Beispiel eines $\chi^{(2)}$ Kristalls für den Fall, dass Drei-Wellen Resonanzbedingungen verletzt sind, und diskutieren einfache Wechselwirkungen anhand der vereinfachten dynamischen Gleichungen. Die vorgeschlagene Methode kann gleichsam auf nicht-resonante Prozesse höherer Ordnung angewendet werden.

[1] S.N. Volkov, J.E. Sipe; Phys. Rev. E **70**, 066621 (2004)

Q 59.2 Do 11:25 HI

Evolution of pulses in Kerr-nonlinear photonic crystals — ●SABINE ESSIG¹, LASHA TKESHELASHVILI^{2,3}, and KURT BUSCH^{1,2,3} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft — ³DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe

One-dimensional photonic crystals with Kerr-nonlinear constituent materials can become transparent for sufficient intense pulses with carrier frequencies in the band gap. In the stationary region, these pulses were numerically discovered by Chen and Mills and are known as gap solitons [1].

We investigate the formation of gap solitons in nonlinear photonic crystals from given initial pulses. The evolution of such pulses are described by the nonlinear coupled mode equations [2], which are non-integrable. In order to obtain insight into the behaviour of pulses in these systems, we extend the variational approach of Anderson for the (integrable) nonlinear Schrödinger equation [3] to the nonlinear coupled mode equations. We compare analytical results with numerical studies of the pulse evolution.

[1] W. Chen and D.L. Mills, Phys.Rev.Lett. **58**, 160 (1987)

[2] C.M. de Sterke and J.E. Sipe, in *Progress in Optics*, vol. XXXIII, p.203, edited by E. Wolf, Elsevier Science, Amsterdam (1994)

Wir zeigen experimentelle Ergebnisse, die 2 dB squeezing im dunklen Ausgangsstrahl belegen.

[1] O. Glöckl et al., Opt. Lett. **29**, 1936 (2004)

[2] E. H. Huntington et al., Phys. Rev. A **71**, 041802 (R) (2005)

Q 58.6 Do 12:25 HVI

Remote State Preparation of a Single Atom — ●WENJAMIN ROSENFELD¹, STEFAN BERNER¹, MARKUS WEBER¹, JÜRGEN VOLZ¹, and HARALD WEINFURTER^{1,2} — ¹Department for Physics of LMU, 80799 München — ²Max-Planck-Institute of Quantum Optics, 85748 Garching

Entanglement is a key element of quantum information and communication applications. Of special interest is entanglement between different quantum objects like photons and atoms because it enables one to transfer an arbitrary quantum state from one atom to another at a remote location. This forms the basic ingredient for quantum repeater and quantum networks.

Here we demonstrate the remote state preparation of a single optically trapped Rb atom. In the first step the spin state of the atom is entangled with the polarization of a spontaneously emitted photon. Then an additional degree of freedom (spatial mode in an interferometer) is imprinted onto the photon. Performing a projective Bell state measurement on the resulting two-qubit photonic state, together with four local unitary transformations, finally allows to transfer any desired quantum state to the remote atom.

[3] D. Anderson, Phys.Rev.Lett. **27**, 3135 (1983)

Q 59.3 Do 11:40 HI

Dramatic enhancement of nonlinear optical frequency conversion efficiency in one-dimensional photonic crystals — ●CHRISTIANE BECKER¹, SEAN WONG¹, GEORG VON FREY-MANN¹, and MARTIN WEGENER² — ¹Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, 76021 Karlsruhe — ²Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe, 76131 Karlsruhe

Photonic crystals possess optical properties not present in any naturally occurring material. For nonlinear frequency conversion it is essential to have perfect phase matching between pumping and generated beams. In bulk material with normal dispersion the $\chi^{(3)}$ -frequency conversion process $\omega_{\text{signal}} = 2\omega_{\text{pump}} - \omega_{\text{seed}}$ usually doesn't fulfill phase matching condition in collinear propagation geometry and thus stays very inefficient. In photonic crystals, however, phase matching can be achieved due to the anomalous dispersion near the photonic stop gap without being accompanied by strong absorption.

We present nonlinear FDTD-simulations using the Bloch equations with two ultrashort optical pulses of frequencies ω_{pump} and ω_{seed} , collinearly propagating through a 80 period dielectric stack. The parameters are chosen to match real experimental conditions. Tuning the strong ω_{pump} -pulse to the low-energy side of the photonic stop gap reveals perfect phase matching. This results in a great enhancement of the generated ω_{signal} beam, over that of a bulk reference sample, by two orders of magnitude.

Q 59.4 Do 11:55 HI

Photonic crystal waveguides in the IOSOI-material-system — ●DANIEL PERGANDE¹, TORSTEN M. GEPPERT², ALEXEY MILENIN², CECILE JAMOIS³, and RALF B. WEHRSPHORN¹ — ¹Universität Paderborn, Dept. Physik, D-33095 Paderborn — ²Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Weinberg 2, D-06120 Halle — ³Advanced Technology Institute, University of Surrey, Guildford, Surrey, GU2 7XH, UK

Optical waveguides are a basic elements of any kind of photonic devices. One of the major advantages of the IOSOI system is its compatibility with standard Si processes, allowing for the simultaneous integration of photonic and electronic devices on the same chip. The IOSOI-material system consists of a symmetrical slab-structure made of a thin silicon layer embedded in between two silica layers.

Photonic crystal waveguides are realized by RIE/ICP-etching of IOSOI. For a W1 waveguide, guided modes lying below the lightline exist. As a consequence, in theory nearly lossless propagation of light in

the form of Blochmodes is possible.

First transmission measurements at 1.55 μm on conventional ridge waveguides as well as corresponding PhC waveguides successfully realized in the IOSOI material system show very low losses. Furthermore, first broadband measurements were performed on the PhC waveguides and show PhC properties, such as a stopgap and a bandedge.

Q 59.5 Do 12:10 HI

FEM Investigation of Light Propagation in Hollow Core Photonic Crystal Fibers — •JAN POMPLUN¹, SVEN BURGER¹, RONALD HOLZLÖHNER², ROLAND KLOSE¹, LIN ZSCHIEDRICH¹, and FRANK SCHMIDT¹ — ¹Zuse Institute Berlin, Takustraße 7, D - 14195 Berlin — ²European Southern Observatory, Karl-Schwarzschild-Straße 2, D - 85748 Garching

Hollow core holey fibers are promising candidates for low-loss guidance of light in various applications, e.g., for the use in laser guide star adaptive optics systems in optical astronomy. We present an accurate and fast method for the computation of light modes in arbitrarily shaped waveguides. Maxwell's equations are discretized using vectorial finite elements (FEM). We discuss how we utilize concepts like adaptive grid refinement and higher order finite elements, and we investigate the convergence behavior of our methods. Further, appropriate transparent boundary conditions for the computation of leaky modes in photonic crystal fibers will be discussed.

Q 59.6 Do 12:25 HI

Supercontinuum generation in planar rib waveguides — •ANTON HUSAKOU¹, OLGA FEDOTOVA², and JOACHIM HERRMANN¹ — ¹Max Born Institute, Max Born Str. 2a, 12489 Berlin, Germany — ²Institute of Solid State and Semiconductor Physics, Brovki str. 17, 220072 Minsk, Belarus

Many applications in research and engineering require sources of coherent broadband radiation, so-called supercontinuum (SC). Here we study the perspectives for generating supercontinuum spectra in planar rib waveguide structures, which can enable simple SC source in the framework of integrated optics. We calculate the dispersion of the rib waveguide by the effective refractive index method. The propagation of the pulse in the rib waveguide is described numerically using first-order forward

Maxwell equation without slowly-varying-envelope approximation and accounting for dispersion to all orders. In microstructure fibers, the supercontinuum generation in the anomalous dispersion range is connected with the splitting of the input pulse into several fundamental solitons, which emit phase-matched non-solitonic radiation. We show that this mechanism of SC generation is also effective in rib waveguides, because waveguide contribution to dispersion yields a broad range of anomalous dispersion. Due to the presence of two zero-dispersion wavelengths, non-solitonic radiation is emitted at both red- and blue-shifted wavelengths. As a result of our study we predict that for certain waveguides and input pulse parameters a 2-octaves-broad supercontinuum can be achieved in a planar rib waveguide.

Q 59.7 Do 12:40 HI

Mode interaction in coupled photonic crystal waveguides — •NICO SCHORR¹, HELMUT SCHERER¹, MARTIN KAMP¹, ALFRED FORCHEL¹, KLEMENS JANIAK², and HELMUT HEIDRICH² — ¹Technische Physik, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Germany — ²Heinrich-Hertz-Institut, Einsteinufer 37, D-10587 Berlin, Germany

The intricate mode structure of photonic crystal (PhC) waveguides makes them versatile building blocks for applications such as spectral filters, power splitters and similar devices. We have investigated the interaction of modes in coupled PhC waveguides. The photonic crystal is realized as a hexagonal lattice of air holes etched into a planar waveguide layer. The waveguides are defined by three missing rows of holes from this lattice. They have a length of 30 lattice periods and are separated by PhC blocks with varying thickness (one to three rows of holes).

The structures are fabricated from passive InP/InGaAsP slab waveguides, which consist of a 420 nm thick quaternary waveguide core grown on an InP substrate and capped by a 200 nm thick InP cladding layer. The PhC patterns with periods in the range of 350 to 420 nm are etched to a depth of more than $3.5\mu\text{m}$ into the semiconductor. A tunable laser source ($\lambda = 1480 - 1580\text{nm}$) is used to probe the structures.

The power at the end of the original waveguide shows a clear drop in certain spectral regions, whereas the power in the coupled waveguide increases. This is caused by coupling of light from the fundamental waveguide mode to a higher order mode, which in turn transfers the light to the coupled waveguide.

Q 60 Laserspektroskopie I

Zeit: Donnerstag 11:10–12:55

Raum: HII

Q 60.1 Do 11:10 HII

Transiente Zweiphoton-Absorptionslinienform wasserstoffartiger Ionen — •MARTIN HAAS, ULRICH D. JENTSCHURA und CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

In der Präzisionspektroskopie der meisten Zweiphoton-Übergänge spielt die zeitabhängige Betrachtung des Anregungsprozesses bei der Modellierung der Absorptionslinienform eine entscheidende Rolle, da das System durch Absorption eines weiteren Photons ionisiert werden kann. In diesem Beitrag betrachten wir den Einfluss der endlichen Lebensdauer des angeregten Zustands auf die Linienform in Systemen mit verschiedenen Kernladungszahlen Z . Die relative Größe der spontanen Zerfallsrate und der Ionisationsrate, und quasi-stationäre Zustände des Systems werden besprochen. Beim $1S-2S$ Übergang beispielsweise ist die Dynamik für $Z=1$ und $Z>2$ schon grundlegend verschieden. Das Verständnis dieser Effekte erlaubt mittels Monte Carlo Simulationen die Voraussage von zu erwartenden Zählraten in zukünftigen Experimenten und die Berechnung der frequenzabhängigen Ionisationswahrscheinlichkeit.

Q 60.2 Do 11:25 HII

Investigation of PS II composition in *Acaryochloris marina* by picosecond fluorescence spectroscopy — •FRANZ-JOSEF SCHMITT¹, CHRISTOPH THEISS¹, HANN-JÖRG ECKERT² und HANS JOACHIM EICHLER¹ — ¹Optisches Institut P 1-1, Technische Universität Berlin — ²Max-Volmer-Laboratorium, Technische Universität Berlin, Strasse des 17. Juni 135, D-10623 Berlin

Most oxygenic photosynthetic organisms contain mainly Chl a and Chl b . The cyanobacterium *A. marina* is the only known organism containing mainly Chl d and phycobiliproteins in the light harvesting antenna system. The Q_y absorption band of Chl d is shifted towards longer wavelengths with respect to Chl a . This spectroscopic property raises

important questions about the mechanism of excitation energy transfer between the antenna pigments. Especially the nature of the primary donor of Photosystem II (PS II) of *A. marina* is still a matter of discussion. At 77 K a long-lived 15 ns-fluorescence component was observed at 685 nm and ascribed to delayed Chl a -fluorescence occurring after charge recombination between the primary electron donor and the primary electron acceptor of PS II [1]. In this report it is shown that the spectrum of the 15 ns component is not typical for Chl a and was only observed upon excitation at 400 nm but not upon excitation at 632 and 654 nm. After photoinhibition such a fluorescence component appeared in the spectroscopic region of Chl d (725 nm). Based on this results it cannot be assigned to a delayed Chl a -fluorescence and therefore not used as an argument that the primary donor of PS II contains Chl a .

[1] M. Mimuro et al, FEBS Lett. 2004, 556, 95-98.

Q 60.3 Do 11:40 HII

Competing photochromic properties of photoexcited small electron and hole polarons in LiNbO_3 — •C. MERSCHJANN, M. IMLAU und M. WÖHLECKE — Fachbereich Physik, Universität Osnabrück, Barbarastraße 7, D-49069 Osnabrück

Chemically reduced congruently melting lithium niobate possesses $\text{Nb}_{\text{Li}}^{4+}:\text{Nb}_{\text{Nb}}^{4+}$ - bipolarons. These bipolarons can be dissociated either thermally or via illumination with intense light in the blue-green spectral range yielding both bound ($\text{Nb}_{\text{Li}}^{4+}$) and free ($\text{Nb}_{\text{Nb}}^{4+}$) small polarons. In addition to this optical dissociation, small (O^-) hole polarons are present in LiNbO_3 due to multi-photon-excitation. Small electron and hole polarons exhibit characteristic absorption bands, thus their simultaneous excitation and decay can be studied using transient absorption spectroscopy. With this method we have investigated the competition of the photochromic properties of the respective polarons in reduced LiNbO_3 crystals upon excitation with intense light pulses at $\lambda = 532\text{nm}$. We found that

each particular polaron can be studied separately by choosing adequate wavelengths of the probing beam. The photochromic behavior is determined in differently reduced samples as a function of pump intensity and temperature. The results of our systematic study can be successfully interpreted within an energy band model taking the polaronic contributions into account. As a remarkable feature we found that the transient photochromic absorption can vanish completely in the blue-green spectral range due to the competing photochromic properties of the polarons involved. Supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (Projects IM 37/2-1 and TFB 13-04).

Q 60.4 Do 11:55 HII

Charakterisierung eines Rubidium EFADOF Kantenfilter unter moderaten Pumpleistungen. — ●ALEXANDRU POPESCU und THOMAS WALTHER — Institut für Angewandte Physik, AG Laser und Quantenoptik, Technische Universität Darmstadt, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Schmalbandige Kantenfilter stellen für verschiedene Anwendungen der optischen Messtechnik ein alternatives Verfahren dar genaue Wellenlängenmessungen auf einfach durchzuführende Intensitätsmessungen zu überführen. Im Gegensatz zu etablierten Interferometer-Methoden sind zwar atomare und molekulare Kantenfilter auf bestimmte schmalbandige Wellenlängenbereiche limitiert, bieten aber als statische Bauelemente den wichtigen Vorteil einer sehr hohen mechanischen Stabilität. Letzteres macht ihren Einsatz in instabilen Umgebungen, wie z.B. flugzeuggestützten LIDAR Systemen, attraktiv. Im Vortrag wird allgemein auf die Charakteristika von Faraday anomalous dispersion optical filter (FADOF) Systemen und im Besonderen auf excited state FADOFs (EFADOF) eingegangen. Dazu werden auf Rb-Gaszellen basierende FADOF und EFADOF Systeme vorgestellt, welche zur Messung von Temperaturprofilen im Ozean als Detektorsystem untersucht werden.

Q 60.5 Do 12:10 HII

Echtzeit-Detektion von Minen und improvisierten Sprengmitteln — ●CHRISTIAN BOHLING¹, KONRAD HOHMANN¹, DIRK SCHEEL¹, DIRK NODOP¹, CHRISTOPH BAUER², GERHARD HOLL³ und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnitzstrasse 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²LaserAnwendungsCentrum, TU Clausthal, Arnold Sommerfeldstr. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld — ³WIWEB, Grosses Cent, 53913 Swisttal-Heimerzheim

In eine Minensuchnadel wird eine kompakte Optik integriert, welche es ermöglicht, eine vor der Minensuchnadelspitze befindliche Oberfläche spektroskopisch (LIBS) zu untersuchen. Als Strahlquelle wird ein Yb-Faserverstärker verwendet, welcher von einem Cr⁴⁺Nd³⁺:YAG-Microchip-Laser geseedet wird. Die Laserpulse ($\lambda = 1,064\mu\text{m}$, $E_p = 0.6\text{mJ}$, $f_{\text{rep}} = 2$ bis 20kHz , $\Delta t = 1\text{ns}$) werden durch eine optische Faser zur Spitze der Minensuchnadel geleitet, wo sie ein Plasma erzeugen. Die Plasmaemission wird spektral und zeitaufgelöst charakterisiert. Ein Datenverarbeitungssystem auf der Basis neuronaler Netze erlaubt eine Aussage über das vorliegende Material. Zur Detektion von improvisierten Sprengmitteln wird deren Oberflächen hinsichtlich Kontamination durch Sprengstoffe überprüft. Zur Erhöhung der spektroskopischen Signifikanz wird das System an die Absorption des zu untersuchenden Materials angepasst. Im Falle von Kunst- und Explosivstoffen wird ein starker Anstieg

der Absorption im Bereich zwischen $1.1\mu\text{m}$ und $1.6\mu\text{m}$ beobachtet. Eine entsprechende Strahlquelle wird durch einen in einer Yb-Er dotierten Faser nachverstärkten Er:Glass-Microchip-Laser realisiert.

Q 60.6 Do 12:25 HII

Absorption and Emission Spectroscopic Characterisation of Blue-light Receptor LOV1 - LOV2 Domain of Phot from Chlamydomonas reinhardtii — ●SANG-HUN SONG¹, BERNHARD DICK¹, PEYMAN ZIRAK², ALFONS PENZKOFER², TINA SCHIEREIS³, and PETER HEGEMANN³ — ¹Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, Universität Regensburg, 93053 Regensburg, Germany — ²Institut II - Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ³Institut für Biologie, Experimentelle Biophysik, Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstr.42, D-10115 Berlin, Germany

The combined wild-type LOV1 - LOV2 domain string with His-tag (abbreviated LOV1/2-His) of phot from the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* is characterized by absorption and emission spectroscopy. Blue-light photo-excitation generates a non-fluorescent intermediate photoproduct (flavin-C(4a)-cysteinyll adduct with absorption peak at 390 nm). The fluorescence quantum yield of the dark adapted samples is approximately 0.15. After light exposure a bi-exponential absorption recovery is resolved with time constants of 30 s and 8.7 min. The quantum yield of photo-adduct formation is extracted from excitation intensity dependent absorption measurements. It changes from about 0.2 at low excitation intensity to about 0.1 at high excitation intensity. The behaviour of the combined wildtype LOV1 - LOV2 double domain is compared with the behaviour of the separate LOV1 and LOV2 domains.

Q 60.7 Do 12:40 HII

Photodynamics of the small BLUF protein BlrB from Rhodobacter sphaeroides — ●PEYMAN ZIRAK¹, ALFONS PENZKOFER¹, TINA SCHIEREIS², PETER HEGEMANN², ASTRID JUNG³, and ILME SCHLICHTING³ — ¹Institut II * Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ²Institut für Biologie, Experimentelle Biophysik, Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstr.42, D-10115 Berlin, Germany — ³Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Abteilung Biomolekulare Mechanismen, Jahnstrasse 29, D-69120 Heidelberg, Germany

The BLUF protein BlrB from the non-sulphur anoxygenic phototrophic purple bacterium *Rhodobacter sphaeroides* is characterized by absorption and emission spectroscopy. The dark-adapted protein exists in two different receptor conformations with different sub-nanosecond fluorescence lifetimes. Some of the flavin-cofactor (ca. 8 %) is unbound in thermodynamic equilibrium with the bound cofactor. The two receptor conformations are transformed to putative signalling states of decreased fluorescence efficiency and shortened fluorescence lifetime by blue-light excitation. In the dark both signalling states recover back to the initial receptor states with a time constant of about 2 s. A quantum yield of signalling state formation of about 90 % was determined by intensity dependent transmission measurements. Extended blue-light excitation causes unbound flavin degradation and bound cofactor conversion to the semiquinone form. The flavin-semiquinone further reduces and the reduced flavin re-oxidizes back in the dark.

Q 61 Gruppenbericht Präzisionsmessungen

Zeit: Donnerstag 11:10–11:40

Raum: HIV

Gruppenbericht

Q 61.1 Do 11:10 HIV

Der Gravitationswellendetektor GEO600; Status und erste Ergebnisse — ●HARALD LÜCK und DAS GEO600 TEAM . — Albert-Einstein-Institut Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Der Gravitationswellendetektor GEO600, ein Michelson Interferometer mit 600m langen Armen, das in deutsch/britischer Zusammenarbeit

in der Nähe von Hannover errichtet wurde, hat eine Empfindlichkeit erreicht, die gemeinsam mit den anderen großen interferometrischen Gravitationswellendetektoren wissenschaftlich interessante Aussagen über astronomische Quellen von Gravitationswellen zulässt. Dieser Vortrag berichtet über den aktuellen Stand von GEO600 und erste Ergebnisse.

Q 62 Präzisionsmessungen I

Zeit: Donnerstag 11:40–12:40

Raum: HIV

Q 62.1 Do 11:40 HIV

Ein Schwingungsunempfindlicher optischer Referenzresonator — •TATIANA NAZAROVA, FRITZ RIEHLE und UWE STERR — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Zur Erzeugung kleinster Linienbreiten wird bei optischen Uhren die Frequenz eines Lasers auf einen optischen Resonator stabilisiert. Für diesen haben wir eine neuartige symmetrische Halterung mit der Methode der Finiten Elemente optimiert und verwirklicht, bei der sich die Verformungen in der oberen und der unteren Hälfte kompensieren. So führen beschleunigungsinduzierte Verformungen des Resonators nicht zu einer Längenänderung auf der optischen Achse. Gegenüber dem bisherigen von unten gehaltenen Referenzresonator, mit dem eine Laserlinienbreite von 1 Hz erreicht wurde, konnte so die Vibrationsempfindlichkeit um zwei Größenordnungen reduziert werden. Damit sind jetzt Vibrationsempfindlichkeiten von vertikal 1,5 kHz/(m/s²) und horizontal von 13 kHz/(m/s²) erreicht worden.

Q 62.2 Do 11:55 HIV

Rotation sensor based on cold atoms — •THIJS WENDRICH, TOBIAS MÜLLER, MICHAEL GILOWSKI, ERNST M. RASEL, and WOLFGANG ERTMER — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Matter-wave interferometry has a very high sensitivity for detecting accelerations and rotations, which makes it an ideal tool for applications in fundamental physics and metrology, such as tracking locally the rotation of the earth or measuring the relativistic Lense-Thirring effect[1]. In the project CASI (Cold Atom Sagnac Interferometer) an inertial sensor based on matter-wave interferometry is realised to measure rotations and accelerations. To distinguish between them, we designed the apparatus to use two counterpropagating interferometers in a Mach-Zender-geometry for a differential measurement. Each of the two atomic Rubidium sources has a two stage design, consisting of a 2D-MOT and a following 3D-MOT, to launch the cloud of cold atoms into the interferometer chamber. The optical transitions used for the atom interferometer are based on Raman transitions between the two ground-states of Rb87 and are driven by two MOPA systems stabilised to a very stable microwave reference. Thus it will be possible to test various interferometer configurations in time and space. The shotnoise limited sensitivity of the interferometer, when completed, is expected to be $2 \cdot 10^{-9}$ rad/s for $1 \cdot 10^8$ atoms per shot at a velocity of 3m/s. We will be presenting a status report of the project and show first results. [1] C. Jentsch, T. Müller, E.M. Rasel, and W. Ertmer, Gen. Rel. Grav. 36(10), 2197(2004)

Q 62.3 Do 12:10 HIV

Einflüsse von Strahlverschiebung und -verkipfung auf die Frequenz stabiler Resonatoren — •SASCHA SKORUPKA, MICHAEL TRÖBS, GERHARD HEINZEL und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

LISA (Laser Interferometer Space Antenna) soll Gravitationswellen im Frequenzbereich von 0,1 mHz bis 1 Hz detektieren. Dazu werden unter anderem hochstabile Laser benötigt. Mit einem Aufbau zweier unabhängiger Nd:YAG Ringlaser, die auf Resonatoren hoher Finesse stabilisiert werden, erreichen wir z.Z. eine Frequenzstabilität (in spektraler Dichte) von besser als $30 \text{ Hz}/\sqrt{\text{Hz}}$ ab 3 mHz. Zum besseren Verständnis der verschiedenen Rauschbeiträge, gerade im unteren Frequenzbereich, wurden unter anderem die Einflüsse von Strahlverschiebung und -verkipfung am optischen Resonator auf seine Eigenfrequenz untersucht. Dazu wurde mit Hilfe von Piezo-Spiegeln der Laserstrahl am Eingang des optischen Resonators kontrolliert verkippt oder verschoben und der Einfluss auf die Frequenz bei verschiedenen Bewegungsgeschwindigkeiten gemessen. Die geometrischen Abweichungen zwischen Resonatormode und Laserstrahl wurden mit dem Differential-Wavefront-Sensing-Verfahren erfasst. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse und mögliche Interpretationen dargestellt.

Q 62.4 Do 12:25 HIV

Der weltraumgestützte Gravitationswellendetektor Laser Interferometer Space Antenna (LISA) und sein Technologiedemonstrator LISA Pathfinder — •MICHAEL TRÖBS¹, JOHANNA BOGENSTAHL^{1,2}, GUDRUN DIEDERICH¹, ROLAND FLEDDERMANN¹, ANTONIO F. GARCIA MARIN¹, FELIPE GUZMAN CERVANTES¹, JENS REICHE¹, SASCHA SKORUPKA¹, FRANK STEIER¹, VINZENZ WAND¹, GERHARD HEINZEL¹ und KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover — ²Institute for Gravitational Research, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, Scotland, UK

Laser Interferometer Space Antenna (LISA) ist eine gemeinschaftliche ESA/NASA Mission mit dem Ziel, Gravitationswellen im Frequenzband von 10^{-4} bis 10^{-1} Hz zu detektieren, in dem erdgebundene Gravitationswellendetektoren durch das Gravitationsrauschen auf der Erde limitiert sind. Quellen in diesem Frequenzbereich beinhalten supermassive Schwarze Löcher und Galaktische Binärsysteme. LISA besteht aus drei Satelliten in einem Abstand von 5 Millionen Kilometern, die insgesamt 6 freifliegende Testmassen in heliozentrischen Orbits beinhalten. Abstandsänderungen zwischen Testmassen auf verschiedenen Satelliten werden interferometrisch mit Pikometer Auflösung gemessen. LISA Pathfinder ist eine Technologiedemonstratormission für LISA mit nur einem Satelliten. Er wird 2009 gestartet, fünf Jahre vor LISA. Wir geben einen Überblick über die Entwicklung von LISA und LISA Pathfinder mit dem Schwerpunkt Interferometrie.

Q 63 Quanteninformation V

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: HVI

Q 63.1 Do 14:00 HVI

Fitting channels to tomography data — •MICHAEL REIMPELL and REINHARD F. WERNER — Institut für Mathematische Physik, TU Braunschweig, Mendelssohnstraße 3, 38106 Braunschweig

Quantum channel tomography yields a sequence of measuring results for the preparations and measurements given by the tomography strategy. These results are subject to errors and therefore may be contradictory or unphysical. We show that a quantum channel, which is close to the tomography data in a least squares sense, can efficiently be found via conic programming. For incomplete tomography, the result may not be unique. In this case, we compute the best and worst case fidelity with respect to a given unitary channel.

Q 63.2 Do 14:15 HVI

Optimal jump operators for monitoring entanglement — •OLIVIER BRODIER, M. BUSSE, C. VIVIESCAS, A. R. R. DE CARVALHO, and A. BUCHLEITNER — M.P.I.P.K.S. Nothnitzer Str. 38 D-01187 DRESDEN GERMANY

We present a simple procedure which gives analytically the short time behaviour of entanglement of an initially pure state coupled to a Markovian bath.

The derivation exhibits an optimal choice of jump operators which unravel the evolution of the reduced density operator.

The method is straightforward for a bipartite 2 levels system, and can be extended approximately to multipartite cases.

Q 63.3 Do 14:30 HVI

Unterscheidung beliebiger Quantenzustände — ●STEFAN T. PROBST-SCHENDZIELORZ¹, ALEXANDER WOLF¹, MATTHIAS FREYBERGER¹, IGOR JEX² und JANOS BERGOU³ — ¹Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm — ²Department of Physics, FNSPE, Czech Technical University Prague, Brehova 7, 11519 Praha, Czech Republic — ³Department of Physics, CUNY Hunter College, 695 Park Avenue, New York, NY 10021, USA

Die fehlerfreie Unterscheidung unbekannter quantenmechanischer Zustände ist im Allgemeinen eine schwer zu lösende Aufgabe. Für bekannte nicht-orthogonale Zustände ist das Konzept einer verallgemeinerten Messung (POVM) schon eingehend studiert. Falls Kopien der zu unterscheidenden Zustände verfügbar sind, kann man auch eine verallgemeinerte Messung anhand der Symmetriebedingungen der verschiedenen Zustände entwerfen. Wir präsentieren die grundlegenden Eigenschaften dieses POVMs und dazu ein unitäres Netzwerk für eine mögliche quantenoptische Implementierung dieser Messung.

Q 63.4 Do 14:45 HVI

Quantum Bit Commitment Revisited — the Possible and the Impossible — ●DENNIS KRETSCHMANN — Institut für Mathematische Physik, Technische Universität Braunschweig, <http://www.imaph.tu-bs.de> — Centre for Quantum Computation, DAMTP, University of Cambridge, <http://qubit.damtp.cam.ac.uk>

Bit commitment is a cryptographic primitive involving two mistrustful parties, conventionally called Alice and Bob. Alice is supposed to submit an encoded bit of information to Bob in such a way that Bob has (almost) no chance to identify the bit before Alice decodes it for him, and Alice has (almost) no way of changing the value of the bit after she has submitted it.

A famous 1996 no-go theorem by Lo, Chau, and Mayers rules out *unconditionally secure* bit commitment protocols, in which — very much in parallel to quantum key distribution — the security of the protocol is guaranteed by the laws of quantum physics alone. In this contribution we substantially strengthen the impossibility proof to incorporate protocols with unknown parameters or anonymous states. The proof applies to deterministic and probabilistic protocols with any number of rounds and is based on the continuity of Stinespring's representation. Our description also provides a natural classification of those protocols that fall outside the standard setting, and thus may allow secure bit commitment. These include protocols that rely on relativistic signaling constraints, communication over noisy channels, or trusted local decoherence. We present a new such protocol in which, perhaps surprisingly, decoherence in Bob's lab guarantees secure bit commitment.

Q 63.5 Do 15:00 HVI

Quantum state reconstruction of an intense polarization squeezed state — ●CHRISTOPH MARQUARDT¹, JOEL HEERSINK¹, MARIA V. CHEKHOVA², ANDREI B. KLIMOV³, LUIS L. SANCHEZ-SOTO⁴, ULRIK L. ANDERSEN¹, and GERD LEUCHS¹ — ¹Institute for Optics, Information and Photonics, Max-Planck Research Group, Universität Erlangen-Nürnberg, Günther-Scharowsky-Str. 1 / Bau 24, 91058 Erlangen — ²Department of Physics, Moscow M.V. Lomonosov State University, 119992 Moscow, Russia — ³Departamento de Física, Universidad de Guadalajara, *Revolución 1500, 44420 Guadalajara, Jalisco, Mexico — ⁴Departamento de Optica, Facultad de Física, Universidad Complutense, 28040 Madrid, Spain

By reconstructing the density matrix or Wigner function, one gains full information about a given quantum state. Such reconstructions have been shown for various quantum systems[1]. We use a source of intense polarization squeezed fs-pulses which are generated inside an optical fiber exploiting the nonlinear Kerr effect[2]. For these states Stokes measurements for various angles of the Poincare sphere were performed. To reconstruct the Wigner function one has to take into account the algebraic properties of the quantum Stokes operators. We report on the reconstruction of such a Wigner function from experimental data.

[1] A.I.Lvovsky, M.G.Raymer, *quant-ph/0511044*

[2] J. Heersink et al., *Opt. Lett.* 30, 1192 (2005)

Q 63.6 Do 15:15 HVI

Experimentelle Purifikation von gequetschten Zuständen — ●BORIS HAGE¹, ALEXANDER FRANZEN¹, JAROMIR FIURASEK², PETR MAREK², RADIM FILIP², SIMON CHELKOWSKI¹, HENNING VAHLBRUCH¹, KARSTEN DANZMANN¹ und ROMAN SCHNABEL¹ — ¹Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Institut für Gravitationsphysik der Universität Hannover — ²Department of Optics, Palacky University, Olomouc, Czech Republic

Wir stellen ein experimentelles Schema sowie erste Ergebnisse zur Purifikation von gequetschten Zuständen vor, welche nach einer Transmission durch einen rauschbehafteten Kanal Phasenfluktuationen zeigen. Es handelt sich dabei um Quadraturamplituden-gequetschte Zustände kontinuierlicher Laserstrahlung.

Unser Vorschlag besteht darin, zwei Kopien der gestörten (gemischten) Zustände auf einem 50:50 Strahlteiler zu überlagern und einen Ausgang des Strahlteilers mit einem Homodyndetektor zu beobachten. Fällt bei dieser Detektion der Messwert unter eine bestimmte Schwelle, so dient dieses Ereignis als Trigger für die Verwertung des anderen Ausgangs für weitere Experimente. Um das Prinzip zu demonstrieren, bestehen letztere zunächst lediglich aus einem weiterem Homodyndetektor, mit welchem der Erfolg der Purifikation vermessen werden kann. Dieses Schema besticht durch seine einfache Realisierbarkeit im Vergleich zu anderen Vorschlägen, die hocheffiziente Einzelphotonendetektion voraussetzen (D. E. Browne et al., *Phys. Rev. A* 67, 0623208 2003).

Q 63.7 Do 15:30 HVI

Quantum states on Harmonic lattices — ●NORBERT SCHUCH, J. IGNACIO CIRAC, and MICHAEL M. WOLF — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching

We investigate bosonic Gaussian quantum states on an infinite cubic lattice in arbitrary spatial dimensions. We derive general properties of such states as ground states of quadratic Hamiltonians for both critical and non-critical cases. Tight analytic relations between the decay of the interaction and the correlation functions are proven and the dependence of the correlation length on band gap and effective mass is derived. We show that properties of critical ground states depend on the gap of the point-symmetrized rather than on that of the original Hamiltonian. For critical systems with polynomially decaying interactions logarithmic deviations from polynomially decaying correlation functions are found.

Q 63.8 Do 15:45 HVI

Optimal unambiguous state discrimination of two density matrices — ●PHILIPPE RAYNAL and NORBERT LUETKENHAUS — Institut für theoretische Physik I, Max-Planck-Forschungsgruppe, Universität Erlangen-Nürnberg, Staudtstr. 7/B1, 91058 Erlangen

Quantum state discrimination is a fundamental task in quantum information theory. The signals are usually nonorthogonal quantum states, which implies that they can not be perfectly distinguished. One possible discrimination strategy is the so-called Unambiguous State Discrimination where the states are successfully identified only with some probability, but without error. The optimal USD measurement has been extensively studied for pure states, especially for any pair of pure states. In the case of a pair of generic mixed states, no complete solution is known. However, the dimension of the generic problem can often be reduced [1]. Moreover bounds on the optimal success probability have been derived [2,3] and for a given pair of mixed states those bounds can be reached if and only if two explicit conditions are met [3]. We go beyond this result by providing optimal solutions for any two states ρ_0 and $\rho_1 = U\rho_0U$, $U^2 = 1$ in dimension 4 with equal *a priori* probabilities. ρ_0 and ρ_1 are called Geometrically Uniformed states. This class of problems includes the discrimination of the basis information in the BB84 QKD protocol with coherent states.

[1] Ph. Raynal, N. Lütkenhaus, S.J. van Enk, *PRA* 68, 022308 (2003)

[2] Ph. Raynal, N. Lütkenhaus, *PRA* 72, 022342 (2005)

[3] U. Herzog, *PRA* 71, 042314 (2005)

Q 64 Photonische Kristalle V

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: HI

Q 64.1 Do 14:00 HI

3D photonic quasicrystals for near-infrared frequencies — ●A. LEDERMANN¹, M. WEGENER¹, L. CADEMARTIRI², G. A. OZIN², D. WIERSMA³, and G. VON FREYMAN⁴ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe — ²Department of Chemistry, University of Toronto, 80 St. George Street, Toronto, Ontario, M5S 3H6, Canada — ³European Laboratory for Nonlinear Spectroscopy and INFN-Matis, 1.50019-Sesto Fiorentino, Firenze, Italy — ⁴Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, 76021 Karlsruhe

Photonic quasicrystals (PhQCs) are deterministically generated structures without translational symmetry. As intermediate organization state between random materials and photonic crystals (PhCs) PhQCs are expected to provide yet richer physics than "normal" PhCs. Furthermore, PhQCs are expected to open complete band-gaps for lower index contrasts than expected for conventional PhCs. Besides these properties, which can be probed in microwave model experiments [1], even in perfect PhQCs a mixture of diffusive and ballistic transport channels as well as localized modes are expected. For corresponding experiments with pulsed laser sources, optical properties should lay in the near-infrared. Here we present for the first time PhQCs fabricated via direct laser writing [2] in photoresist. These structures are characterized by optical diffraction measurements. Comparison of these data with theory reveals the ten-fold symmetry expected for three-dimensional icosahedral PhQCs.

[1] W. Man et al., *Nature* **436**, 993 (2005)

[2] M. Deubel et al., *Nature Mater.* **3**, 444 (2004)

Q 64.2 Do 14:15 HI

3D-2D-3D photonic crystal heterostructures by direct laser writing — ●M. DEUBEL¹, M. WEGENER¹, S. JOHN², S. LINDEN³, and G. VON FREYMAN³ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe — ²Department of Physics, University of Toronto, 60 St. George Street, Toronto, Ontario, M5S 1A7, Canada — ³Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, 76021 Karlsruhe

In 2D photonic crystals, radiation losses into the third dimension pose fundamental performance limitations. These limitations can be overcome in 3D-2D-3D photonic crystal heterostructures, comprising waveguides etc. in the 2D layer. This architecture allows for the incorporation of several parallel 2D layers, leading to a true three-dimensional photonic circuitry.

Here we use direct laser writing [1] for the fabrication of corresponding photoresist templates. Combined with the recent breakthrough of silicon double inversion of polymeric templates [2] leading to the required high-index contrast structures, our work provides a starting point for the realization of the above challenging architectures.

To assess the optical quality of such structures, we have performed normal and oblique incidence transmittance spectroscopy. This reveals a peak related to the Fabry-Perot mode of the 2D structure clad between two 3D photonic crystal "mirrors". A direct comparison with calculated transmittance spectra reveals good agreement.

[1] M. Deubel et al., *Nature Mater.* **3**, 444 (2004)

[2] N. Tétéreault et al., *Adv. Mater.*, DOI:10.1002/adma.200501674

Q 64.3 Do 14:30 HI

Direct-writing of 3D photonic crystals by two-photon polymerization technique — ●ALEKSANDR OVSIANIKOV, NIR GROSSMAN und BORIS CHICHKOV — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

In this contribution, we present our recent results on the fabrication of arbitrary shaped 3D photonic crystal using 2PP technique. Flexibility of this technique enables realization of wide range of different 3D topologies, and in contrast to other approaches it is not limited to layer by layer structures. Fabricated woodpile and spiral 3D photonic crystal structures will be demonstrated and investigations of their optical properties will be reported.

Q 64.4 Do 14:45 HI

Herstellung von photonischen Kristallen mit hohem Aspektverhältnis in Lithiumniobat — ●HOLGER HARTUNG¹, THOMAS GISCHKAT², FRANK SCHREMPPEL², ERNST-BERNHARD KLEY¹ und ANDREAS TÜNNERMANN¹ — ¹Institut für Angewandte Physik Universität Jena — ²Institut für Festkörperphysik Universität Jena

Die Herstellung periodischer Strukturen zur Erzeugung einer photonischen Bandlücke erfordert eine gute Kontrollierbarkeit von Periodizität, Größe und Form der Strukturen. Für die Herstellung von photonischen Kristallen in Gläsern liefern herkömmlichen Verfahren wie Trockenätzen ausreichend gute Ergebnisse. Lithiumniobat zeigt gegenüber diesen Verfahren jedoch eine hohe Widerstandsfähigkeit und die Anwendung dieser Verfahren führt zu unbefriedigenden Ergebnissen, insbesondere zu einer schlechten Formtreue. Wir präsentieren ein Verfahren, welches zur Herstellung von photonischen Kristallen in Lithiumniobat verwendet werden kann. Dieses Verfahren zeigt eine hervorragende Formtreue der hergestellten Strukturen. Der Herstellungsprozess teilt sich in eine Amorphisierung des Lithiumniobats durch Ionenbestrahlung und nasschemisches Entfernen der amorphisierten Bereiche.

Q 64.5 Do 15:00 HI

Identifying structural Parameters of 3D laser holographic structures through scattering matrix simulations — ●MARCUS DIEM^{1,2,3}, DANIEL C. MEISEL^{3,4}, MARTIN WEGENER^{3,4}, and KURT BUSCH^{1,2,3,5} — ¹Institut für Theoretische Festkörperphysik, Universität Karlsruhe — ²DFG Forschungszentrum Center for Functional Nanostructures (CFN), Universität Karlsruhe — ³School of Optics/CREOL & Department of Physics, University of Central Florida, Orlando, USA — ⁴Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe — ⁵Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

In the case of laser holographic Photonic Crystals(PC) numerous parameters influence the shape of the structure[2].

We employ a Scattering Matrix approach[1] to calculate the transmission and reflection properties of three-dimensional finite-size PCs. The efficiency of our numerical method enables us to study theoretically the impact of those parameters on angle and frequency resolved transmission properties.

By directly comparing our theoretical results with measurements from recently produced samples[3], we were able to identify deviations in the structural parameters from the desired ones. With this knowledge the fabrication process could be improved.

[1] D.M. Whittaker and I.S. Culshaw, *Phys. Rev. B* **60**,2610 (1999)

[2] R.C. Rumpf and E.G. Johnson, *JOSA* **21**, 1704 (2004)

[3] D. C. Meisel et al., PECS-VI, Aghia Pelaghia (Greece), 2005

Q 64.6 Do 15:15 HI

Preparation and Characterization of Carbon Opals — ●BETTINA FRIEDEL and SIEGMUND GREULICH-WEBER — Universität Paderborn, Department Physik, Warburger Str.100, 33098 Paderborn

3D photonic crystals for the visible spectral range are preferably fabricated from silica or plastic microspheres via self-assembling. Due to their insufficient refractive index such opals do not reveal complete photonic bandgaps. Therefore contemporarily research is focused on investigation suitable high index materials for infiltration of the interparticle voids of opals, followed by removal of the spheres. Compared to present high interest in these inverted opals, there is relatively low activity in development of new spherical particles. Higher refractive index, thermal resistance or supplementary properties, such as electrical conductivity could result in colloidal crystals, which meet desired requirements. We propose carbon as suitable material, because of its optical, electric and thermal properties. We have prepared monodisperse, smooth surfaced, submicron-sized carbon spheres, via pyrolysis of melamine-formaldehyde. These are stable even above 1200°C, offering a suitable template for inverse opals that require high temperatures, e.g. special ceramics. We will present our results on carbon spheres properties as well as on optical characterization of colloidal crystals.

Q 64.7 Do 15:30 HI

Recent progress in silicon double inversion of three-dimensional polymer photonic crystal templates — •MARTIN HERMATSCHEWELER¹, MARKUS DEUBEL^{1,2,3}, MARTIN WEGENER^{1,2,3}, FABIAN PÉREZ-WILLARD³, NICOLAS TÉTREAU⁴, GEOFFREY A. OZIN⁴, and GEORG VON FREYMAN³ — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe — ²Institut für Nanotechnologie, Forschungszentrum Karlsruhe, 76021 Karlsruhe — ³CFN, Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe — ⁴Department of Chemistry, University of Toronto, Toronto, Ontario M5S 3H6, Canada

We present recent progress in converting polymer templates into 3D silicon (Si) photonic crystals (PCs) by using a silicon-double-inversion procedure [1]. This has led to Si woodpiles with both improved structural and optical quality. In a first step the polymer template is infiltrated with amorphous silica by applying atomic layer deposition (ALD). After removal of the silica cap layer via reactive ion etching (RIE) the polymer is either combusted or etched in air plasma, which results in a silica inverse woodpile. Now, ALD can be repeated in order to fine-tune the filling fraction of the resulting Si PC, thereby allowing optimization of the photonic bandgap. Next the woodpile is infiltrated with Si by chemical vapor deposition with disilane as the precursor. Again, the Si cap layer is removed by RIE. Wet etching with a few drops of 1% HF placed on the structure finally double-inverts the original template into its Si replica. The original substrate is kept during all process steps, thus paving the way for in-plane optical characterization of three-dimensional Si PCs.

[1] N. Tétreault et al., Adv. Mater., DOI: 10.1002/adma.200501674

Q 64.8 Do 15:45 HI

Transparent and high refractive index coatings polymerized by UV lithography and/or two-photon polymerization used for photonic applications — •PÉLAGIE DECLERCK¹, RUTH HOUBERTZ¹, CARSTEN REINHARDT², and BORIS CHICHKOV² — ¹Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Neunerplatz 2, 97082 Würzburg, Germany — ²Lazer Zentrum Hannover LZH, Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Germany

High refractive index inorganic-organic hybrid materials were synthesized by hydrolysis/polycondensation reactions of organoalkoxysilanes and titanium or zirconium alkoxide precursors. The organic moieties used for organically functionalizing the inorganic-oxidic units allow one to polymerize the materials directly either by UV lithography or by two-photon polymerization (2PP) processes. Both processes require a photoinitiator which is added to the resins and absorbs in the UV (λ_0) and the NIR ($2\lambda_0$), respectively. The materials have to absorb in the UV regime, while for the 2PP process, they have to be highly transparent at the laser wavelength (780 to 840 nm). The parameters influencing the refractive index such as kind and amount of organoalkoxysilanes, amount of hetero element alkoxide, concentration of the catalyst, and the curing temperatures for coatings were investigated. The properties of the synthesized hybrid materials and the resulting layers were characterized by spectroscopic and microscopic methods. Besides, experiments on the technological processing of the resins were carried out in order to determine their ability to be patterned by UV light and by 2PP processes, respectively.

Q 65 Laserspektroskopie II

Zeit: Donnerstag 14:00–15:00

Raum: HII

Q 65.1 Do 14:00 HII

Zeitaufgelöste Energietransferprozesse innerhalb der Phycobiliproteinantenne des Cyanobakteriums *Acaryochloris Marina* — •STEFAN ANDREE¹, CHRISTOPH THEISS¹, HANN-JÖRG ECKERT², FRANZ-JOSEF SCHMITT¹, SABINE KUSSIN², MONIKA WESS² und HANS-J. EICHLER¹ — ¹Optisches Institut der Tu-Berlin — ²Max Volmer Laboratorium der TU Berlin - Straße des 17. Juni 135 - 10623 Berlin

Acaryochloris Marina ist ein photosynthetisch aktives Cyanobakterium, welches im Gegensatz zu typischen Cyanobakterien und höheren Pflanzen als einziger Organismus Chlorophyll d als Hauptpigment in den Photosystemen verwendet. Weiterhin besitzt es als Bestandteil der membranexternen,lichtsammelnden Antenne auch Phycobiliproteine mit den Farbstoffen Phycocyanin und Allophycocyanin. Die Phycobiliproteine wurden mit Detergenzien und Zentrifugation aus der Zelle gelöst um sie mit der Methode der zeitaufgelösten Absorptionsspektroskopie im Pump-Probe Verfahren mit einer Zeitauflösung von 200fs vermessen zu können. Der Abstand der Pump- und Probepulse ist veränderbar im Bereich 0 bis 200 ps. Für jede Verzögerung nimmt man ein Differenzabsorptionsspektrum zwischen Grund- und momentanem angeregten Zustand auf. Der Energietransfer zwischen Phycocyanin und Allophycocyanin, deren Absorptionsbanden bei 614nm und 640nm ein Maximum besitzen, wurde untersucht und die Ergebnisse mit Messungen anderer Arbeitsgruppen verglichen.

Q 65.2 Do 14:15 HII

Zeitaufgelöste Untersuchungen zum Energieübertrag zwischen Chlorophyllen in WSCP als Modellsystem — •CHRISTOPH THEISS¹, STEFAN ANDREE¹, HANN-JÖRG ECKERT², FRANZ-JOSEF SCHMITT¹, INGA TROSTMANN³, HARALD PAULSEN³ und HANS-J. EICHLER¹ — ¹Optisches Institut der TU-Berlin — ²Max Volmer Laboratorium der TU Berlin - Straße des 17. Juni 135 - 10623 Berlin — ³Institut für Allgemeine Botanik - Johannes Gutenberg Universität Mainz

Höhere Pflanzen enthalten hydrophobe chlorophyllbindende Pigment-Proteinkomplexe, welche insbesondere die Aufgabe des Lichtsammelns wahrnehmen. Daneben existieren auch wasserlösliche chlorophyllbindende Proteine (WSCP), die nicht direkt an den primären Lichtreaktionen der Photosynthese beteiligt sind. WSCP stellen jedoch durch das Vorhandensein nur einer Bindungsstelle im Monomer sowie einer geringen Anzahl gebundener Chlorophyll in den Protein-Tetrameren ein ideales Modellsystem zur Untersuchung des Energietransfers zwischen verschiedenen Chlorophyllen und der Pigment-Protein Wechselwirkung dar. Informa-

tionen über die Prozesse des Anregungsenergietransfers können mit Hilfe zeitaufgelöster Absorptionsspektroskopie gewonnen werden, wobei die Verwendung eines Weißlichtkontinuums eine spektral breitbandige Erfassung der blitzinduzierten Absorptionsänderungen ermöglicht. In diesem Beitrag werden Messungen an chlorophyllhaltigen wasserlöslichen Proteinen im Spektralbereich zwischen 400nm und 700nm vorgestellt und der Anregungsenergietransfer zwischen Chl b und Chl a Molekülen auf einer Zeitskala zwischen 100 fs und 200 ps untersucht.

Q 65.3 Do 14:30 HII

Stand-Off Detektion von sprengstoffkontaminierten Oberflächen — •CHRISTOPH BAUER¹, JÖRG BURGMEIER², PETER GEISER², DIRK NODORP², GERHARD HOLL³ und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹LaserAnwendungszentrumCentrum, TU Clausthal, Arnold-Sommerfeld-Straße 6, D- 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²IPPT, TU Clausthal, Leibnizstraße 4, D- 38678 Clausthal-Zellerfeld — ³WIWEB, Grosses Cent, D- 53913 Swisttal-Heimerzheim

In diesem Beitrag stellen wir eine Kombination aus PLV (pulsed laser vaporization) und MIR -DIAS (mid infrared differential absorption spectroscopy) zur "stand-off" Detektion von sprengstoffkontaminierten Oberflächen vor. Die Wellenlänge und die Leistung des Anregungslasers sind auf das Absorptionsverhalten von Sprengstoffen angepasst, so dass gezielt TNT verdampft werden kann. Ein Yb-Er dotierter Faserverstärker, welcher im "eye-safe" Bereich von $\lambda=1,5\mu\text{m}$ emittiert, erzeugt Pulsenergien von $E_p=200\mu\text{J}$ und Pulsdauern von $t_p=5\text{ns}$. Durch PLV wird an der Oberfläche NO_x erzeugt. Das Licht eines gepulsten Quantenkaskadenlasers, welcher bei $\lambda=5,3\mu\text{m}$ eine Laserleistung von $P=2\text{mW}$ emittiert, wird an der zu untersuchenden Oberfläche gestreut und mit einer Teleskopanordnung detektiert. NO und NO_2 in der Dampfphase absorbieren charakteristisch Anteile des gestreuten Lichts und bestimmen somit das Signal des Detektors. Grundlagenuntersuchungen zeigen, dass der Messwert je nach Oberfläche und Grad der Kontamination variiert, so dass eine gezielte Analytik der Oberfläche möglich ist. Es wird ein Aufbau vorgestellt, der über eine Entfernung von $<10\text{m}$ den Grad der Kontamination bis hin zu einer Flächenbelegung von $150\mu\text{g}/\text{cm}^2$ liefert.

Q 65.4 Do 14:45 HII

Non-linear processes in molecular systems studied in a hollow fiber — •A. STALMASHONAK¹, D. KANDULA¹, K. SHAYNUROVA¹, N. ZHAVORONKOV¹, C.P. SCHULZ¹, and I.V. HERTEL^{1,2} — ¹Max-Born-Institut, Max-Born-Str. 2a, D-12489 Berlin — ²also: Department of Physics, FU Berlin, Arminiallee 14, D-14195 Berlin

We build a new experimental set-up to study photoabsorption and non-

linear optical processes of molecules in the gas phase, which are liquid or solid at room temperature. The main idea is to use a hollow waveguide, which is heated. The long and well defined interaction zone of the waveguide enables very sensitive detection of nonlinear optical effects as well as linear absorption. As a first test we have studied the influence of H₂O as well as D₂O vapour pressure on the frequency spectrum of 27 fs laser

pulses at 800 nm. The nonlinear refractive index of water has been estimated from the observed spectral broadening. It was found to be of the same order of magnitude as values for N₂ and O₂ given in the literature. The proposed method can give new and complementary information on photoinduced dynamics in molecules.

Q 66 Laser in der Medizin und Umweltmeßtechnik

Zeit: Donnerstag 15:00–16:00

Raum: HII

Q 66.1 Do 15:00 HII

Laserspektroskopische Spurengasanalytik zur Messung der NO-Freisetzungsrate aus Flüssigkeiten — •THOMAS FRITSCH¹, CHRISTOPH V. SUSCHEK², PETER HERING¹ und MANFRED MÜRTZ¹ — ¹Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf — ²Institut für Biochemie und Molekularbiologie II, Universität Düsseldorf

Im menschlichen Körper erfüllt Stickstoffmonoxid (NO) vielfältige physiologische Funktionen, so dient es als Signalmolekül, wirkt gefäßerweiternd, und wird unter UV-Bestrahlung in der Haut freigesetzt, wo es Zellschädigungen entgegen wirkt.

Die Faraday-Modulations-Spektroskopie (FAMOS) ist eine ausgezeichnete Methode, NO in Konzentrationen von wenigen ppb (parts per billion) ohne Querempfindlichkeiten zu anderen Molekülen mit einer guten zeitlichen Auflösung nachzuweisen.

Wir präsentieren die Anwendung dieser Methode zur Bestimmung UV-induzierter Photodissoziationsraten verschiedener medizinisch relevanter Substanzen wie Nitrit oder Nitrosomelatonin in wässriger Lösung. Darüber hinaus beschreiben wir ein Verfahren, über die UV-induzierte NO-Freisetzungsrate von Nitrit bei Zugabe verschiedener Antioxidantien wie Vitamin C, Trolox oder Manitol, die Antioxidationsfähigkeit dieser Substanzen quantitativ zu vergleichen.

Q 66.2 Do 15:15 HII

Entwicklung und Aufbau einer Teststrecke für ein Brillouin-LIDAR zur Ermittlung von Temperaturprofilen des Ozeans — •ANDREAS BUNGERT und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Ziel des Projekts ist es, ein auf einem Flugzeug installiertes LIDAR-System zu entwickeln, um Temperaturprofile des Ozeans zu ermitteln. Mit Hilfe der Frequenzverschiebung der Brillouin-Streuung kann die Wassertemperatur ermittelt und über die Messung der Flugzeit das Streulicht einer bestimmten Tiefe zugeordnet werden. Es wird ein rohrförmiger Testaufbau vorgestellt, in dem es möglich ist, das zurückgestreute Licht auf diese Weise tiefenaufgelöst zu untersuchen. Mit einem Fabry-Perot-Interferometer wird die Frequenzverschiebung der Brillouin-Streuung untersucht. Die Resultate dieser Messungen mit frequenzverdoppelten Nd:Yag-Lasern werden vorgestellt. Diese Messungen dienen zur Vorbereitung von Messungen mit einem EFADOF (excited state Faraday anomalous dispersion optical filter) Kantenfilter und zur Validierung der einzelnen Komponenten des Sensors.

Q 66.3 Do 15:30 HII

Laser-Transmitter für Dial-Systeme zur Messung atmosphärischen Wasserdampfs mit Strahlung um 940 nm — •DANIEL SCHMIDT, HANJO RHEE, THOMAS RIESBECK, FRANK KALLMEYER, STEPHAN G.P. STROHMAIER und HANS J. EICHLER — TU Berlin, Optisches Institut, Lasergruppe, Straße des 17. Juni 135, D-10623 Berlin

Die Messung der drei-dimensionalen Wasserdampfverteilung in der Atmosphäre durch differentielles Absorptions Lidar (DIAL) ist von zentraler Bedeutung für globale Klimaforschungen. Derzeit wird nach Lasertransmittern gesucht, die bei hoher Pulsenergie und hoher spektraler Reinheit auf den Wasserdampfabsorptionslinien im Bereich von 935 bis 942 nm arbeiten.

An der TU-Berlin werden drei aussichtsreiche Technologien untersucht: Raman-Frequenzumwandler, Titan:Saphir-Laser und Granat-Laser. Im Vortrag soll ihre Eignung als Laser-Transmitter für ein satellitengebundenes DIAL-System diskutiert werden.

Q 66.4 Do 15:45 HII

Rapidly Swept CW Cavity Ring-down Laser Spectroscopy for Carbon Isotope Analysis — •HIDEKI TOMITA^{1,2}, YU TAKIGUCHI¹, KENICHI WATANABE¹, JUN KAWARABAYASHI¹, and TETSUO IGUCHI¹ — ¹Dept. of Quantum Eng., Nagoya Univ., Nagoya, 464-8603, Japan — ²Institute of Physics, Johannes Gutenberg Univ., Mainz, D-55128, Germany

Ultra trace detection of stable or long lived carbon isotope tracers is widely used in many fields of research. Particularly, in-field measurements of carbon isotope ratios are required for environmental studies, e.g. on the ground-level carbon cycle in forests and volcanic gas emission. With the aim of developing a portable system for in-field isotope analysis, we investigate isotope analysis based on Rapidly Swept CW Cavity Ring-Down Laser Spectroscopy [1]. Basic performance of this system for ¹³C/¹²C isotope analysis was measured in overtone absorption lines of ¹²C¹⁶O₂ and ¹³C¹⁶O₂ using a near-IR (1.6 μm) DFB diode laser. The obtained isotopic ratio showed good agreement with the natural abundance within experimental uncertainty. The detectable concentration for ¹³C¹⁶O₂ was determined from the standard deviation of the measured ring-down rate to be 900 ppmv. Considering possible technical improvements, we estimate that a minimum detectable concentration of 0.3 ppmv would be achievable by using a diode laser at 2 μm. Thus, this system has a large potential for in-field ¹³C/¹²C and potentially also ¹⁴C/¹²C isotope analysis.

[1] Y. He and B.J. Orr, Chem. Phys. Lett. 319, 131 (2000).

Q 67 Präzisionsmessungen II

Zeit: Donnerstag 14:00–15:45

Raum: HIV

Q 67.1 Do 14:00 HIV

Charakterisierung rauscharmer Spannungsreferenzen für LISA — •ROLAND FLEDDERMANN, FRANK STEIER, MICHAEL TRÖBS, ANTONIO F. GARCIA MARIN, FELIPE GUZMAN CERVANTES, VINZENZO WAND, GERHARD HEINZEL und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover

Laser Interferometer Space Antenna (LISA) ist eine gemeinschaftliche ESA/NASA Mission mit dem Ziel, Gravitationswellen im Frequenz-

band von 10⁻⁴ bis 10⁻¹ Hz mittels satellitengestützter Laserinterferometrie zu detektieren. Für LISA sind Spannungsreferenzen mit hoher Stabilität im mHz-Bereich für unterschiedliche Anwendungen von großer Bedeutung. Hierzu zählt unter anderem die Feinabstimmung der Referenz-Cavity zur Festlegung der nominalen Laserfrequenz sowie die Ansteuerung von Piezo-Aktuatoren. Im mHz-Bereich spielen insbesondere Langzeitschwankungen der Temperatur als Rauschquelle eine große Rolle. Kommerziell verfügbare Spannungsreferenzen sind für diesen Bereich schwer zu spezifizieren, da ihre Stabilität stark von den äußeren Bedin-

gungen abhängt. Eine Reihe von Präzisionsmessungen lieferte eine relative Stabilität von etwa $10^{-6}/\sqrt{\text{Hz}}$ bei 1 mHz. Wir geben eine kompakte Übersicht über Anwendungen, Rauschverhalten und dessen Optimierung.

Q 67.2 Do 14:15 HIV

Strahlungsdruckeffekte in Interferometern mit aufgehängten Spiegeln. — ●STEFAN HILD und DAS GEO600-TEAM — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut fuer Gravitationsphysik und Universitaet Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover

Die optischen Komponenten von interferometrische Gravitationswellendetektoren wie GEO600 sind als Pendel aufgehängt, um sie von seismischen Störungen zu entkoppeln. Die gleichzeitige Verwendung hoher Lichtleistung führt zum Auftreten von signifikanten Strahlungsdruckeffekten. Der Vortrag berichtet sowohl über strahlungsdruck bedingte Probleme (z.B.: Lockacquisition und Strahlungsdruckrauschen), wie auch über strahlungsdruckbedingte optomechanische Kopplungen, die zur Empfindlichkeitssteigerung der Gravitationswellendetektoren genutzt werden können.

Q 67.3 Do 14:30 HIV

Interferometrie mit diffraktiver Optik — ●OLIVER BURMEISTER, ALEXANDER BUNKOWSKI, DANIEL FRIEDRICH, KARSTEN DANZMANN, and ROMAN SCHNABEL — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

In zukünftigen erdgebundenen laserinterferometrischen Gravitationswellendetektoren wird die im Interferometer umlaufende Leistung im Megawatt-Bereich liegen. Die Absorption in den transmissiven Elementen führt dabei zu gravierenden thermischen Störungen, die die Empfindlichkeit des Detektors beeinträchtigen. In rein-reflektierenden Interferometern werden die transmittierenden Optiken durch verlustarme dielektrische Reflexionsgitter ersetzt. Für die Einkopplung in einen Fabry-Perot Resonator kann bspw. ein niedereffizientes Reflexionsgitter in 2. Ordnung Littrow verwendet werden [1]. Ein solcher Einkoppler hat drei gekoppelte Ports, wodurch die charakteristischen Eigenschaften eines solchen Resonators beeinflusst werden [2]. Die experimentelle und theoretische Untersuchung eines 3-Port Gitterresonators mit interferometrischen Recycling-Techniken [3] wird vorgestellt.

[1] A. Bunkowski et. al., Opt. Lett. **29**, 2342 (2004).

[2] A. Bunkowski et. al., Opt.Lett. **30**, 1183 (2005).

[3] G. Heinzl et. al. , Phys. Rev. Lett. **81**, 5493 (1998).

Q 67.4 Do 14:45 HIV

Faserlaser basierte optische Frequenzkämme für Weltraumanwendungen — ●KATHARINA PREDEHL, RONALD HOLZWARTH und THEODOR W. HÄNSCH — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermannstr. 1, 85748 Garching

Aufgrund des kompakten und robusten Aufbaus, des niedrigen Gewichtes und Leistungsbedarfs erscheinen Faserlaser basierte optische Frequenzkämme für Weltraumanwendungen sehr attraktiv. Daher wird am Max-Planck-Institut für Quantenoptik momentan untersucht, inwieweit der Einsatz unter Weltraumbedingungen eine Modifikation dieser Systeme erfordert.

Dazu werden die im Faserlaser verwendeten Fasertypen auf ihre Strahlungshärte getestet. Des Weiteren wird untersucht, wie sich der Laser im Thermalvakuum verhält und inwieweit mechanische Belastungen seinen Betrieb beeinflussen.

In den Strahlungstests wurden Standard-Telekom, Erbium-dotierten und hoch-nichtlinearen Fasern Protonen-, Neutronen- und Gammastrahlung verschiedener Energien und Flusssichten ausgesetzt. Während der Bestrahlung wurde die zeitliche Entwicklung der Transmission bei 1310 nm vermessen.

Es zeigte sich, dass die Transmission während der Bestrahlung exponentiell abnahm und dass diese Abnahme linear von der Flussdichte abhing. Nach der Bestrahlung stieg die Transmission wieder leicht an. Bei allen Messungen wurden die größten Verluste bei den Erbium-dotierten Fasern beobachtet. Ursachen und Gegenmaßnahmen werden diskutiert.

Q 67.5 Do 15:00 HIV

Laser Phasenlock mit geringer Lichtleistung für LISA — ●FRANK STEIER¹, JOHANNA BOGENSTAHL², GUDRUN DIEDERICH¹, ROLAND FLEDDERMANN¹, ANTONIO F. GARCÍA MARÍN¹, FELIPE GUZMÁN CERVANTES¹, OLIVER JENNRICH³, JENS REICHE¹, SASCHA SKORUPKA¹, MICHAEL TRÖBS¹, VINZENZ WAND¹, GERHARD HEINZEL¹ und KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Institut für Gravitationsphysik der Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover — ²Department of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, United Kingdom — ³ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

Der satellitengestützte Gravitationswellendetektor LISA (Laser Interferometer Space Antenna) soll astronomische Quellen im Bereich von 10^{-4} Hz bis 10^{-1} Hz beobachten. Dazu werden Weglängenänderungen zwischen frei fallenden Testmassen mittels eines Heterodyn-Interferometers gemessen. Aufgrund des grossen Abstandes zwischen den Satelliten von etwa $5 \cdot 10^6$ km hat der einlaufende Strahl eine Lichtleistung in der Größenordnung von 100 pW. Der lokale Laser muss phasenstarr auf dieses eintreffende Licht stabilisiert werden, mit einer kontrollierten variablen Frequenzverschiebung von bis zu 20 MHz. Hier werden ein Prototyp einer solchen Stabilisierung und erste Ergebnisse vorgestellt.

Q 67.6 Do 15:15 HIV

Optical Metrology System of the LISA Gravitational Wave Detector — ●DENNIS WEISE¹, CLAUS BRAXMAIER^{1,2}, PETER GATH¹, HANS-REINER SCHULTE¹, ULRICH JOHANN¹, and MARCELLO SALLUSTI³ — ¹EADS Astrium GmbH, Claude-Dornier-Str., 88090 Immendingen — ²Fachhochschule Konstanz, Brauneggerstr. 55, 78462 Konstanz — ³European Space Agency, P.O. Box 299, 2200 AG Noordwijk ZH, The Netherlands

We give an overview of the current status of the optical metrology system utilized within the Laser Interferometer Space Antenna (LISA) satellites for gravitational wave detection. In order to achieve a strain sensitivity in the range of $10^{-20}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 5 mHz with a 5 million kilometer arm length, an absolute measurement accuracy of about $10 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ is required. Heterodyne interferometry with differential wavefront sensing is employed as main metrology principle. The current design foresees a strap-down concept, in which an optical readout provides position as well as attitude information of the free floating proof mass with respect to the local optical bench (cf. talk by Thilo Schuldt, Humboldt-Universität zu Berlin). This measurement is combined with a second interferometric measurement of the distance between the local and the remote optical bench to yield the science signal for one interferometer arm. A frequency swap between transmitted and local reference beam is introduced to reduce the effect of straylight on the 100 pW measurement beam.

Q 67.7 Do 15:30 HIV

Optisches Frequenzverteilungssystem bei 1120 nm — ●BIRGITTA BERNHARDT, RONALD HOLZWARTH und THEODOR W. HÄNSCH — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Wir beschreiben den Einsatz eines infraroten, faserlaserbasierten Frequenzkammes als optischen Frequenzsynthesizer. Dabei soll für verschiedene Experimente am Max-Planck-Institut für Quantenoptik Licht einer genau bekannten Frequenz bei 1120 nm bereitgestellt werden. Es soll nach zweifacher Frequenzverdopplung (280 nm) zur Laserkühlung von Mg-Ionen dienen.

Ein Dauerstrich-Faserlaser wird auf eine entsprechende Mode des Frequenzkammes stabilisiert und als Referenzfrequenz über ein Glasfasernetz im Institut verteilt. Die Genauigkeit der vorhandenen Cs Uhr von 10^{-13} wird dabei leicht erreicht.

Dopplerverschiebungen, die durch die temperaturabhängige Längenänderung der Glasfasern resultieren, können mit Hilfe eines akustooptischen Modulators herauskorrigiert werden. Damit sollten sich Übertragungsgenauigkeiten von 10^{-16} und besser erzielen lassen.

Q 68 Poster Festkörperlaser

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 68.1 Do 16:30 Labsaal

Charakterisierung von kerndotierten Nd:YAG - Keramik Laserstäben — ●ABDULRAHMAN SCHEIKH OBEID, ALEXANDER STRÄSSER und MARTIN OSTERMEYER — Institut für Physik, Universität Potsdam, Am neuen Palais 10, 14469 Potsdam

Eine neue Entwicklung auf dem Gebiet der Lasertechnik - kerndotierte Keramik-Stäbe - wird betrachtet. Die Flanken eines Gaußstrahls können wegen ihrer geringen Intensität in Randbereichen seitengepumpter Laserstäbe nicht die gesamte Inversion abbauen. Es sind nun keramische Nd:YAG Laserstäbe verfügbar, die aus einem nicht dotierten Mantel und einem mit laseraktiven Atomen dotierten Kern bestehen. Dabei wird nur der Kernbereich gepumpt. Die Inversion kann von einem Gaußstrahl so besser in Verstärkung umgesetzt werden. Die Flanken des Gaußstrahls ragen in den undotierten Bereich hinein und werden nicht wie beim herkömmlichen Stab abgeschnitten. Diese neuen Laserstäbe sind charakterisiert worden und mit kristallinen Laserstäben verglichen worden. Es wurden der Anregungswirkungsgrad, der Verlustfaktor und die Brechkraft der thermischen Linse des Laserstabes in Abhängigkeit von der Pumpleistung vermessen. Weiter wird der transversale Grundmodebetrieb in Laseroszillatoren mit kerndotierten keramischen Stäben untersucht.

Q 68.2 Do 16:30 Labsaal

Ein ns-Ti:Saphir Laser als flexible Lichtquelle — ●DANIEL DEPENHEUER und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Laser- und Quantenoptik, Schlossgartenstrasse 7, 64289 Darmstadt, <http://www.physik.tu-darmstadt.de/lqo>

Berichtet wird über einen ns-Ti:Saphir Laser der aufgrund seines großen Abstimmbereichs eine sehr flexible Lichtquelle darstellt. Durch den Einsatz nichtlinearer Frequenzkonversion lässt sich der zur Verfügung stehende Spektralbereich erheblich erweitern. Ein Seeden des Systems ermöglicht die Erzeugung fourierlimitierter Pulse. Es wird über den aktuellen Entwicklungsstand des Systems berichtet.

Q 68.3 Do 16:30 Labsaal

Entwicklung eines regenerativen Verstärkers zum empfindlichen Nachweis von Hg in einer MOT — ●ALEXANDER BERTZ, CHRISTIAN SCHWAB und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Es wird ein regeneratives Ti:Saphir-Verstärkersystem vorgestellt, welches für den simultanen Betrieb auf den Wellenlängen 761nm und 789nm ausgelegt ist. Durch externe Frequenzverdrehung bzw. -vervierfachung wird Strahlung der Wellenlängen 253,7nm bzw. 197,3nm erzeugt, welche für den Nachweis von Hg in einer magneto-optischen Falle verwendet wird. Der aktuelle Stand des Projektes wird präsentiert.

Q 68.4 Do 16:30 Labsaal

Injection seeding of Nd:YAG ring oscillators for applications in remote sensing — ●SEBASTIAN DÖRING and MARTIN OSTERMEYER — Institut für Physik/Photonik, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

A pump laser of a LIDAR-system for water vapour detection in the earth atmosphere is being developed [1]. Differential absorption LIDAR measurements require pulses of high energy and high frequency stability and can be realized in a master oscillator power amplifier system (MOPA).

To achieve this, spectral bandwidths of $\Delta n \approx 40\text{MHz}$ and pulse to pulse frequency stabilities of $\delta n < 1\text{MHz}$ at pulse energies of around 1mJ and repetition rates of up to 1kHz of the Nd:YAG master oscillator are envisaged. The oscillator is injection seeded and complemented by a Pound-Drever-Hall like frequency stabilization scheme.

Furthermore, the oscillator of the MOPA is designed as an unstable ring resonator, since unstable resonators can be realised with excellent beam quality and short resonator length. A short resonator is desired for short pulse lengths of around 10ns.

[1] M. Ostermeyer, P. Kappe, R. Menzel V. Wulfmeyer, Appl. Opt. 44, 582 (2005) "Diode pumped Nd:YAG MOPA with high pulse energy, excellent beam quality and frequency stabilized master oscillator as a basis for a next generation lidar system"

Q 68.5 Do 16:30 Labsaal

Photophysical Characterisation of Pyromethene 597 Laser Dye in Silicon-containing Organic Matrices — ●AMIT TYAGI¹, DAVID DEL AGUA¹, THOMAS SUSDORF¹, ALFONS PENZKOFER¹, ROBERTO SASTRE², ANGEL COSTELA³, and INMACULADA GARCÍA-MORENO³ — ¹Institut II - Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, 93053 Regensburg, Germany — ²Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC

Samples of the dipyrromethene-BF₂ dye PM597 incorporated in copolymers of methyl methacrylate (MMA) and 3-(trimethoxysilyl)propyl methacrylate (TMSPMA), 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) and TMSPMA, and in terpolymers of MMA, HEMA and TMSPMA are characterized. The absorption cross-section and stimulated emission cross-section spectra are determined. The fluorescence quantum distributions and fluorescence lifetimes are measured. The photo-degradation of the dyes is studied under cw laser excitation conditions and quantum yields of photo-degradation are extracted. The solid state samples are compared with PM597 in liquid ethyl acetate solution. The fluorescence quantum yield of PM597 is increased in the doped samples (quantum yield around 70 %) compared to PM597 in ethyl acetate (quantum yield 47 %). The photo-stability increased considerably in the polymeric samples compared to the liquid solution.

Q 68.6 Do 16:30 Labsaal

Spektrale Kontrolle eines gepulsten Titan:Saphirlasers mit Kilohertz Repetitionsrate — ●VALENTIN BATTEIGER, ALEXANDER BERTZ und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Ziel des Projektes ist ein Konzept für ein schmalbandiges, über den gesamten Verstärkungsbereich durchstimmbares Kilohertzsystem, mit Pulsbreiten im ns-Regime, welche nichtlineare Prozesse hoher Konversionseffizienz ermöglichen. In einem Ringresonator, mit einem Prisma und einem Yttriumvanadatplättchen als dispersiven Elementen, wurde im 20 Hz Betrieb eine Bandweite von 3.5 GHz nachgewiesen. Ein selbst-geseedeter linearer Titan:Saphirlaser befindet sich derzeit in Aufbau und wird diskutiert. Der Ansatz vereinigt die Schmalbandigkeit eines geseedeten Systems mit kontinuierlicher Durchstimbarkeit, in einem einzigen Resonatorkonzept.

Q 68.7 Do 16:30 Labsaal

Stabilisierung eines Lasersystems für eine Hg-MOT — ●SALIM AHMED-NACER, CHRISTIAN PETERMANN, PATRICK VILLWOCK, MATTHIAS SINTHER und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Für das Fangen und Kühlen von Hg in einer magneto-optischen Falle wird ein Laser bei 253.7 nm benötigt. Diese Wellenlänge soll durch Frequenzvervierfachung eines Scheibenlasers erzeugt werden, der bei 1014.8 nm betrieben wird. In diesem Beitrag wird über die Stabilisierung des Systems und den Stand des Projektes berichtet.

Q 68.8 Do 16:30 Labsaal

Yb-Faserverstärker und Cr⁴⁺:Nd³⁺:YAG-Microchip-Seedlaser — ●KONRAD HOHMANN, CHRISTIAN BOHLING, WOLFGANG SCHIPPERS und WOLFGANG SCHADE — Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnitzstrasse 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Ein passiv-gütegeschalteter Cr⁴⁺:Nd³⁺:YAG-Microchip-laser ($\lambda = 1064\text{ nm}$, $E_p = 20\ \mu\text{J}$, $f_{\text{rep}} = 3\text{-}6\text{ kHz}$, $\Delta t = 1,2\text{ ns}$) wird als Seedlaser für verschiedene Ytterbiumfaserverstärker eingesetzt. Als Fasermaterialien werden vergleichend mit unterschiedlichen Konzentrationen dotierte sogenannte large mode area double clad (LMA-DC) Fasern, sowie eine photonische Faser eingesetzt. Die Verstärkungseigenschaften werden hinsichtlich Faserlänge, Kerndurchmesser, Behandlung der Faserendflächen und Einkopplungsgeometrie untersucht. Neben Einfachverstärkern werden auch Mehrstufen-Verstärkersysteme diskutiert. Verstärkungsfaktoren bis zu einem Faktor 50 werden beobachtet. Mit diesen Systemen werden Pulsenergien von bis zu 1,2 mJ mit einer Pulsdauer von 1,2 ns realisiert

Q 69 Poster Halbleiterlaser

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 69.1 Do 16:30 Labsaal

Ein ultrastabiles Lasersystem zur Erzeugung von Bose-Einstein-Kondensaten im Weltraum — ●ANIKA VOGEL¹, SVEN WILDFANG¹, KLAUS SENGSTOCK¹, KAI BONGS¹, WOJCIECH LEWOCZKO-ADAMCZYK², THILO SCHULDT², MALTE SCHMIDT² und ACHIM PETERS² — ¹Universität Hamburg, Institut für Laserphysik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — ²Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Physik, AG Quantenoptik und Metrologie, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

Im Rahmen einer deutschlandweiten Kollaboration arbeiten wir an der Entwicklung einer Apparatur zur Erzeugung von Bose-Einstein-Kondensaten in Schwerelosigkeit.

Die Forschung an Bose-Einstein-Kondensaten in Schwerelosigkeit ermöglicht das Unterschreiten bisheriger experimenteller Grenzen hinsichtlich Temperatur und Dichte. Darüberhinaus bietet es die Möglichkeit zur um Größenordnungen verlängerter Beobachtungszeit des Kondensates.

Auf diesem Poster präsentieren wir das von uns zur Durchführung von Fallexperimenten am Fallturm (ZARM Bremen) entwickelte ultrastabile, DFB-basierte Lasersystem. Im Speziellen gehen wir hierbei sowohl auf die mechanische Stabilität der Faserkopplungen, als auch auf die Fre-

quenzstabilität des spektroskopiestabilisierten Masterlasers ein und stellen diesbezüglich erste Messungen von Fall- und Katapulttests vor.

Q 69.2 Do 16:30 Labsaal

Passive Modenkopplung von Breitstreifen-Diodenlasern mit Hilfe von sättigbaren Absorbern — ●DANILO SKOCZOWSKY, AXEL HEUER und RALF MENZEL — Institut für Physik, Lehrstuhl Photonik, Universität Potsdam

Breitstreifen-Diodenlaser mit einem externem Resonator zeigen unter bestimmten Bedingungen eine Selbst-Modenkopplung und emittieren ps-Pulse mit einer Wiederholrate, die der reziproken Umlaufzeit entspricht. Bei einem streifig kontaktierten Laserchip in einem V-förmigen Resonator konnten so Pulse von 50 ps Dauer mit einer Spitzenleistung von 30 W beobachtet werden.

Will man unabhängig vom Aufbau der Diode und der Resonatorgeometrie einen ps-Laser realisieren, so bietet sich zusätzlich die passive Modenkopplung mit einem sättigbaren Absorber an. Es werden Untersuchungen mit einem sättigbaren Absorberspiegel (SAM) aus GaAs präsentiert. Zunächst wird das Schaltverhalten des Absorberspiegels quantifiziert. Entsprechend dazu wird der externe Resonator angepasst und optimiert.

Q 70 Poster Ultrakurze Lichtimpulse

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 70.1 Do 16:30 Labsaal

6-fs-Laser-Verstärker-System mit stabiler Träger-Einhüllenden-Phase — ●HARTMUT GIMPEL¹, ARTEM RUDENKO¹, KARL ZROST¹, THORSTEN ERGLER¹, ROBERT MOSHAMMER¹, JOACHIM ULLRICH¹, MORITZ EMONS² und UWE MORGNER² — ¹MPI für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — ²Universität Hannover, Institut für Quantenoptik, Welfengarten 1, 30167 Hannover

Seit einiger Zeit läßt sich der absolute Verlauf des elektrischen Feldes eines intensiven nur wenige Femtosekunden langen Laserpulses gezielt einstellen. Erreicht wird dies durch eine Stabilisierung der sogenannten Träger-Einhüllenden-Phase (CEO-Phase).

In der Atomphysik eröffnen sich durch die Anwendung solcher phasenstabiler Pulse völlig neue Aspekte. So kann z.B. bei der nicht-sequentiellen Doppel-Ionisation von Edelgas-Atomen der Zeitpunkt der Rekollision des zuerst ionisierten Elektrons mit seinem Mutterion auf einer Attosekunden Zeitskala kontrolliert werden.

Wir präsentieren ein Laser-Verstärker-System (CPA-System) auf Titan:Saphir Basis mit 3 kHz Wiederholrate und darauf folgendem Hohlkapillar-Puls-Kompressor, dessen CEO-Phase in mehreren Stufen stabilisiert wird. Auf diese Weise lassen sich phasenstabile intensive (10^{15} W/cm²) und ultrakurze (6 fs) Lichtpulse erzeugen, die für Ionisations-Experimente geeignet sind.

Es werden Details der mehrstufigen Phasen-Stabilisierung vorgestellt und erste Ergebnisse zur Ionisation von Atomen und Molekülen präsentiert.

Q 70.2 Do 16:30 Labsaal

Coherent Matter Waves for Ultrafast Laser Pulse Characterization — ●MARC WINTER, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

A technique for the characterization of ultrashort laser pulses using coherent matter waves is demonstrated. We emphasize the analogy between matter wave packets and electromagnetic wave packets propagating in dispersive media. Due to quadratic dispersion the wave packets are stretched and their temporal structure eventually converges to their spectrum, thus providing a possibility for energy measurements in conjugate space. This is demonstrated theoretically and experimentally and is the basis for our laser pulse characterization technique. We use energy resolved interferometrically recorded photoelectron spectra generated by above-threshold ionization in an autocorrelation setup to characterize ultrashort laser pulses at 800 nm wavelength. This approach is potentially applicable to the XUV wavelength region.

Q 70.3 Do 16:30 Labsaal

Compact, robust and flexible setup for high resolution polarization shaping of femtosecond laser pulses — ●JENS KÖHLER, CRISTIAN SARPE-TUDORAN, ANDREAS PRÄKELT, CHRISTIAN HORN, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

We present an improved setup for femtosecond laser pulse shaping. It is based on a 2 x 640-pixel LC-SLM (Liquid Crystal-Spatial Light Modulator) providing a very high spectral resolution. Compactness, high reproducibility and high flexibility are the key features of this device. The constructed pulse shaper allows either spectral phase and polarization control or spectral phase and amplitude modulation independent of each other. By the use of VPHGs (Volume Phase Holographic Gratings) the polarization dependent losses normally present in the polarization shaping mode of similar devices could be minimized. For testing the pulse shaper experimentally various phase functions were applied to the liquid crystal-spatial mask and characterized using SI (Spectral Interferometry) and GRENOUILLE (Grating Eliminated No-nonsense Observation of Ultrafast Incident Laser Light E-fields). First results are presented.

Q 70.4 Do 16:30 Labsaal

Kalibrierungsmessungen zur Femtosekunden-laserinduzierten Breakdown Spektroskopie an einem biologischen Modellsystem — ●RONJA BÄUMNER, LARS HAAG, LARS ENGLERT, MATTHIAS WOLLENHAUPT und THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Wir konnten in ersten Experimenten zeigen, dass durch die Kombination der laserinduzierten Breakdown Spektroskopie (LIBS) mit Femtosekunden-Lasertechniken und Laser-Mikroskopieverfahren eine Spurenelementanalyse in biologischem Gewebe mit einer räumlichen Auflösung im Femto- bis Attoliterbereich erzielt werden kann [1]. Um aktuelle Fragestellungen in der Pflanzenphysiologie zu klären, wurden an einem pflanzennahen Modellsystem für biologisch relevante Elemente Kalibrierungsmessungen durchgeführt. Zum einen wird das Auswertekonzept und die so erhaltenen Kalibrierungskurven dargelegt. Zum anderen werden erste zweidimensionale Darstellungen eines biologischen Gewebes vorgestellt und die Aussicht auf ein dreidimensionales Abbildungsverfahren diskutiert.

[1] A. Assion et al. Appl. Phys. B 77, 391-397 (2003)

Q 70.5 Do 16:30 Labsaal

Optimiertes Elektronenflugzeitspektrometer für zeitaufgelöste Elektronenspektroskopie im weichen Röntgenbereich — ●ALEXANDER PAULUS, CARSTEN WINTERFELDT, THOMAS PFEIFER, DOMINIK WALTER, GUSTAV GERBER und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany

Ein neues Linsensystem für unser Elektronenflugzeitspektrometer versetzt uns in die Lage, Elektronen im weichen Röntgenbereich zwischen 10 und 100 eV sehr kontrolliert abzubremesen und ihre Energien mit hoher Auflösung zu messen. Eine neue Konstruktion mit konisch geformter Blende besitzt nur noch wenig chromatische Aberration und erlaubt somit die Betrachtung eines großen Energiebereiches ohne Veränderung der Elektronenlinsen-Parameter. Es soll ein Vergleich zwischen dem bisher verwendeten und dem neu gestalteten Linsensystem vorgestellt werden. Mit einem evolutionären Algorithmus können die Spannungen der Elektronenlinsen sowohl in der Simulation als auch im Experiment optimiert werden.

Q 70.6 Do 16:30 Labsaal

Plasma dynamics after femtosecond laser induced breakdown on water surface — ●CRISTIAN SARPE-TUDORAN¹, ANDREAS ASSION², MATTHIAS WOLLENHAUPT¹, MARC WINTER¹, and THOMAS BAUMERT¹ — ¹Universität Kassel, Institut für Physik and CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel — ²Femtolasers Produktions GmbH, Vienna

Laser-induced breakdown (LIB) in water has attracted much attention in the last decade due to its applications in precise ablation of biological tissues and microanalytics. Even if it is generally accepted that the primary process in LIB is the generation of high density free electrons, the breakdown plasma dynamics in the early times of formation hasn't been accurately resolved and plasma parameters like transient electron density and expansion velocity - important for an optimization of the breakdown event - haven't been measured directly. By using a combination of transient imaging techniques together with spectrally resolved reflection spectroscopy we investigated the optical properties of the free electron plasma generated by 35fs laser pulses on the water surface. The analysis of the data in the framework of a multireflection model yields a 20ps delay before the plasma expands with an initial velocity of 5900m/s. The transient electron density and the electron-ion-recombination rate were also accurately obtained.

Q 71 Poster Nichtlineare optische Effekte und Lichtquellen

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 71.1 Do 16:30 Labsaal

Bau einer Gasjet Hohen Harmonischen Quelle unter Verwendung von Pulsformung, Filamentierung, Kompression und Fokussierung der Röntgenstrahlung — ●ROBERT SPITZENPFEIL, STEFAN EYRING, MARISA MÄDER, JAN LOHBREIER, DOMINIK WALTER, CARSTEN WINTERFELDT, ALEXANDER PAULUS, CHRISTIAN SPIELMANN und GUSTAV GERBER — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany

Um Hohe Harmonischen Strahlung für mehr Experimente zugänglich(er) zu machen ist die Maximierung der Photonenausbeute und Optimierung des Spektralbereichs nötig - für uns heißt dies Ausdehnung des Cutoffs hin zu höheren Energien. Für die Erzeugung von Hohen Harmonischen existieren zwei gebräuchliche Designs. Die gasgefüllte Hohlaser, welche in Kombination mit zeitlicher und räumlicher Pulsformung vor allem gezielte Erzeugung spektraler und somit auch zeitlicher Strukturen erlaubt [1], und der Gasjet. Neben dem Wegfall des Problems der Einkopplung erlaubt der Gasjet die Verwendung höherer Laserintensitäten, was wiederum über das ponderomotive Potential den Cutoff zu höheren Energien verschiebt. Zur Steigerung der Spitzenintensität der Erzeugendenstrahlung verwenden wir adaptive räumliche und zeitliche Pulsformung, Filamentbildung in einer gasgefüllten Zelle und Kompression mittels Prismen. Die Gaszelle ermöglicht uns die Nutzung von Selbstphasenmodulation zur spektralen Verbreiterung und möglicherweise auch von Selbstkompression und sogenanntem Selfsteepening der Laserpulse.

[1] T.Pfeifer et al., Opt. Lett. **30**, 1497-1499: *Spatial control of high-harmonic generation in hollow fibers*

Q 71.2 Do 16:30 Labsaal

Entwicklung einer fasergekoppelten THz-Strahlenquelle — ●WOLFGANG SCHIPPERS, DIRK NODOP, KONRAD HOHMANN, CHRISTIAN BOHLING, MAGDALENA GIERSEWSKA und WOLFGANG SCHADE — Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnitzstrasse 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Auf Basis von Photomischung wird eine vergleichsweise leistungsstarke, kompakte und kostengünstige fasergekoppelte THz-Quelle entwickelt, die keiner aufwendigen Kühlung bedarf. Nd:LSB bietet als aktives Medium in einem Laser aufgrund seiner Verstärkungsprofilbreite die Möglichkeit, zwei Moden mit bis zu 4 nm Abstand gleichzeitig anschwingen zu lassen. Dies wird in einem passiv gütegeschalteten Nd:LSB-Microchip-Laser genutzt, in dessen Resonator sich ein Etalon zur Modenselektion befindet. Der Laser emittiert zwei synchron gepulste Moden mit je nach Ausrichtung des Etalons einstellbarem Linienabstand. Diese werden in einem Yb-

Faserverstärker nachverstärkt und auf einen DAST-Kristall fokussiert, in dem aufgrund von Photomischung Strahlung einer Frequenz von bis zu 1 THz entsteht. Alternativ dazu wird untersucht, ob sich Nebenmoden, wie sie bei der Verstärkung eines Cr⁴⁺ : Nd³⁺:YAG-Microchip-Lasers in einem Yb-Faserverstärker beobachtet wurden, ebenfalls zur THz-Erzeugung in einem DAST-Kristall eignen.

Q 71.3 Do 16:30 Labsaal

Generation of Correlated Photons in Photonic Crystal Fibres — ●MARKUS GREGOR, MARTIN OSTERMEYER, and RALF MENZEL — Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

The generation of entangled photons as a resource for experiments in the fields of quantum communication, quantum imaging and related areas are of vital importance. A well studied method for the generation is the spontaneous parametric down conversion based on a $\chi^{(2)}$ interaction in a birefringent crystal. However there are inherent disadvantages like the low brightness and high bandwidth of the photon pairs. This can be overcome by using a $\chi^{(3)}$ process in photonic crystal fibre. Due to its single mode characteristics the emerging photons are spatially well defined. By introducing a microstructure into the fibre it is possible to engineer specific dispersion relation that determines the phase matching condition. In consequence it is possible to tune the wavelength of the generated photon pairs. The bandwidth of the photons is mainly determined by the bandwidth of the pump laser and can therefore be more narrow than in the case of the spontaneous parametric down conversion. We investigate the feasibility of an experimental realisation of a source of correlated photon pairs by the means of degenerate four-wave mixing in microstructured fibres.

Q 71.4 Do 16:30 Labsaal

Kreuzkorrelationsexperiment für eine gepulste MIR Laserstrahlquelle im Subnanosekundenbereich — ●PETER GEISER, ULRIKE WILLER und WOLFGANG SCHADE — Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnitzstrasse 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Mit Hilfe der Differenzfrequenzerzeugung in periodisch gepoltem Lithiumniobat (PPLN) kann in einem großem Spektralbereich durchstimmbare und schmalbandige Laserstrahlung im mittleren Infrarotbereich erzeugt werden. Ein passiv gütegeschalteter Cr⁴⁺ : Nd³⁺:YAG Microchip-Laser, dessen Pulse mit einem Faserverstärker um den Faktor 15 nachverstärkt werden, wird als Signallaser eingesetzt. Eine cw Laserdiode ($\lambda = 811$ nm), die durch einen Trapezverstärker um den Faktor 20 verstärkt wird, dient als Pumplaser. Die so erzeugte Laserstrahlung ist zwischen

3.32 μm und 3.46 μm durchstimbar. Da keine Detektoren für den MIR Bereich mit einer Zeitaufösung von Pikosekunden existieren, wird das zeitliche Verhalten der erzeugten Pulse mit Hilfe eines Kreuzkorrelations-experiments bestimmt. Hierzu wird die Summenfrequenz aus MIR Strahlung und eines Teils der Emission des faserverstärkten Microchiplasers in Silbergalliumsulfid erzeugt, die wiederum bei $\lambda = 811 \text{ nm}$ liegt. In diesem Spektralbereich können sehr empfindliche Photomultiplier verwendet und die Photonenzähltechnik angewendet werden. Die Pulslänge der MIR Strahlung wurde so zu 538 ps ermittelt.

Q 71.5 Do 16:30 Labsaal

Manipulation of supercontinuum generation by stimulated cascaded four-wave mixing in tapered fibers — ●JÖRN TEIPEL¹, DIANA TÜRKE¹, and HARALD GIESSEN² — ¹Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstraße 8, D-53115 Bonn — ²Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, D-70550 Stuttgart

In a supercontinuum generation setup we have simultaneously pumped two home-made, tapered optical fibers with 100 fs pulses from a Ti:Sa laser. A filtered spectral component of the white light generated in the first fiber has been synchronized with the subsequent pump pulse in the second fiber to stimulate cascaded four-wave mixing processes. The spectral evolution and interaction of signal and idler with the pump wavelength is investigated in detail with increasing pump power. Furthermore the four-wave mixing can lead to modified initial conditions for the evolution of the supercontinuum and provides the initiation for an altered shape of the spectral fiber output when soliton dynamics are involved.

Q 71.6 Do 16:30 Labsaal

Optical Parametric Oscillator as a Narrow-Band Single-Photon Source — ●FLORIAN WOLFGRAMM, MATTHIAS SCHOLZ, and OLIVER BENSON — Humboldt-University of Berlin, Physics Department, AG Nano-Optics, Hausvogteiplatz 5-7, D-10117 Berlin, Germany

Recently, there has been extensive progress on the storage of single photons. Most storage schemes rely on the matching of photons to atomic resonances and therefore require single photons of narrow bandwidth. This feature is not fulfilled by most of today's single photon sources based on quantum dots, molecules, or NV-centers in diamond. While narrow bandwidths have been achieved using single stored atoms

or ions, our approach generates single photons non-deterministically by parametric down-conversion inside a cavity, following the ideas of (1). At low pump power, the photon bandwidth is solely determined by the cavity and can easily reach values down to a few 10 MHz.

We plan to use parametric down-conversion in a BiBO crystal pumped by a frequency doubled diode laser to generate photons at the D1-transition of cesium. BiBO allows type-II down-conversion in this frequency range, and signal and idler photon can be separated by polarization. Such a narrow-band photon source will have wide applications in the field of quantum information processing.

(1) Lu and Ou, Phys. Rev. A 62, 033804 (2000)

Q 71.7 Do 16:30 Labsaal

UV-induzierte Volumen- und Oberflächenschädigungen in LiB₃O₅ — ●S. MÖLLER, C. MERSCHJANN, B. ZIMMERMANN und M. IMLAU — Fachbereich Physik, Universität Osnabrück, Barbarastr. 7, D-49069 Osnabrück

Bei der Summenfrequenzmischung von ns-Laserpulsen der Wellenlängen $\lambda = 1064 \text{ nm}$ und $\lambda = 532 \text{ nm}$ zur Erzeugung von UV-Laserlicht (355 nm) konnte in LiB₃O₅-Kristallen ein irreversibler optischer Schaden erzeugt werden. Dieser Schaden tritt nach einer Bestrahlung von $1.5 \cdot 10^6 \text{ J/cm}^2$ auf und zeigt sich sowohl durch eine Oberflächenschädigung an der Austrittsfläche als auch im Volumen. Die Visualisierung des Oberflächenschadens mit der Rasterkraftmikroskopie zeigt eine Deformation mit ringförmiger Struktur und Amplituden von $\pm 100 \text{ nm}$. In diesen Bereichen konnte mit der Photoelektronenspektroskopie eine Anreicherung verschiedener Fremdelemente (S, Na, C, etc.) nachgewiesen werden. Zugleich werden Veränderungen der optischen Eigenschaften im Volumen im Bereich der Strahlführung durch eine Zunahme von Streulicht und das Auftreten von Brechungsindexinhomogenitäten beobachtet. Im Fernfeld führen diese Effekte zu einer signifikanten Veränderung der Laserstrahlparameter. Insbesondere nehmen der Strahltaillendurchmesser, der Divergenzwinkel und der M^2 -Parameter als Funktion der Bestrahlung zu. Eine Änderung der Position der Strahltaile wurde nicht beobachtet. Anhand dieser umfassenden experimentellen Ergebnisse lässt sich die jeweilige Rolle der Oberflächen- und Volumenschädigung auf die Strahlparameter beschreiben.

Gefördert durch DFG (TFB 13-04, Projekt A5)

Q 72 Poster Laserspektroskopie

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 72.1 Do 16:30 Labsaal

Absorption and Emission Spectroscopic Characterization of some Vat, Direct, and Reactive Dyes — ●THOMAS SUSDORF¹, ALFONS PENZKOFER¹, SHENG-LI GUO², and JING-MIN SHI³ — ¹Institut II - Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ²Department of Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, PR China — ³Department of Chemistry, Shandong Normal University, Jinan 250000, PR China

An optical spectroscopic characterization is carried out on a direct dye (acidproof purplish red), two reactive dyes (reactive orange 1 and reactive violet 8), two vat dyes (flavanthrone and flavanthrone-disodiumdisulfite), and on N-(p-hydroxybenzylidene)-diamino-maleonitrile. The absorption cross-section spectra of the dyes are measured. A fluorescence spectroscopic characterisation is undertaken by measuring the fluorescence quantum distributions, fluorescence quantum yields, and the fluorescence lifetimes. The saturable absorption is studied by nonlinear transmission measurements with intense picosecond laser pulses (second harmonic pulses of a mode-locked Nd:glass laser). In the flavanthrone dyes and in reactive violet 8 impurity induced fluorescence quenching is observed. In acidproof purplish red, reactive orange 1, and the diamino-maleonitrile derivative there occurs fast ground-state recovery by internal conversion likely via conical intersections. Low excited-state absorption and fast ground-state absorption recovery make them ideal candidates for passive mode-locking of picosecond and femtosecond lasers as well as for fast nonlinear optical gating.

Q 72.2 Do 16:30 Labsaal

Absorption and Emission Spectroscopic Characterisation of 10-Phenyl-Isoalloxazine Derivatives — ●JAVID SHIRDEL¹, ALFONS PENZKOFER¹, ROMAN PROCHÁZKA², JÖRG DAUB², EDUARD HOCHMUTH³, and RAINER DEUTZMANN³ — ¹Institut II - Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ²Institut für Organische Chemie, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ³Institut für Biochemie I, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany

The flavoquinone dyes 10-phenyl-isoalloxazine-3-acetic acid ethyl ester and 10-(4-bromo-phenyl)-3-methyl-isoalloxazine in dichloromethane, acetonitrile, and methanol are characterized by absorption, emission, and mass spectroscopy. Absorption cross-section spectra, stimulated emission cross-section spectra, fluorescence quantum distributions, quantum yields, lifetimes, and degrees of fluorescence polarization are determined. The blue-light photo-degradation of the dyes is studied. Mass spectroscopic measurements reveal the formation of phenyl-benzopteridine (isoalloxazine) derivatives, tetraza-benzo-aceanthrylene derivatives, dihydro-quinoxaline derivatives, and pyrazino-carbazole derivatives. An enhancement of photo-degradation by the formed photo-fragments is observed.

Q 72.3 Do 16:30 Labsaal

Absorption and Emission Spectroscopic Characterisation of OLED Material PtOEP — ●ASHU KUMAR BANSAL¹, WOLFGANG HOLZER¹, ALFONS PENZKOFER¹, and TAIJU Tsuboi² — ¹Institut II - Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany — ²Kyoto Sangyo University, Faculty of Engineering, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto 603-8555, Japan

The absorption and emission spectroscopic behaviour of the platinum complexed porphyrine PtOEP (platinum-octaethyl-porphyrine) is studied at room temperature. Liquid solutions, doped films, and a neat film are investigated. The absorption cross-section spectra including singlet-triplet absorption, the triplet-singlet stimulated emission cross-section spectra, the phosphorescence quantum distributions, the phosphorescence quantum yields and the phosphorescence signal decays are determined. In neat films phosphorescence self-quenching occurs. In polystyrene and dicarbazole-biphenyl (CBP) films as well as in de-aerated liquid solutions (tetrahydrofuran, toluene, chloroform) high phosphorescence quantum yields are obtained (e.g. 38 % in CBP film). In air-saturated liquid solutions the phosphorescence efficiency is reduced by oxygen quenching (e.g. 0.13 % in toluene). In the case of intense picosecond laser pulse excitation, the phosphorescence lifetime is shortened by triplet-triplet annihilation.

Q 72.4 Do 16:30 Labsaal

Coherent suppression of power broadening, applied to trace detection of molecular isobars — ●LUKAS BRANDT, ALVARO PERALTA CONDE, and THOMAS HALFMANN — TU Kaiserslautern, FB Physik, Erwin-Schrödinger-Strasse, 67663 Kaiserslautern

Trace detection of atomic or molecular species by resonantly enhanced multi-photon ionization (REMPI) exhibits a well-established tool, providing high efficiencies and selectivities in analytical applications. However, while the efficiency of trace detection increases with the driving laser intensities, power broadening reduces the spectral resolution. We present a coherent variant of REMPI, which permits suppression of power broadening. The technique is based on coherent population return (CPR), i.e. population is driven by a coherent radiation field from a ground to an excited state *and back again*. Power broadening does not occur, if the population in the upper state is monitored *after* the excitation process [1, 2]. Thus, if the ionization and excitation laser are delayed in a REMPI experiment, no power broadening limits the spectral resolution - no matter how strongly the transitions are driven. We demonstrate trace detection by REMPI, assisted by CPR, to monitor isobars of NO-molecules. We show, that irrespective of the driving laser intensity, high selectivity is maintained even if a transition is driven strongly in saturation.

[1] N.V. Vitanov, B.W.Shore, L.P.Yatsenko, K. Böhmer, T. Halfmann, T. Rieckes, K. Bergmann, Opt. Comm. 199, 117 (2001)

[2] T. Halfmann, T. Rieckes, N.V. Vitanov, K. Bergmann, Opt. Comm. 220, 353 (2003)

Q 72.5 Do 16:30 Labsaal

Double photoemission from fullerene films: angular photoelectron distributions and continuum resonant states. — ●OLEG KIDUN¹, JAMAL BERAKDAR², and NATALIA FOMINYKH² — ¹Max-Planck-Institut fuer Kernphysik, Heidelberg, — ²Max-Planck-Institut fuer Mikrostrukturphysik,

Angular distributions of the emission probability (ADP) of correlated electron pairs from 2D fullerene lattices upon absorption of a single photon are investigated. We found drastic changes of these angular emission patterns within the narrow photon energy region in the vicinity of the ionization threshold. The connection of the ADP structure with the presence of continuum resonant states of the film is discussed. The manifestation of resonant states in the energy spectrum and their decay in time are studied in detail. [1]

[1] O. Kidun, N. Fominykh, J. Berakdar, Chem. Phys. Lett. 410, 293 (2005)

Q 72.6 Do 16:30 Labsaal

Entwicklung eines weit durchstimmbaren, schmalbandigen Diodenlasers für die ultrahochoauflösende Spektroskopie — ●NADINE STRAUSS¹, ANDREAS WICHT¹, INGO ERNSTING¹, SERGEI CHEPUROV¹, STEPHAN SCHILLER¹, PHILIPP HUKU², ROLF-HERMANN RINKLEFF² und KARSTEN DANZMANN² — ¹Institut für Experimentalphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf — ²MPI für Gravitationsphysik, Hannover

Wir stellen ein neues Diodenlasersystem vor, das bei sehr guter passiver Frequenzstabilität und geringer Linienbreite (<35 kHz Linienbreite in 290ms) gleichzeitig auch einen weiten Durchstimmbereich (45 GHz kontinuierlich, 46 nm bei 852 nm absolut) aufweist. Diodenlaser diesen Typs werden für die ultra-hochoauflösende Spektroskopie eingesetzt, um atomare- und molekulare Kohärenzen zu untersuchen und zu manipulieren.

Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung von Diodenlasern mit reduziertem Frequenzrauschen bei hohen Fourier-Frequenzen, die eine phasenstarre Kopplung an einen weiteren Laser oder einen optischen fs-Frequenzkamm auch ohne Einsatz von digitalen Phasendetektoren zuverlässig erlauben. Unser Lasersystem basiert auf der Kombination einer Littmann-Anordnung und einem externen Resonator für die optische Rückkopplung.

Vorgestellt wird hier auch die Analyse der Frequenzstabilität eines neuen Lasersystems, das bei 1400 nm emittiert. Untersucht werden frei laufende Frequenzdrift, Frequenz-Rausch-Spektrum, Strom-Frequenz- und Temperatur-Frequenz-Transfer-Funktion.

Q 72.7 Do 16:30 Labsaal

Höchstempfindliche Spurengasanalytik mittels eines Differenz-Frequenz-Cavity-Leak-Out-Spektrometers bei 3 μm — ●SVEN THELEN, DANIEL HALMER, PETER HERING und MANFRED MÜRTZ — Universität Düsseldorf, Institut für Lasermedizin, www.ilm.uni-duesseldorf.de/tracegas

Im Spektralbereich um 3 μm besitzen viele Spurengase charakteristische Absorptionsspektren und hohe Linienstärken. Geringste Konzentrationen im ppb-Bereich (parts per billion) oder darunter, sowie eine begrenzte Zugänglichkeit durch herkömmliche Lasersysteme erfordern höchstempfindliche Spektroskopiemethoden und hierfür geeignete Laserquellen.

Wir benutzen für die Spektroskopie von Spurengasen ein Differenz-Frequenz-System (DFG), mit dem der Spektralbereich zwischen 3,12 μm und 3,48 μm lückenlos abgedeckt wird. Als Pumpplaser dient ein fasergekoppelter Diodenlaser in Littmann-Anordnung ($\lambda = 793 - 815 \text{ nm}$, $P = 320 \text{ mW}$), als Signallaser wird ein Nd:YAG-Laser ($\lambda = 1064 \text{ nm}$, $P = 825 \text{ mW}$) verwendet. Die Differenz-Frequenz wird durch Überlagerung der beiden Laserstrahlen in einem periodisch gepolten Lithium-Niobat-Kristall (PPLN) erzeugt.

Die Cavity-Leak-Out-Spektroskopie (CALOS) basiert auf der Anregung eines Resonators hoher Güte, mit der wir effektive optische Weglängen von über 3,6 km bei 3 μm erreichen.

Wir präsentieren unsere neuesten Messergebnisse bei der isotopenselektiven Spektroskopie von Wasserdampf. Dabei wurden die Isotopomere H_2^{16}O , HD^{16}O , H_2^{17}O und H_2^{18}O nachgewiesen.

Q 72.8 Do 16:30 Labsaal

LIBS an Explosiv- und Kunststoffen — ●CHRISTOPH BAUER¹, JÖRG BURGMAYER¹, DIRK NODOP², WOLFGANG SCHIPERS², CHRISTIAN BOHLING² und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹LaserAnwendungsCentrum, TU-Clausthal, Arnold Sommerfeldstr. 6, 38678 Clausthal — ²Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnitzstrasse 4, 38678 Clausthal

Viele Explosiv- und Kunststoffe weisen im Bereich zwischen 1.1 μm und 1.6 μm einen stark ansteigenden Absorptionskoeffizienten auf. Im Falle eines großen Absorptionskoeffizienten (daher bei größeren Wellenlängen) überwiegt die Oberflächenabsorption gegenüber der Volumenabsorption. Es können daher hohe Leistungsdichten im Material bei relativ geringen Pulsenergien generiert werden. Zur Entwicklung eines mobil einsetzbaren LIBS Systems für Explosiv- und Kunststoffe wird eine entsprechende Strahlquelle benötigt. Ein passiv gütegeschalteter Er:Glass-Microchip-Laser ($\lambda = 1535 \text{ nm}$, $E_p = 5 \mu\text{J}$, $\Delta t = 5 \text{ ns}$) wird in einem Yb:Er-Faserverstärker nachverstärkt. Es werden Verstärkungen bis zu einem Faktor 40 beobachtet. Aufgrund des hohen Absorptionskoeffizienten im Bereich $\lambda = 1.5 \mu\text{m}$ ist es mit dieser Strahlquelle möglich, ein Plasma auf verschiedenen Explosiv- und Kunststoffen zu erzeugen. Die Emission wird zeitlich und spektral charakterisiert und hinsichtlich ihrer spektroskopischen Relevanz untersucht.

Q 72.9 Do 16:30 Labsaal

Light induced birefringence, electromagnetically induced transparency and absorption in the caesium D_2 line — ●LUCA SPANI MOLELLA^{1,2}, ROLF-HERMANN RINKLEFF^{1,2}, and KARSTEN DANZMANN^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik, Hannover — ²Institut für Gravitationsphysik, Universität Hannover

The research presents several different measurements of absorption and dispersion taken within the hyperfine components of the caesium D_2 line. The coupling laser counterpart to electromagnetically induced absorption (i.e. absorption within transparency on the $F = 4 \rightarrow F' = 5$ line) is presented together with its dispersive feature [1] and compared with the electromagnetically induced transparency (EIT) appearing on the other closed system ($F = 3 \rightarrow F' = 2$). Further measurements present coupling and probe absorption profiles when the coupling laser drives the $F = 3 \rightarrow F' = 4$ transition and the probe is scanned between the $F = 4 \rightarrow F' = 3$ and the $F = 4 \rightarrow F' = 5$ transitions. In this case EIT and light induced birefringence could be detected. All measurements were performed with a heterodyne interferometer in a caesium beam. [1] PRA 72, 041802(R) (2005)

Q 72.10 Do 16:30 Labsaal

MIR-Lasersensor für die aktive Prozesskontrolle in Glasmelzöfen — ●CLAUS ROMANO¹, PETER GEISER¹, SANDRA BÖRNER¹, MARIA OSTAFIN², JOACHIM DEUBENER² und WOLFGANG SCHADE¹ — ¹Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, 38678 Clausthal — ²Institut für Nichtmetallische Werkstoffe, TU Clausthal, 38678 Clausthal

Zur Optimierung industrieller Verbrennungsprozesse in Glasmelzöfen ist eine Bestimmung der beim Verbrennungsprozess entstehenden, relevanten Gase in Echtzeit für eine aktive Regelung von großer Bedeutung. Konventionelle Systeme beruhen auf volumetrischen Messungen, welche eine Probenentnahme erfordern oder sie sind räumlich an die Brennkammer gebunden. Letztere haben aufgrund der langen Absorptionsstrecke den Vorteil einer hohen Sensitivität. Allerdings erlauben solche Systeme keine Aussage über die Gasverteilung. Durch die Kombination von zwei DFB-Laserdioden ($\lambda=1,57\mu\text{m}$ und $\lambda=2,33\mu\text{m}$) und einem Quantenkaskadenlaser ($\lambda=5,3\mu\text{m}$) in Verbindung mit einem Evaneszenzfeldsensor ($l_{\text{abs}}=10\text{m}$) bzw. einem Prismensensor ($l_{\text{abs}}=10\text{cm}$) ist es möglich, die Konzentration der Gase CO, CO₂ und NO orts aufgelöst während des Verbrennungsprozesses messen zu können. Die Sensoren arbeiten nach dem Prinzip der frustrierten Totalreflexion bzw. der Absorptionsspektroskopie. Über Chalcogenitfasern wird das Laserlicht den Sensoren zugeführt. Die Fasern werden durch eine gekühlte Lanze vor der Temperatur (max. 1500°C) im Ofen geschützt. Als Sensormaterialien kommen Saphir, Magnesiumoxid und Quarz zum Einsatz.

Q 72.11 Do 16:30 Labsaal

NO Spektroskopie mit faseroptischen Evaneszenzfeldsensoren — ●CHRISTOPH BAUER¹, ASHWINI K. SHARMA², PETER GEISER² und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹LaserAnwendungszentrumCentrum, TU Clausthal, Arnold-Sommerfeld-Straße 6, D- 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²IPPT, TU Clausthal, Leibnizstraße 4, D- 38678 Clausthal-Zellerfeld

Durch Differenzfrequenzerzeugung (DFG) wird eine durchstimmbare Laserquelle im MIR realisiert, welche Übergänge von NO anregt. Besonders stark absorbierende Vibrationsübergänge benachbarter Energie-niveaus liegen beim NO Molekül bei $\lambda=5,26\mu\text{m}$. Die durchstimmbare DFG-MIR Quelle liefert eine durchschnittliche Laserleistung im Bereich von einigen μW . Zur hochempfindlichen Evaneszenzfeldspektroskopie an NO wird das emittierte Laserlicht mittels eines CaF Linsen Systems in eine Silber-Halogenid Faser eingekoppelt. Die Wechselwirkungslänge des evaneszenten Feldes mit der Umgebung ist proportional zur eingestrahnten Intensität. Eine leistungsstarke Strahlquelle wirkt sich daher positiv auf das Signal-Rauschverhältnis aus.

Es bietet sich daher der Einsatz von leistungsstarken, gepulsten Quanten-Kaskaden-Lasern (QCL) an, die einen schmalen Wellenlängenbereich abdecken, jedoch mit höheren Ausgangsleistungen ($P_{\text{cw}}=2\text{mW}$) arbeiten. Es werden beide Lasersysteme hinsichtlich Ihrer Eignung für die Evaneszenzfeldspektroskopie im MIR-Bereich zur Analytik von NO miteinander verglichen.

Q 72.12 Do 16:30 Labsaal

Nahfeldspektroskopische Untersuchungen an molekularen Übergängen, sowie an mit Nanostrukturen beschichteten Oberflächen — ●ANDREAS POHLKÖTTER, YANG YANG, MARCEL BREMERICH, SANDRA BÖRNER und WOLFGANG SCHADE — Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU Clausthal, Leibnizstrasse 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Die Eigenschaften des evaneszenten Feldes in der Nähe von molekularen Übergängen ist von zentraler Bedeutung für die Evaneszenzfeldspektroskopie. Durch die direkte Detektion des Feldes mit Hilfe eines Nahfeldmikroskopes können Daten gewonnen werden, welche es ermöglichen,

die Empfindlichkeit derartiger Sensoren zu optimieren. Insbesondere die Austrittslänge des evaneszenten Feldes im spektralen Bereich molekularer Übergänge, spielt eine elementare Rolle für die Empfindlichkeit dieser Sensoren. Um diesen Effekt im Detail zu untersuchen, wurde die Austrittslänge des Feldes an einer O₂ Absorptionslinie gemessen. Dies erfolgte in Abhängigkeit von der Wellenlänge im Bereich um $\lambda = 764,1 \text{ nm}$ an einer Glas-Gas Grenzfläche. Die numerische Simulation des Verlaufes des Brechungsindex zeigt eine gute Übereinstimmung mit den aus der Messung bestimmten Daten. Um das Evaneszenzfeldvolumen und die Austrittslänge des Feldes zu optimieren, wird die Beschichtung der Sensoroberflächen mit Nanostrukturen diskutiert. Erste Ergebnisse werden präsentiert.

Q 72.13 Do 16:30 Labsaal

Spektrale Dynamik eines Vielmodenlasers mit partiell entkoppelten Moden und Absorption im Resonator — ●OLIVER BACK, SERGEJ WEXLER, KLAUS SENGSTOCK und VALERI BAEV — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Die Photonenzahlen in einzelnen Moden eines Vielmodenlasers zeigen sehr starke Fluktuationen bis hin zur Gesamtphotonenzahl und sehr hohe Empfindlichkeit gegen schmalbandige Absorption im Resonator, wenn die Verstärkung homogen ist, d.h. allen Moden in vollem Umfang zur Verfügung steht. Allerdings führt die Sättigung der Inversion in realen Lasern z.B. durch die stehenden Lichtwellen eines Vielmodenlasers zu einer räumlichen Inhomogenität der Verstärkung und dementsprechend zu einer partiellen Entkopplung der Moden. Die numerischen Lösungen unseres entwickelten Ratengleichungsmodells zeigen, dass diese Entkopplung zu einer drastischen Reduzierung der spektralen Fluktuationen mit der Dauer der Laseremission und zur Reduzierung der Empfindlichkeit des Emissionsspektrums gegen spektrale Absorption im Resonator führt. Diese Ergebnisse erklären die beobachtete Empfindlichkeitsbegrenzung eines Nd-dotierten Faserlasers bei der Messung resonatorinterner Absorption, die einer effektiven Absorptionsweglänge von bis zu 100 km entspricht. Diese Erkenntnisse sind wichtig für die Entwicklung höchstempfindlicher Gasanalytoren mit Faserlasern.

Q 72.14 Do 16:30 Labsaal

Wavemeter-Frequenzstabilisierung und Einzelionenabbildung für eine segmentierte Paul-Falle — ●JOHANNES EBLE, ROBERT MAIWALD, THOMAS DEUSCHLE, GERHARD HUBER, KILIAN SINGER und FERDINAND SCHMIDT-KALER — Abteilung Quanteninformativverarbeitung, Universität Ulm, Deutschland

Mittels eines Fizeau-Wavemeters können die Frequenzen mehrerer Laser kontrolliert und zeitlich stabil gehalten werden. Eine spektroskopische Anwendung besteht in der Frequenzmodulations-Transferspektroskopie am $4^1S_0 \leftrightarrow 4^1P_1$ Übergang bei 423nm in Kalziumdampf. Charakterisiert wird das System durch die Allen-Varianz.

Weiterhin wird über die Abbildung der Fluoreszenz einzelner $^{40}\text{Ca}^+$ -Ionen berichtet. Wir benutzen eine EMCCD-Kamera zur schnellen und simultanen Detektion.

Q 72.15 Do 16:30 Labsaal

ZnO-Nanodrähte zur Optimierung von Evaneszenzfeldsensoren — ●SANDRA BÖRNER¹, YANG YANG¹, ANDREAS POHLKÖTTER¹, WOLFGANG SCHADE¹, BIANCA POSTELS², MARC KREYE² und ANDREAS WAAG² — ¹Institut für Physik und Physikalische Technologien, TU-Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²Institut für Halbleitertechnik, TU-Braunschweig, 38106 Braunschweig

Durch die Beschichtung mit Nanostrukturen ist es möglich, die optischen Eigenschaften von Oberflächen stark zu beeinflussen. Zur Steigerung der Sensitivität werden Evaneszenzfeld-Gassensoren mit Zinkoxid (ZnO)-Nanodrähten beschichtet. Aufgrund des geringen Durchmessers der Nanodrähte ist die Eindringtiefe des evaneszenten Feldes in das den Sensor umgebende Medium besonders groß. Zusätzlich kann es zu einer evaneszenten Kopplung zwischen dicht benachbarten Drähten kommen, wodurch ein starkes Feld zwischen ihnen ermöglicht wird. Daraus resultiert ein besonders großes Wechselwirkungsvolumen. Ein Fasersensor, der aus einer unbeschichteten Quarzglasfaser besteht, und dessen evaneszentes Feld mit einem ihn umgebenden Gas wechselwirkt, wird mit ZnO Nanodrähten beschichtet, um dessen aktive Sensoroberfläche und damit seine Sensitivität zu vergrößern. Erste Untersuchungen mit einem Nahfeldmikroskop (NSOM) an einzelnen, auf einem Substrat liegenden ZnO-Nanodrähten mit einem Durchmesser von 100-250nm werden vorgestellt. Bevor die Beschichtung und der Einsatz an kompletten Fasersen-

soren realisiert wird, werden ZnO-Nanodrähte auf Quarzglasfaserkernen sowie Glasprismen durch eine nasschemische Methode aufgewachsen und

anschließend charakterisiert.

Q 73 Poster Laser in der Umweltmeßtechnik

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 73.1 Do 16:30 Labsaal

CO₂ - Monitoring bei der Sequestrierung — ●ROZALIA ORGHICI¹, ULRIKE WILLER^{1,2}, CHRISTIAN BOHLING¹ und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹IPPT, TU Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²LaserAnwendungsCentrum, TU Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Die Speicherung von Kohlendioxid im Untergrund kann zu einer Verminderung des Treibhauseffektes beitragen und ist im Rahmen des in Kyoto vereinbarten Emissionshandels auch von wirtschaftlichem Interesse. Das Chemkin-Projekt, bei dem in einem Salinen Aquifer große Mengen CO₂ zu Forschungszwecken eingebracht werden, hat zum Ziel derartige Verfahren näher zu untersuchen. Für eine online und insitu Überwachung des CO₂-Gehalts und der CO₂-Ausbreitung in der Tiefe (ca. 700 m) während des Verpressungsprozesses sind Nachweismethoden, die keine Probenentnahme erfordern, wünschenswert. Für diese Anwendung eignet sich die Evaneszenzfeldspektroskopie im NIR. Die spektral schmalbandige und im Bereich von einigen nm durchstimmbare Emission einer DFB-Laserdiode (Zentralwellenlänge $\lambda_0 = 1571$ nm) wird in eine optische Faser, die zugleich als Sensor dient, eingekoppelt. Alternativ kommen auch sogenannte Superlumineszenzdiode zum Einsatz. Der Nachweismechanismus beruht auf der frustrierten und abgeschwächten Totalreflexion an der Grenzfläche zwischen dem lichtleitenden Medium und der zu untersuchenden Umgebung. Dazu ist im aktiven Sensorbereich der Mantel und das Cladding der optischen Faser entfernt. Vorteile dieses Verfahrens sind der fasergekoppelte Aufbau des Sensors und das Fehlen der freien optischen Wegstrecken, so dass Messungen in einem optisch dichten oder stark streuenden Medium durchgeführt werden können.

Q 73.2 Do 16:30 Labsaal

Aufbau eines ECDL (external cavity diode laser) für einen Stickstoffmonoxid Sensor — ●EDGARDO DEZA und THOMAS WALTHER — Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt, <http://www.physik.tu-darmstadt.de/lqo>

Für die Umwelttechnik ist es von Bedeutung, Stickstoffmonoxid (NO) Konzentrationen zu messen. Hierzu verwenden wir ein Sensorsystem, mit dem die UV-Absorptionslinie von NO untersucht wird. Das UV-Licht wird durch Frequenzsummenerzeugung eines Diodenlasers und eines kompakten, frequenzverdoppelten Nd:YAG Lasers erzeugt.

Die Genauigkeit des bestehenden NO-Sensors soll durch einen Littrow-ECDL (external cavity diode laser) im Ricci-Hänsch Design mit vergrößertem, modensprungfreien Abstimmbereich um die Zentralwellenlänge 395nm verbessert werden. Neben der Möglichkeit, die Wellenlänge durch die Bewegung des Gitters mit einem Piezokristall zu verstimmen, wird auch der Einsatz eines intra-cavity elektrooptischen Modulators (EOM) untersucht. Vorteile sind schnelles Abstimmen der Wellenlänge und keine Hysterese, wie sie beim Piezokristall auftritt. Es wird über den aktuellen Stand des Projekts berichtet.

Q 73.3 Do 16:30 Labsaal

Brillouin-LIDAR zur Messung von Temperaturprofilen in Wasser: Entwicklung der Systemkomponenten — ●ANDREAS BUNBERT, ALEXANDRU POPESCU, KAI SCHORSTEIN und THOMAS WALTHER — Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, AG Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Q 74 Poster Präzisionsmessungen

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 74.1 Do 16:30 Labsaal

Atomic clock on a chip — ●FRIEDEMANN REINHARD¹, PETER ROSENBUSCH², and JAKOB REICHEL¹ — ¹Laboratoire Kastler-Brossel, 24, Rue Lhomond, F-75231 Paris Cedex 05 - FRANCE — ²SYRTE - Observatoire de Paris, 61, avenue de l'Observatoire, 75014 Paris - FRANCE

We are developing a miniaturized atomic clock based on atom chip technology. It will employ the transition between the $|F = 1, m = -1\rangle$ and $|F = 2, m = 1\rangle$ hyperfine sublevels of the ⁸⁷Rb ground state as its

Für die berührungslose Aufnahme von Temperaturprofilen in Wasser kann ein Brillouin-LIDAR genutzt werden. Dabei erlaubt die Brillouin-Verschiebung eines zurückgestreuten Laserpulses Rückschlüsse auf die Temperatur im Wasser. Durch das Zeitverhalten dieser Frequenzverschiebung, welche im Bereich von 7-8 GHz für typische Wassertemperaturen liegt, wird ein Tiefenprofil erhalten. Durch solch ein System lassen sich verhältnismäßig schnell große Wasserflächen erfassen und die gewonnenen Daten können beispielsweise in Klimastudien oder Wettervorhersagen Anwendung finden. Da das LIDAR von einem Helikopter oder Flugzeug aus betrieben werden soll, ist ein mechanisch robustes kompaktes System mit geringem Gewicht und Stromaufnahme erforderlich.

Als Strahlquelle kommt dabei ein System von gepulsten Yb-dotierten Faserverstärkern in Frage. Die Detektion der Brillouinverschiebung geschieht durch einen Kantenfilter in Form eines EFADOs (excited state Faraday anomalous dispersion optical filter). Beides sind Entwicklungen, die über die Laborerprobung hinaus letztendlich in einem realen System eingesetzt werden können. Weiterhin wird ein Rohrsystem als Testozean zur Validierung des gesamten Sensorsystems implementiert. Präsentiert wird der Entwicklungsstand des gesamten Projektes.

Q 73.4 Do 16:30 Labsaal

Frequenzstabilität eines gütegeschalteten diodengepumpten Nd:YAG Lasers auf der Basis des pulse buildup time Verfahrens — ●T. SCHRÖDER¹, C. LEMMERZ¹, O. REITEBUCH¹, C. WÜHRER², R. TREICHEL³ und Y. DURAND⁴ — ¹Institut für Physik der Atmosphäre, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), D-82234 Oberpfaffenhofen — ²EADS Astrium GmbH, D-81663 Ottobrunn — ³EADS Astrium GmbH, D-88039 Friedrichshafen — ⁴ESA-ESTEC, 2200 AG Noordwijk, the Netherlands

Die Vermessung vertikaler Windprofile in der Atmosphäre (0-15 km) mit Hilfe des Doppler Lidar Verfahrens bei vertikaler Auflösung (250 m-1 km) und Genauigkeit (1-2 m/s) erfordert abstimmbaren gepulsten Einmodenbetrieb mit hoher Frequenzstabilität. Der für die Anwendung entwickelte Laser besteht aus einem diodengepumpten Oszillator und zwei Verstärkern in Doppelpassanordnung, die Pulsenergien von 230 mJ (1064 nm) bei 50 Hz erzeugen. Die Fundamentalwellenlänge wird mittels zweier nichtlinearer Kristalle in die 3. Harmonische (355 nm) konvertiert. Ein Referenzlasersystem liefert abstimmbare seed laser Strahlung für den master Oszillator. Dieser wird über das pulse build up time Verfahren frequenzstabilisiert. Es wurde ein kompakter aus faseroptischen Komponenten bestehender Heterodyn-Empfänger entwickelt, der die Messung der Frequenzstabilität des master lasers bei 1064 nm von Puls zu Puls ermöglicht. Es konnte gezeigt werden, dass der Laser die geforderte Frequenzstabilität von 1.5 MHz rms (1064 nm) erreicht. Ergebnisse der Spektralmessungen, der Laseraufbau und Anforderungen an das neue Lidar-system werden präsentiert.

frequency reference. This frequency will be interrogated using a two-photon, microwave and RF excitation scheme

Compared to fountain clocks, two design decisions will miniaturize the setup:

The ultracold atoms will be held in a magnetic trap above the atom chip during interrogation.

The excitation pulses will be generated by a microwave stripline integrated on the chip.

We expect the clock stability to be close to $1 \cdot 10^{-13} s^{1/2} \tau^{-1/2}$. It would

thus outperform today's best commercial atomic clocks by a factor of 10, while being much smaller than the atomic fountain primary standards. This combination of features opens a clear perspective for applications as secondary standard and in satellite navigation.

In this poster, we present the calculations leading to this expectation as well as an outline of our planned design.

This project is supported by IFRAF (Institut Francilien de recherche sur les atomes froids).

[1] P. Treutlein et. al., Phys. Rev. Lett. 92, 203005 (2004)

Q 74.2 Do 16:30 Labsaal

Entwicklung eines Frequenzkamm-basierten Spektrometers für die Spektroskopie im nahen und mittleren Infrarot. — ●INGO ERNSTING¹, ANDREAS WICHT¹, FRANK MÜLLER¹, OSKAR ASVANY², EDOUARD HUGO³, FRANK KÜHNEMANN⁴, STEPHAN SCHLEMMER³ und STEPHAN SCHILLER¹ — ¹Institut für Experimentalphysik, Heinrich-Heine Universität Düsseldorf — ²Sterrewacht Leiden, Universiteit Leiden — ³I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln — ⁴Department of Physics, German University in Cairo, New Cairo City, Egypt

Schmalbandige stabile Strahlung im mittleren Infrarot ist die Voraussetzung für Präzisionsspektroskopie an ultrakalten Molekülen (z.B. HD⁺), deren rovibronische Übergänge Linienbreiten im kHz Bereich besitzen. Dazu entwickeln wir ein Infrarot-Spektrometer, das aus einem optischem Frequenzkamm, einem Dauerstrich-OPO und einem Diodenlaser besteht. Das Emissionsspektrum des auf einen Titan-Saphir fs-Laser basierenden Frequenzkammes wird zur Abdeckung eines Bereiches zwischen 500 nm und 1500 nm über eine Photonic-Crystal-Faser spektral verbreitert. Die Idler-Welle des Dauerstrich-OPO, welche zwischen 3,1 μm und 3,9 μm abstimbar ist, wird mittels eines neuartigen Stabilisierungsschemas auf den optischen Frequenzkamm phasenstabilisiert. Der Diodenlaser überstreicht einen Wellenlängenbereich von 1369 nm bis 1481 nm, wobei dessen Ausgangsleistung durch einen nachgeschalteten Halbleiterverstärker auf ca. 20 - 30 mW verstärkt wird. Die Stabilisierung des Diodenlasers erfolgt über einen Frequenzlock an den Frequenzkamm.

Erste Ergebnisse zur Spektroskopie an kalten Molekül-Ionen in einer Tieftemperatur-Falle werden vorgestellt.

Q 74.3 Do 16:30 Labsaal

Future Inertial Atomic Quantum Sensors — ●MALTE SCHMIDT¹, THIJS WENDRICH², PHILIPPE BOUYER³, ARNAUD LANDRAGIN⁴, ACHIM PETERS¹, GUGLIELMO M. TINO⁵, and ERNST M. RASEL² — ¹Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Physik, Germany — ²Institut für Quantenoptik, Universität Hannover, Germany — ³Groupe d'Optique Atomique, Laboratoire Charles Fabry de l'institut d'Optique, Orsay, France — ⁴BNM-SYRTE, Observatoire de Paris, France — ⁵LENS, Università di Firenze, Italy

In recent years, matter wave interferometry has developed into a powerful tool for the ultra precise measurement of accelerations and rotations. It is used in various laboratories for experiments in the fields of fundamental physics and metrology.

FINAQS (Future Inertial Atomic Quantum Sensors), a collaboration of five European research groups, aims at developing new atomic quantum sensors based on coherent and brilliant atomic sources. For this purpose, we will implement new atom optics concepts, particularly the first gravimeter and quantum gyroscope using degenerate quantum gases. Another goal of FINAQS is extending the usefulness of atom interferometers to include practical applications, such as on-site high precision measurements of local gravity, which will benefit research in geology and seismology, amongst others. Each FINAQS partner will contribute its experience and designs to the development of the project.

We will present an overview of the key technologies that will be developed or adapted from previous laboratory based experiments for the realization of two mobile and yet precise FINAQS quantum sensors.

Q 74.4 Do 16:30 Labsaal

Laser-Frequenzstabilisierung auf ein einzelnes Ion — ●E. PEIK¹, B. LIPPHARDT¹, H. SCHNATZ¹, T. SCHNEIDER^{1,2}, CHR. TAMM¹, S. WEYERS¹ und R. WYNANDS¹ — ¹PTB, 38116 Braunschweig — ²ENS, Paris

Das Quantenprojektionsrauschen im Zustandsnachweis bildet eine fundamentale Begrenzung für die Stabilität eines Frequenznormalen, das auf einem einzelnen Ion basiert. Wir untersuchen, wie die Abfragesequenz und die Verarbeitung des atomaren Signals optimiert werden können, um die höchstmögliche Stabilität unter realistischen experimentellen Bedingungen zu erhalten. Numerische Simulationen werden mit experimen-

tellen Daten aus einem Frequenzvergleich zwischen zwei Einzelionen-Frequenznormalen mit ¹⁷¹Yb⁺ bei 688 THz verglichen. Im Experiment wird eine Instabilität der Frequenzdifferenz zwischen beiden Normalen $\sigma_y(100\text{s}) = 9 \times 10^{-16}$ erreicht [1]. Die ¹⁷¹Yb⁺-Übergangsfrequenz wurde mit einer Unsicherheit von 3×10^{-15} gemessen. Diese Messung bildet die Grundlage für eine sekundäre Realisierung der SI-Sekunde im optischen Frequenzbereich.

[1] E. Peik, T. Schneider, Chr. Tamm, J. Phys. B.: At. Mol. Opt. Phys. 39, 145 (2006)

Q 74.5 Do 16:30 Labsaal

Neue Methoden zur Leistungsrauschmessung von HochleistungsLasern — ●JESSICA DÜCK, PATRICK KWEE, FRANK SEIFERT, BENNO WILLKE und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Da klassische Photodiodenempfänger bei hohen Leistungen an ihre Grenzen stoßen, ist es unser Ziel, ein neues Verfahren für die Messung von quantenrauschbegrenzten Leistungsfuktuationen zu entwickeln. Das Konzept ist, die Leistungsfuktuationen des Lasers auf eine andere Variable zu transferieren, welche eine rein differentielle Messung der Fluktuationen bzw. eine reine AC Messung erlaubt. Nach der Transmission des Laserstrahls durch ein spezielles Medium werden Leistungsfuktuationen auf die Phase des Lichtes transferiert, z.B. durch temperaturabhängige Änderungen des Brechungsindex oder den optischen Kerr-Effekt. Um solche Phasenänderungen zu detektieren, soll ein Interferometer aufgebaut werden, in dessen einem Arm das Medium enthalten ist. Das Experiment soll mit einem Festkörperlaser, einem Nd:YAG-Laser, der eine Wellenlänge von 1064nm hat, durchgeführt werden. Auf dem Poster werden Konzepte zum experimentellen Aufbau und mögliche Medien vorgestellt.

Q 74.6 Do 16:30 Labsaal

PRECISION TEST OF THE ISOTROPY OF SPEED OF LIGHT USING ROTATING ULE OPTICAL RESONATORS — ●CHRISTIAN EISELE¹, ALEXANDER YU. NEVSKY¹, MAXIM OKHAPKIN^{1,2}, and STEPHAN SCHILLER¹ — ¹Institut für Experimentalphysik, Heinrich-Heine-Universität, 40225 Düsseldorf — ²Institute of Laser Physics, Novosibirsk, Russia

Recently, three high-precision Michelson-Morley-type experiments have been performed using lasers [1,2,3]. They led to strong tests of Local Lorentz Invariance for electromagnetic waves by comparing the resonance frequencies of two orthogonal resonators as a function of orientation in space. We are currently developing a new apparatus for such a test. The cavities are embedded in a rectangular ULE (ultra-low expansion glass) block, which is placed inside a vacuum chamber stabilized to a temperature where ULE has near-zero expansion coefficient. A Nd:YAG laser at 1064 nm is frequency stabilized to the cavities. Laser powers inside the cavities are stabilized using acousto-optical modulators. To minimize the influence of mechanical vibrations, the setup is placed on top of active-vibration isolation supports. The whole system can be continuously rotated. Variations of the tilt of the apparatus are actively compensated at the several microradian-level. We analyze the frequency of the beat signal between the two cavities as a function of orientation in space. We will report about the current status of the experiment.

[1] P. Antonini et al., Phys. Rev. A 71, 050101 (2005); S. Schiller et al. arXiv:physics/0510169 [2] P.L. Stanwix et al., Phys. Rev. Lett. 95, 040404 (2005) [3] S. Herrmann et al., arXiv:physics/0508097

Q 74.7 Do 16:30 Labsaal

Power stabilisation of high power Nd:YAG lasers — ●FRANK SEIFERT, PATRICK KWEE, MICHELE HEURS, BENNO WILLKE, and KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Laserdiode pumped solid-state laser systems are exquisitely suited for precision measurement, e.g. as the light source for interferometric gravitational wave detectors such as GEO600 or LIGO. For measurements with quantum-limited sensitivity lasers with high output power and very low intensity noise are required (e.g. $2 \cdot 10^{-9}/\sqrt{Hz}$ relative intensity noise at 10Hz for the Advanced LIGO detector). The intrinsic noise of laserdiode pumped (quasi-) monolithic solid-state lasers is already very low, but due to the high specifications it is necessary to reduce the intrinsic noise by means of active stabilisation. We present results of experiments on

the stabilisation of the amplitude of Nd:YAG lasers for use in advanced gravitational wave detectors and report on current developments of the

experiment.

Q 75 Poster Quanteninformation

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 75.1 Do 16:30 Labsaal

Adaptive quantum estimation of phase shifts — •DANIELA DENOT and MATTHIAS FREYBERGER — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm

We discuss an adaptive interferometric approach to quantum estimation of phase shifts. In a first step we find optimized two-mode input states for a generalized Mach-Zehnder interferometer. These two states show a small phase variance at the so-called Heisenberg limit. It turns out that they can be generated by entangling a coherent state and a squeezed vacuum at a beam splitter. Moreover, the interferometric setup allows us to describe an adaptive estimation scheme for arbitrary phase shifts if we assume a fixed mean photon number as a quantum resource. We minimize the error of this adaptive scheme for realistic squeezing parameters.

Q 75.2 Do 16:30 Labsaal

Coherent coupling between two single electron spins in diamond — •TORSTEN GAEBEL, MICHAEL DOMHAN, PHILIPP NEUMANN, AUGUSTA ENE, FEDOR JELEZKO, PHILIPPE TAMARAT, and JÖRG WRACHTRUP — 3. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

Coherent control of single spins has attracted attention during last decade because of application in quantum information technology. We present recent progress on single spin magnetic resonance using single spins associated with defects in diamond. Optical readout of spin state allows achieving the ultimate sensitivity down to single electron spin level. Using novel implantation technique, single spin pairs consisting of nitrogen-vacancy and nitrogen defects have been created. Surprisingly, dipolar coupling, which is often considered as source of decoherence, do not shorten long phase memory time for two single coupled spins. Polarization transfer from optically pumped nitrogen-vacancy spin to nitrogen spin via cross-relaxation mechanism will be presented.

Q 75.3 Do 16:30 Labsaal

Completely positive covariant maps for qubits and the U-NOT — •JAROSLAV NOVOTNY¹, GERNOT ALBER², and IGOR JEX¹ — ¹FJFI CVUT v Praze, CZ-115 19 Praha 1, Czech Republic — ²Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt, D-64289, Darmstadt

We investigate characteristic properties of completely positive covariant quantum processes involving one and two qubits. In particular, we analyze how the complete positivity and linearity of quantum processes constrains various operations of special interest for quantum information processing. As particular examples we consider the U-NOT operation acting on arbitrary pure single qubit states and on entangled pure two-qubit states of a given degree of entanglement. The influence of the degree of entanglement on the optimally achievable fidelities is worked out.

Q 75.4 Do 16:30 Labsaal

Control of cold collisions between single neutral atoms — •LEONID FÖRSTER, WOLFGANG ALT, IGOR DOTSENKO, MICHAŁ KARSKI, MKRZYCH KHUVERDYAN, DIETER MESCHÉDE, YEVHEN MIROSHNYCHENKO, ARNO RAUSCHENBEUTEL, and SEBASTIAN REICK — Institut für Angewandte Physik, Wegelerstraße 8, 53115 Bonn

We use two orthogonally oriented standing wave dipole traps as independent optical “conveyor belts” to transfer single neutral Caesium atoms along the trap axes [1]. By this method and due to sub-micrometer precision of the axial transport an atom can be deterministically deposited into a potential well which already contains another atom. We use light induced inelastic collisions for the reliable detection of the success of this manipulation.

Coherent control of collisions between two individual neutral atoms can be realized by the technique of spin dependent transport [2]. Thereby, the transport direction is determined by the internal state of the atom. We want to study the coherence properties of this controlled atom-atom interaction depending on different transport parameters and atom temperature. We present the current status of the experiment.

[1] S. Kuhr et al., Science 293, 278 (2001)

[2] O. Mandel et al., Nature 425, 937 (2003)

Q 75.5 Do 16:30 Labsaal

Dynamical entanglement between two trapped atoms and decoherence — •MICHAEL BUSSHARDT and MATTHIAS FREYBERGER — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, D-89069, Germany

We investigate the dynamical creation of entanglement between two cold atoms in a trapping potential. Both atoms interact via s-wave-scattering, modelled by a δ -potential, which only depends on the relative coordinate. By introducing an environment we model the effects of dissipation and decoherence. This is done by constructing a master equation for the relative wave packet and simulating the dynamics using the Monte Carlo Wave Function Method. The entanglement can be quantified by calculating the maximal violation of a Bell inequality, which is constructed using so-called pseudospin operators. The entanglement shows an oscillatory behaviour and is very sensitive to the damping constant.

Q 75.6 Do 16:30 Labsaal

Entanglement measurement with discrete multiple coin quantum walks — •JOCHEN ENDREJAT and HELMUT BUETTNER — Theoretische Physik I, Universität Bayreuth

Within a special multi-coin quantum walk scheme we analyze the effect of the entanglement of the initial coin state. For states with a special entanglement structure it is shown that this entanglement can be measured with the mean value of the walk, which depends on the concurrence of the initial coin state.

Q 75.7 Do 16:30 Labsaal

Entanglement witnesses and the loophole-problem — •P. SKWARA, H. KAMPERMANN, and D. BRUSS — Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für theoretische Physik III

In analogy to loopholes in Bell-experiments we consider possible loopholes in experiments to measure entanglement witnesses, with special emphasis on the detector-efficiency-loophole[1]. We derive bounds for the detector-efficiency, which guarantees that a negative expectation value of the witness is due to entanglement, rather than to erroneous detectors. The decomposition of two-qubit witnesses into local measurements[2] is optimized with respect to the detector-efficiency. A generalization of this method to the case of two qudits is presented.

[1] J.-Å. Larsson, Phys. Rev. A 57, 3304, 1998

[2] O. Gühne, P. Hyllus, D. Bruß, M. Lewenstein, C. Macchiavello, A. Sanpera, Phys. Rev. A 66, 62305, 2002

Q 75.8 Do 16:30 Labsaal

Experimental Demonstration of a Six Photon Entangled GHZ State — •ALEXANDER GOEBEL¹, QIANG ZHANG^{1,2}, CLAUDIA WAGENKNECHT¹, YU-AO CHEN¹, ALOIS MAIR¹, and JIAN-WEI PAN^{1,2} — ¹Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, Philosophenweg 12, D-69120 Heidelberg, Germany — ²Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230027, PR China

Preparation and manipulation of multi-particle entanglement has been a major breakthrough in modern physics. Up to five-particle entanglement has been used to experimentally demonstrate the stunning contradiction between quantum mechanics and local realism. However, many further experiments, such as teleportation of a complex system and quantum error correction, require the entanglement of at least six particles, which up to recently has remained an experimental challenge. Here, we report the first experimental demonstration of a six photon entangled Greenberger-Horne-Zeilinger (GHZ) state. In the experiment, we used a pulsed IR laser source to produce short (~ 200 fsec) UV light pulses via second harmonic generation. Each pulse was directed onto beta barium borate (BBO) crystals to generate three entangled photon pairs via type-II parametric downconversion. All pairs were in a $|\Psi\rangle$ Bell state. Photons 2(4) and 3(5) of the first(second) and second(third) pair were then combined on a polarising beam splitter in order to entangle all three pairs and to generate a six photon GHZ state. We used the process of quantum witness to prove that our system was in fact in a maximally entangled GHZ state.

Q 75.9 Do 16:30 Labsaal

Experimental squeezing distillation — ●RUIFANG DONG¹, JOEL HEERSINK¹, CHRISTOPH MARQUARDT¹, MARIA CHEKHOVA², RADIM FILIP¹, STEFAN LORENZ¹, GERD LEUCHS¹, and ULRIK ANDERSEN¹ — ¹Institute for Optics, Information and Photonics, Max-Planck Research-group, University Erlangen-Nuernberg, Guenther-Scharowsky-Str. 1, 91058, Erlangen, Germany — ²Department of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, 119992, Moscow, Russia

We report on the first experimental distillation of non-classical, continuous variable mixed states. These states are based on Gaussian intense polarization squeezed states [1], our quantum resource, which are subject to a non-Gaussian noise source. Such noise may arise from phase kicks caused by either a noisy channel or by intrinsic phase jitter in the squeezing source. Experimentally this is implemented by an appropriate phase shift to the beam before or after feeding it into the polarization squeezer. In the distillation protocol a small portion of the corrupted resource is tapped off and a measurement is performed along the quadrature exhibiting maximal modulation. Conditioned on the resulting measurement outcome the remaining state is either accepted or discarded, hereby accomplishing a probabilistic distillation of the noisy signal, and a recovery of the original quantum resource, the squeezing, is obtained. [1] J. Heersink et al, Opt. Lett., Vol.30, 1192 (2005).

Q 75.10 Do 16:30 Labsaal

Integration of microoptics on atom chips — ●KAI WICKER, MARCO WILZBACH, DENNIS HEINE, BJÖRN HESSMO, and JÖRG SCHMIEDMAYER — Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, Philosophenweg 12, 69120 Heidelberg, Germany

To develop the atom chip towards a universal tool for quantum information processing, we explore the possibility of integrating micro-optical components for the preparation, manipulation, and detection of atomic qubit states. As a first step we are working on the implementation of an integrated single atom detector based on an optical fibre cavity. First fibre cavities have been realized and tested in our labs. At the moment we are exploring several new cavity designs allowing for higher detection efficiency. We will describe our setup, show first measurements with these designs and give first experimental results.

Q 75.11 Do 16:30 Labsaal

MAPLE procedures for the simulation of N -qubit quantum registers — ●THOMAS RADTKE and STEPHAN FRITZSCHE — Universität Kassel, Institut für Physik, D-34109 Kassel, Germany

In the last decade, the field of quantum computation and quantum information has attracted an increasing amount of interest. By exploiting the long-known phenomenon of quantum entanglement, several interesting applications could be demonstrated successfully, such as efficient quantum computing or secure communication. However, apart from the promising perspectives of this new field of research, there are still a lot of open problems which remain to be solved, both in theory and experiment.

In order to facilitate the simulation of n -qubit quantum systems (quantum registers) we recently started to develop the FEYNMAN program [1] which is a flexible and easily extendible hierarchy of procedures within the framework of the computer algebra system MAPLE. Currently, the FEYNMAN program supports the definition and manipulation of n -qubit quantum registers as well as the application of unitary (and some user-defined non-unitary) quantum operations. Moreover, useful tools for the qualitative and quantitative analysis of the entanglement and separability properties in quantum registers are also provided.

[1] T. Radtke, S. Fritzsche, Comp. Phys. Comm. 173 (2005) 91.

Q 75.12 Do 16:30 Labsaal

Manipulating individual neutral atoms deterministically loaded into a standing wave optical dipole trap using a feedback loop — ●SEBASTIAN REICK, WOLFGANG ALT, IGOR DOTSENKO, LEONID FÖRSTER, MKRTYCH KHUDAVERDYAN, DIETER MESCHÉDE, YEVHEN MIROSHNYCHENKO, DOMINIK SCHRADER, and ARNO RAUSCHENBEUTEL — Institut für angewandte Physik, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

Neutral atoms trapped in light induced potentials are a promising candidate for quantum information processing. We have demonstrated that a string of single caesium atoms trapped in an optical dipole trap (DT) can serve as a quantum register. To realize two-qubit operations we aim to use atom-atom interactions enhanced by the exchange of a photon

inside a high-finesse optical resonator. In order to place two atoms into the fundamental mode of our cavity it is essential to accurately control the absolute position and the distance between atoms.

We move the atoms by means of our "conveyor belt" technique. Using optical tweezers we extract atoms out of a string and reinsert them at a predetermined position, thereby precisely controlling the interatomic distances. Using this method we prepare regular strings of up to seven atoms.

For our experiments it is desirable to work with a predetermined number of atoms. Therefore we developed a loading feedback to circumvent the Poisson-statistical limit of the MOT loading process. The efficiency of this feedback is enhanced by collisional re-distribution of atoms during loading the DT which allows us to load up to 20 atoms into the DT.

Q 75.13 Do 16:30 Labsaal

Quantum Memory and Two-Mode-Squeezing in Atomic Ensembles — ●CHRISTINE MUSCHIK, KLEMENS HAMMERER, and J. IGNACIO CIRAC — Max Planck Institut für Quantenoptik, Hans Kopfermannstr. 1, 85748 Garching

We propose two protocols based on a scheme for an atomic ensemble in a magnetic field interacting with light. The first protocol provides a passive interaction that enables the exchange of states of light and atoms. It can therefore be used as a quantum memory. An unknown state of light can be written onto the collective spin state of the atoms and subsequently be retrieved. Remarkably the fidelity of the state transfer approaches unity exponentially in the coupling strength. The second protocol creates an EPR state between atoms and light. The interspecies correlations produced in the scheme can be used to perform quantum teleportation and unconditional spin squeezing of the collective spin of the atomic sample. Squeezing which grows exponentially in the coupling can be achieved. Both protocols are shown to be robust against the dominant sources of noise.

Q 75.14 Do 16:30 Labsaal

Real-valued representations in quantum mechanics and decoherence — ●VOLKER SCHAUER, ALEXANDER WOLF, and MATTHIAS FREYBERGER — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm, Germany

The problem of representing a quantum state is discussed since the early days of quantum mechanics. We give a representation of a quantum state as the real part of an entire function on a closed path in complex plane. The quantum state is therefore completely encoded in a real-valued function of just one variable. This representation is closely linked to entangled position and momentum measurements on a coupled system, which uses a Schroedinger cat-like state as a reference state. Therefore, these measurements can be used to reconstruct nonclassical states. Moreover the corresponding algorithm turns out to be stable with respect to decoherence since we can correct the measurement data by a rescaling procedure.

Q 75.15 Do 16:30 Labsaal

Spin entanglement produced from elastic scattering of unpolarized electrons — ●RUSTAM BEREZOV, SEBASTIAN BÖTTGER, and JOACHIM JACOBY — Inst. f. Ang. Phys., Max von Laue-Str. 1, JWG-Univ. Frankfurt/Main

A Moeller scattering experiment is set up where a beam of unpolarized electrons is scattered quasi elastically from a target. In this case entanglement appears if the two particles are indistinguishable. For identical fermions the scattering cross-section to 90° in the center of mass system is forbidden, whereas for identical bosons the scattering cross-section at that angle is twice as big as the one for distinguishable particles. Therefore scattering of electrons to 90° is only permitted for distinguishable electrons, where the spin orientation for both scattered electrons is anti-correlated. A new design of a spin detector is proposed to detect the spin of the electrons.

Q 75.16 Do 16:30 Labsaal

Towards deterministic coupling of two atoms to a mode of a high-finesse optical resonator — ●MKRTYCH KHUDAVERDYAN, WOLFGANG ALT, IGOR DOTSENKO, DIETER MESCHÉDE, YEVHEN MIROSHNYCHENKO, SEBASTIAN REICK, and ARNO RAUSCHENBEUTEL — Institut für Angewandte Physik, Universität Bonn, Wegelerstrasse 8, D-53115 Bonn

The realization of controlled coherent interaction between neutral atoms is a fundamental requirement for the realization of quantum infor-

mation processing with neutral atoms. One approach relies on deterministic coupling of two or more atoms to a mode of a high-finesse optical resonator in the so called strong coupling regime. We discuss the latest results about resonator properties as well as on deterministic placement of individual atoms into the mode of the optical resonator by means of our

optical "conveyor belt" technique. More specifically, we present the integration of our resonator with our MOT and dipole trap, transporting, holding, and subsequent detection of single atoms inside the resonator mode.

Q 76 Poster Quantenkommunikation

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 76.1 Do 16:30 Labsaal

Asymptotic correctability of Bell-diagonal quantum states and maximum tolerable bit error rates — •KEDAR RANADE and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt, 64289 Darmstadt

The general conditions are discussed which quantum state purification protocols have to fulfill in order to be capable of purifying Bell-diagonal qubit-pair states, provided they consist of steps that map Bell-diagonal states to Bell-diagonal states and they finally apply a suitably chosen Calderbank-Shor-Steane code to the outcome of such steps. As a main result a necessary and a sufficient condition on asymptotic correctability are presented, which relate this problem to the magnitude of a characteristic exponent governing the relation between bit and phase errors under the purification steps. These conditions allow a straightforward determination of maximum tolerable bit error rates of quantum key distribution protocols whose security analysis can be reduced to the purification of Bell-diagonal states.

Q 76.2 Do 16:30 Labsaal

Avalanche photodetection for applications with high repetition rates — •HENDRIK COLDENSTRODT and CHRISTINE SILBERHORN — Max-Planck-Nachwuchsgruppe, Günther-Scharowsky Str.1 / Bau 24, 91058 Erlangen

Quantum communication requires single photon detection, implying the use of avalanche photo diodes (APDs). If one wants to operate APDs at the highest feasible bit rates in cw-operation, a correction factor is typically taken into account for increasing count rates. An other interesting field, where effective high repetition rates have to be considered, is the use of APDs in time multiplexing detectors for photon number resolution[1]. Thus an essential task is to determine the properties of the correction factor and a threshold frequency below which the APDs yield reliable data for pulsed systems.

We investigated the properties of APDs with a ps-pulsed diode laser at 805nm and repetition rates between 0.5MHz and 80MHz. Different levels of attenuation were applied, such that we were able to identify the regime of linear APD operation, in dependence of the repetition frequency and the mean optical power. The linearity at high repetition rates is limited by the APD dead time and a non-linearity arises at higher photon-numbers due to multiphoton events. Assuming Poissonian input light statistics we ascertained the mean photon-number of the incident light with high accuracy. The results are compared to the statistics obtained using an advanced time multiplexing detector, allowing for data rates up to 1MHz. [1] D. Achilles et al. *J. Mod. Opt.* **51**, 1499 (2004)

Q 76.3 Do 16:30 Labsaal

Experimental Quantum State Distillation: comparison between single photon and homodyne detection — •DOMINIQUE ELSER¹, CHRISTOFFER WITTMANN¹, STEFAN LORENZ¹, RADIM FILIP^{1,2}, ULRIK L. ANDERSEN¹, and GERD LEUCHS¹ — ¹Institute of Optics, Information and Photonics (Max Planck Research Group), University of Erlangen-Nuremberg, Günther-Scharowsky-Str. 1, Building 24, 91058 Erlangen, Germany — ²Department of Optics, Research Center for Optics, Palacky University, 17. Listopadu 50, 77200 Olomouc, Czech Republic

Every practical quantum channel degrades the quality of quantum states transmitted between two parties. In order to establish a communication with a low error rate, it is therefore important to determine and if possible to decrease the influence of noise in the quantum channel.

We investigate an optical quantum channel with non-Gaussian noise characteristics transforming a signal state into a statistical mixture of signal and vacuum. The task of the distillation process is to recover the pure signal state. A possible application of this device is a quantum relay.

In this contribution we compare the distillation performance of single photon detection and homodyne measurement. After coherent signal states have passed through a noisy channel, a part of the beam is tapped

off and measured in the distillation device. The information obtained hereby is used to condition further measurements of the signal.

Q 76.4 Do 16:30 Labsaal

Free-Space QKD — •IVAN ORDAVO¹, HENNING WEIER¹, TOBIAS SCHMITT-MANDERBACH¹, CHRISTIAN KURTSIEFER^{1,2}, and HARALD WEINFURTER^{1,3} — ¹Sektion Physik der LMU München, Schellingstr. 4/III, 80799 München — ²Department of Physics, National University of Singapore, 2, Science Drive 3, Singapore 117542 — ³Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Quantum information theory ensures the possibility of secure exchange of information between two parties.

A variety of real-world implementations promises the realisation of quantum-cryptography based metropolitan area networks within a few years. In this work we report on progress of our QKD test-system, a prototype for an urban link, located in downtown Munich. The apparatus consists of a transmitter and receiver unit, both sited on rooftops of two university buildings at a distance of 500 m; a free space link provides the quantum channel, while a public internet connection serves as the classical channel. A completely automated alignment procedure and data-processing software for key extraction and privacy amplification complete the setup. In our implementation, properly attenuated laser pulses are used, where raw-key bits are encoded into four photon polarisation-states. Tests with BB84 protocol were performed, leading to an average sifted-key rate of about 50kbit/s. Such a compact, stand-alone free space hardware is also an obvious prerequisite for future applications, e.g. earth-satellite global QKD system.

Q 76.5 Do 16:30 Labsaal

Generation of Single-Photon Pairs with Cold Atoms as Quantum Memory — •THORSTEN STRASSEL, YU-AO CHEN, DENNIS HEINE, SHUAI CHEN, JÖRG SCHMIEDMAYER, and JIAN-WEI PAN — Physikalisches Institut, Universität Heidelberg, Philosophenweg 12, 69120 Heidelberg

A source of correlated photon pairs with controllable delay using quantum memory can be used in protocols for long-distance quantum communication such as the DLCZ scheme [1]. We report on our work towards extension of the memory time. The single photons are generated by spontaneous Raman scattering on the D1-line in cold Rubidium atoms. A cold atom cloud of ⁸⁷Rb serving as quantum memory is prepared in a magneto-optical trap (MOT). It can be demonstrated that the correlation measurements of the photon pairs violate the Cauchy-Schwarz inequality which is valid for classical light.

[1] L.-M. Duan, M. D. Lukin, J.I. Cirac, and P. Zoller. Long-distance quantum communication with atomic ensembles and linear optics. *Nature*, 414:413, Nov 2001.

Q 76.6 Do 16:30 Labsaal

STOKES PARAMETER SQUEEZING IN PHOTONIC CRYSTAL FIBERS — •JOSIP MILANOVIC, CH. MARQUARDT, J. HEERSINK, U.L. ANDERSEN, and G. LEUCHS — Institute of Optics, Information and Photonics, Max Planck Research Group, University of Erlangen-Nuremberg, Guenther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen

We report the generation of squeezing at 800nm of continuous variable Stokes parameters, i.e. polarization squeezing using a single pass through a photonic crystal fiber (PCF) exploiting the Kerr non-linearity. Squeezing in this case means that the variance of one of the Stokes operators is below the quantum noise limit. This is verified by a Stokes parameter measurement. Because it is an intensity dependent effect we use intense ultra short pulses (120 fs at 810 nm) in our experiments. A similar experiment has been performed at a different wavelength (1500 nm) using a standard step-index fiber (1). In our experiment, new features of the PCF are to be investigated especially the larger non-linearity compared to a standard step-index fiber. The choice of the wavelength is

motivated by photodiodes with higher quantum efficiency and therefore better detection efficiency and nearby atomic transitions of alkali atoms.

References: (1) Joel Heersink et al., OPTICS LETTERS / Vol. 30, No. 10 / May 15, (2005)

Q 76.7 Do 16:30 Labsaal

Secret key rate in tomographic quantum cryptography with a finite number of signals — •TIM MEYER, MATTHIAS KLEINMANN, HERMANN KAMPERMANN, and DAGMAR BRUSS — Institut für theoretische Physik, Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf

We calculate the minimum key length achievable with the “tomographic key distribution protocol” [1] (D. Bruß et al., PRL 91, 097901 (2003)). This protocol is an extension of the six-state protocol, with the main twist that Alice and Bob do not discard events, in which they measured in a different basis, but use this data to do state tomography. We use recent results by [2] (R. Renner, N. Gisin, and B. Kraus, PRA 72, 012332 (2005)) where bounds on the secret key rate for the limiting case of an infinite number of signals were derived. In contrast to their work, we explicitly calculate the key length for a finite number of signals, without taking the asymptotic limit. Thus, our method is useful for a realistic scenario of quantum key distribution.

Q 76.8 Do 16:30 Labsaal

Quantum key distribution with decoy states generated by photon number resolution — •WOLFGANG MAUERER and CHRISTINE SILBERHORN — University Erlangen-Nuremberg, Max-Planck Research Group IOIP, Integrated Quantum Optics Group

We present ongoing work on the security analysis of a novel quantum key distribution scheme (QKD) based on parametric downconversion with photon number resolving detectors (PNRDs) used to select decoy states. Although a growing number of security proofs for QKD schemes is available for different scenarios, it is still hard to realise such schemes in practice without introducing security flaws which are not considered in the theoretical description. Additionally, the efficiency of most schemes quickly fades away when longer distances and thus increased losses are taken into account. Possible countermeasures are setups which are simple and robust to implement and the use of decoy states; both form the core of our scheme.

We use the properties of a recently devised PNRD [1] to generate decoy states [2] by conditioning the decoy state preparation on the result of the photon number measurement (PNM). We expect this to be more efficient than signal state preparation based on the PNM as used by Ref. [3]; additionally, our scheme should be easier to implement in practice than other decoy state schemes because no active optical elements are necessary for our approach.

[1] H.-K. Lo, X. Ma, K. Chen, Physical Review Letters **94**, 230504 (2005)

[2] D. Achilles et al., J. Mod. Opt. **51**, 1499 (2004)

[3] T. Horikiri et al., Phys. Rev. A **72**, 012312 (2005)

Q 77 Poster Quantencomputer

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Labsaal

Q 77.1 Do 16:30 Labsaal

Classical Simulation of Quantum Algorithms — •JÖRG WASSENBERG and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, Hochschulstraße 4a, D-64289 Darmstadt

Quantum algorithms can be efficiently simulated on a classical computer if the entanglement scales at most logarithmically with the size of the system. Unfortunately most known quantum algorithms do not fulfill this requirement. However, imperfections such as couplings between qubits might lead to a reduction of entanglement and allow an efficient classical simulation. In our work we study the effect of different error types in various quantum algorithms.

Q 77.2 Do 16:30 Labsaal

Decoupling quantum dynamics in a detected-jump correcting code — •DANIEL GEBERTH and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt, 64289 Darmstadt

The dominating goal in practical quantum information is attaining the highest possible fidelity over long times of computation or storage. A concatenated error correction method consisting of an error correcting code to address spontaneous emission and a decoupling scheme to weaken the effects of coherent couplings are presented. Limitations on the choice and strength of the decoupling operators and the resulting attainable fidelity decay rates are discussed.

Q 77.3 Do 16:30 Labsaal

Eine segmentierte Falle für Kalzium-Ionen — •THOMAS DEUSCHLE, ROBERT MAIWALD, JOHANNES EBLE, GERHARD HUBER, KILIAN SINGER und FERDINAND SCHMIDT-KALER — Universität Ulm, Abt. Quanteninformationsverarbeitung, Albert-Einstein-Allee 11, 89069 Ulm

Wir stellen eine segmentierte, lineare Paulifalle für die Quanteninformationsverarbeitung mit $^{40}\text{Ca}^+$ -Ionen vor. Die Falle ist aus goldbeschichteten Aluminiumoxidwafern aufgebaut, die mittels Laserablation strukturiert wurden. Die typische Dimension einzelner Fallensegmente liegt im Bereich von $100\mu\text{m}$. Durch Veränderung der Spannungen an den Segmenten ist es möglich, Ionen in maßgeschneiderten Fallenpotenzialen zu speichern und durch Verschiebung der Potentialminima zu transportieren. Berichtet wird über den aktuellen Stand der Experimente an dieser Mikrofalle.

Q 77.4 Do 16:30 Labsaal

Holonomic quantum computation with ions and neutral atoms — •JORDI TIANA ALSINA and WOLFGANG SCHLEICH — Abteilung Quantenphysik, Universität Ulm, 89069 Ulm

We want to show that it is possible to obtain a universal quantum computer using only geometric manipulations. To achieve this we use quantum gates solely based on abelian and non-abelian geometric operations (holonomies). We show that we can implement single and two qubits gates using neutral atoms in a cavity QED or ions in an ion-trap. Finally we analyze the possibility to do holonomic quantum computation based on neutral atoms in an optical lattice.

Q 77.5 Do 16:30 Labsaal

Quantenprozesstomografie als Werkzeug zur Diagnose eines Ionenfallen-Quantencomputers — •MARK RIEBE^{1,2}, C. ROOS^{1,2}, M. CHWALLA¹, D. CHEK-AL-KAR¹, K. KIM¹, H. HÄFFNER^{1,2}, W. HÄNSEL¹, P. SCHMIDT¹ und R. BLATT^{1,2} — ¹Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck — ²Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Technikerstraße 21a, A-6020 Innsbruck

Quantenprozesstomografie erlaubt die vollständige Charakterisierung der an einem Quantensystem durchgeführten Operationen. In unseren Experimenten werden in einer Ionenfalle gespeicherte Ketten von $^{40}\text{Ca}^+$ -Ionen verwendet, um Quanteninformation zu speichern und zu verarbeiten. In diesem System wurden bereits die für einen Quantencomputer grundlegenden Operationen, wie Einzelqubit-Rotationen und Quantengatter zwischen zwei Ionenqubits, demonstriert und zur Realisierung einiger einfacher Quantenalgorithmen verwendet. Ein zentraler Baustein ist dabei die CNOT-Gatteroperation [1]. Dieser Baustein wurde mittels Prozessomografie vollständig charakterisiert. Dadurch wurde es möglich die Wirkungsweise des Gatters in Hinblick auf dessen Fähigkeit zur Verschränkung von Qubits zu untersuchen. Ferner wurde untersucht inwieweit der Zustand des Qubitregisters nach Anwendung des Quantengatters aufgrund von experimentellen Imperfektionen gemischt ist.

[1] F. Schmidt-Kaler, H. Häffner, M. Riebe, S. Gulde, G. P. T. Lancaster, T. Deuschle, C. Becher, C. F. Roos, J. Eschner and R. Blatt, Nature **422**, 408 (2003): Realization of the Cirac-Zoller controlled-NOT quantum gate

Q 77.6 Do 16:30 Labsaal

Segmented Ion Traps for Quantum Computation — ●FELICITY SPLATT¹, WOLFGANG HÄNSEL¹, and RAINER BLATT^{1,2} — ¹Institut für Experimentalphysik, Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck — ²Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Technikerstr. 21a, A-6020 Innsbruck

Linear ion trap quantum computing, in which qubits are formed from the electronic states of trapped ions and are coupled through the Coulomb interaction, has already achieved considerable success. A promising route to scale up the number of qubits in such traps is the use of segmented traps that are formed by electrodes on a microchip. We have developed several chip layouts that are about to be tested in a new vacuum setup. This poster describes our progress on this work.

Q 77.7 Do 16:30 Labsaal

Stabilizing decoupling and recoupling schemes by randomization — ●OLIVER KERN and GERNOT ALBER — Institut für Angewandte Physik, Hochschulstrasse 4a, 64289 Darmstadt, Germany

In quantum information processing the presence of residual static inter-qubit couplings leads to a rapid Gaussian decay of the fidelity. By applying randomly chosen Pauli matrices to the qubits at times $j \cdot \Delta t$ ($j \in \mathbb{N}$) this fidelity decay was shown to be reducible to a linear-in-time exponential one [1]. In fact it was shown in [2] that with this method the error is certainly smaller than $\mathcal{O}(\Delta t \cdot T \cdot k^2)$ where k is the largest eigenvalue of the Hamiltonian describing the couplings. Using instead a deterministic decoupling sequence, applied periodically over multiples of the sequence time T_c , the error can be guaranteed to be smaller than $\mathcal{O}(T^2 \cdot k^4 \cdot T_c^2)$. We present a method which combines the advantages of both methods and show that we can guarantee that the error will be smaller than $\mathcal{O}(T \cdot T_c^3 \cdot k^4)$, i.e. linear in time and fourth order in k .

On the other hand inter-qubit couplings are commonly used to generate two qubit gates in NMR quantum computation. We show how the recently introduced selective recoupling scheme of Yamaguchi et al. [3] can be stabilized by suited randomization against the accumulation of residual higher order average Hamiltonian theory errors.

[1] O. Kern, G. Alber, and D. L. Shepelyansky, *Eur. Phys. J. D* **32**, 153 (2005)

[2] L. Viola and E. Knill, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 060502 (2005)

[3] F. Yamaguchi, T. D. Ladd, C. P. Master, Y. Yamamoto, and N. Khaneja, *quant-ph/0411099*.

Q 77.8 Do 16:30 Labsaal

The Quantum Fourier Transform in a molecular vibrational qubit system — ●ULRIKE TROPFMANN, CAROLINE GOLLUB, and REGINA DE VIVIE-RIEDLE — Ludwig-Maximilians-Universität, Department Chemie, Butenandtstr. 11, 81377 München

In our proposal of molecular quantum computing, we have suggested to use vibrational eigenstates of a molecule to encode the qubit states. Merging the ideas of coherent control and quantum computation, specially shaped ultrashort laser pulses, calculated with a multi target optimal control algorithm, induce the global quantum gates [1]. We discuss aspects of phase control and phase development in such multi qubit systems and suggest that, as an alternative to direct laser control, any phase rotation gate can be implemented by free evolution of the system during a defined delay between qubit flip pulses [2]. This new approach introduces a great flexibility to our concept of molecular quantum computing, with regard to the basis set independence of single quantum gates and the robust implementation of quantum algorithms. We demonstrate this with the realization of the Quantum Fourier Transform in a model vibrational qubit system.

[1] C. M. Tesch, R. de Vivie-Riedle, *Phys. Rev. Lett.*, **89**, (2002), 157901.

[2] U. Troppmann, C. Gollub, R. de Vivie-Riedle, submitted to *N. J. Phys.*

Q 77.9 Do 16:30 Labsaal

The Quantum Random Walk to be Implemented in an Ion Trap — ●AXEL FRIEDENAUER, HECTOR SCHMITZ, STEFFEN KAHRA, and TOBIAS SCHÄTZ — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermannstr. 1, 85748 Garching

Many classical search algorithms implement random walks. Possible future quantum algorithms could provide a considerable speed up by using quantum random walks. We follow a proposal by Travaglione and Milburn[1]. We intend to use hyperfine structure levels of a single ²⁵Mg⁺ ion in a Paul trap as states of a qubit. Applying a $\frac{\pi}{2}$ pulse we can create a coherent superposition of states which corresponds to tossing a quantum coin. The following conditional step to the left or right can be realized by a state dependent force encoding the direction of the step into the vibrational mode of the ion and repeat this procedure n times. Afterwards we can read out the vibrational excitation of the ion. Beginning with the 3rd step one should see a discrepancy to the classical counterpart. Future perspectives could include using several ions and entanglement.

[1] B.C. Travaglione and G.J. Milburn, *Phys. Rev. A* **65**, 3, 032310 (2002)

Q 78 Hauptvortrag IV

Zeit: Freitag 10:30–11:00

Raum: HVI

Hauptvortrag

Q 78.1 Fr 10:30 HVI

Entanglement in complex many-particle systems: condensed matter meets quantum information and quantum optics — ●ANDREAS OSTERLOH — Institut für Theoretische Physik, Universität Hannover, Appelstr. 2, 30167 Hannover

The recent interest in aspects common to quantum information and condensed matter has prompted a boom of activity at the border of these disciplines that were well separated until few years ago. Numerous interesting questions have been addressed so far. In particular, under-

standing the properties of entanglement in many-body systems systems has attracted a lot of attention. It is important to know what type of entanglement is naturally present in condensed matter systems, how can it be transported, extracted and finally utilized for quantum information processing. Moreover there is the question whether the understanding of entanglement provides qualitatively new insight into complex phenomena in strongly correlated systems. Finally, these studies also demand a better understanding of the classification and quantification of multipartite systems. An overview on an important part of this interdisciplinary field will be given.

Q 79 Symposium Radiation transport in random media

Zeit: Freitag 11:00–16:00

Raum: HVI

Siehe Programmbereich SYRT.