

Q 55: Poster III

Zeit: Donnerstag 16:30–19:00

Raum: VMP 8 Foyer

Q 55.1 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Multi Ion Optical Clocks — ●TANJA MEHLSTÄUBLER — QUEST at PTB, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

The recently established excellence cluster QUEST (Quantum Engineering and Space Time Research) addresses the questions of quantum sensors and tests of fundamental theories. With time and frequency being the most accurate measurable physical quantities today, optical clocks will allow us to search for deviations in the predictions of Einsteins general relativity, test modern unifying theories and develop new sensors for gravity and navigation. In this context, relative frequency inaccuracies as low as 10^{-18} are targeted.

Optical ion clocks have the potential to resolve time and frequency with such ultra-high precision, but would require integration times of many days to weeks, posing even limits on the systematic evaluation at such high levels of accuracy. The QUEST junior research group at PTB is addressing this problem with a new ansatz, that is aiming at the design and test of new ion trap geometries that can accommodate many (10-100) ions. Today, the most promising clock candidates in terms of sensitivity to environment and systematic effects are atoms with transitions between 1S_0 and 3P_0 states. Due to the lack of higher electronic moments in these states, such as quadrupole moments, utilizing trap geometries with many ions is feasible.

We will present our new project towards multi-ion clocks, discuss recent results from traps used in quantum computation with trapped ions and strategies to control micromotion and heating rates down to the 10^{-18} regime.

Q 55.2 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Tunable Frequency References for LISA – Laboratory Reference Systems — ●KLAUS DÖRINGSHOFF, KATHARINA MÖHLE, EVGENY V. KOVALCHUK, and ACHIM PETERS — Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Physik, AG Optische Metrologie, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

In our group we develop and test different concepts for tunable optical frequency references for the spaceborne gravitational wave detector LISA. Here we present our fixed frequency reference system for the validation of tunability and stability of these new frequency references.

We maintain a cross-linked reference system including molecular references based on methane and iodine as well as several fixed cavities made from fused silica and ULE. With regard to the LISA requirements, we put a special emphasis on the long-term stability of our references in the frequency range between 0.1 MHz and 1 Hz.

We report on comparative measurements of the frequency stability of our different references. A special focus will be on the performance of a new ULE reference cavity, which as an unusual feature exhibits a turning point of the thermal expansion curve above room temperature.

Q 55.3 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Tunable Frequency References for LISA – Piezo-Tuned Cavities — ●KATHARINA MÖHLE, KLAUS DÖRINGSHOFF, EVGENY V. KOVALCHUK, and ACHIM PETERS — Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Physik, AG Optische Metrologie, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

The interferometric read out of the space-borne gravitational wave detector LISA requires a high frequency stability of the employed Nd:YAG lasers, which should be achieved in three steps, including prestabilization to a Fabry-Perot cavity. The requirements for this prestabilization are a frequency stability of $30 \text{ Hz}/\sqrt{\text{Hz}}$ from 1 MHz to 1 Hz, as well as a tunability of $\pm 15 \text{ MHz}$, in order to accommodate slow Doppler-shifts caused by yearly variation of the triangular satellite configuration. In addition there should be the capability to tune the frequency by more than one free spectral range from time to time.

Given the constraint of not using an optical modulator for offset locking, the first approach for a tunable prestabilization is to make the cavity itself tunable by adding a piezoelectric actuator. In this case one has to evaluate how the actuator affects the mechanical stability of the cavity, taking into account typical piezo material effects like hysteresis, creep and aging, but also other effects like thermal expansion and voltage noise. We present first results for the frequency stability obtained with different piezoelectric materials and discuss alternative approaches.

Q 55.4 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Lasersysteme für hochauflösende Sagnac-Interferometrie mit kalten Atomen — ●PETER BERG, GUNNAR TACKMANN, CHRISTIAN SCHUBERT, MICHAEL GILOWSKI, THIJS WENDRICH, WOLFGANG ERTMER und ERNST M. RASEL — Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover

Am Institut für Quantenoptik wird ein Atominterferometer zur hochauflösenden Messung von Rotationen, basierend auf Raman-Wechselwirkungen, realisiert. Diese Anwendung stellt hohe Anforderungen an die Eigenschaften des für die kohärente Manipulation der Atome benötigten Lasers, insbesondere an die Intensität und die Linienbreite. Ausgehend von der geforderten interferometrischen Sensitivität leiten wir die Ansprüche für die Lasersysteme ab und beschreiben die technologische Umsetzung. Um die angestrebte Messgenauigkeit des Interferometers von $10^{-9} \text{ rad}/(\sqrt{Hz})$ bezüglich Rotationen zu erreichen, sollen künftig eine nutzbare optische Ausgangsleistung von 1 W pro Raman-Laser und eine Linienbreite von 100 kHz unter Zuhilfenahme einer Phasenstabilisierung der beiden Raman-Laser aufeinander (Phase-Lock-Loop) erzielt werden. Zur Verwirklichung dieser Ziele werden bei 780 nm laufende interferenz-stabilisierte Diodenlaser mit erweitertem Resonator und nachgeschaltetem Trapezverstärker verwendet. Diese Arbeit wird unterstützt von DFG SFB407, QUEST und FINAQS.

Q 55.5 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Entwicklung eines schmalbandigen Lasersystems zur Spektroskopie des Uhrenübergangs in neutralem Quecksilber — ●CHRISTIAN JUNGE, PATRICK VILLWOCK und THOMAS WALTHER — Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Laser- und Quantenoptik, Schlossgartenstraße 7, 64289 Darmstadt

Eine Optical Lattice Clock, basierend auf neutralen Quecksilberatomen in einem optischen Gitter, ist ein vielversprechender Ansatz für die nächste Generation von Atomuhren. Der 1S_0 - 3P_0 Uhrenübergang von Quecksilber liegt bei einer Wellenlänge von 265,6 nm und hat eine natürliche Linienbreite von unter 1 Hz und stellt damit hohe Anforderungen an das zur Spektroskopie verwendete Lasersystem. Unser Ansatz ist die Entwicklung eines sehr stabilen External Cavity Diode Lasers (ECDL) bei 1062,4 nm, dessen Ausgangsleistung mit einem Yb-dotierten Faserverstärker erhöht wird. Anschließend soll mittels zweifacher Frequenzkonversion die benötigte Wellenlänge von 265,6 nm generiert werden. Es wird der aktuelle Stand des Projektes vorgestellt.

Q 55.6 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Metrologie für Einzelphotonenquellen und -detektoren — ●WALDEMAR SCHMUNK, SILKE PETERS, HELMUTH HOFER und STEFAN KÜCK — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, Fachbereich Optische Technologien

Der Einsatz von Einzelphotonenquellen und Detektoren mit wohldefinierten Eigenschaften gewinnt im Bereich der Quantenoptik und der Quantenkryptographie zunehmend an Bedeutung. Dabei ist es notwendig, eine metrologische Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Quellen (z.B. Spektrum, Photonenstatistik, Emissionsrate) und Detektoren zu schaffen (z.B. Quanteneffizienz, spektrales Verhalten). Ziel ist es letztlich, allgemeine Standards für Quellen und Detektoren zu erhalten.

In einem ersten Schritt werden N/V-Zentren, die durch Ausbildung von Fehlstellen im Diamantgitter entstehen als Einzelphotonenquellen verwendet. Diese werden optisch bei 532 nm angeregt und ihre Fluoreszenz im nahen infraroten Spektralbereich mittels konfokaler Mikroskopie detektiert. Dies gewährleistet, dass innerhalb des Anregungsvolumens nur ein einziges Zentrum erfasst wird. Zur Charakterisierung dient ein Hanbury-Brown-Twiss Aufbau mit zwei Si-Avalanche-Photodioden und einem Koinzidenzzähler. Aus der gemessenen Koinzidenzverteilung wird die Korrelationsfunktion zweiter Ordnung bestimmt, die ein Maß für die Güte der Einzelphotonenquelle darstellt. Mittels solcher Einzelphotonenquellen können nun Detektoren bezüglich ihrer Quanteneffizienz untereinander kalibriert werden. Das Messunsicherheitsbudget für eine solche Kalibrierung wird ebenfalls vorgestellt und diskutiert.

Q 55.7 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Delbrück scattering in combined Coulomb and laser fields and vacuum polarization effects in a plasma — ●BEN KING, AN-

TONINO DI PIAZZA, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Delbrück scattering is the scattering of a high-energy photon by the Coulomb field of a nucleus. It is one of the few effects of quantum vacuum polarization that has been measured experimentally. We study here how the presence of a strong laser field modifies the cross-section of Delbrück scattering and find a relevant enhancement at small scattering angles [1]. In addition, the total cross section is (logarithmically) enhanced with respect to that of pure Delbrück scattering. Finally, based on our previous paper [2], we present preliminary considerations on vacuum polarization effects induced by a strong laser field in a plasma at finite temperature [3].

- [1] A. Di Piazza and A. I. Milstein, *Phys. Rev. A* **77**, 042102 (2008).
 [2] A. Di Piazza, K. Z. Hatsagortsyan, and C. H. Keitel, *Phys. Plasmas* **14**, 032102 (2007).
 [3] B. King, A. Di Piazza, and C. H. Keitel, in preparation.

Q 55.8 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Radiative effects in the motion of a laser driven classical electron and Compton scattering in ultra-short laser pulses — ●FELIX MACKENROTH, ANTONINO DI PIAZZA, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany

The Landau-Lifshitz equation describes the classical motion of a charged particle in an external electromagnetic field by taking into account the effect on the particle motion of the field radiated by the charge itself (radiation reaction). We present here the exact analytical solution of this equation when the external field is a plane wave of arbitrary form and polarization [1]. We can determine in this way the physical parameter characterizing the so-called "radiation dominated regime" when the radiation reaction force is comparable with the Lorentz force. The above considerations are classical. We also study the quantum scattering of an electron by an ultra-short strong laser field (multiphoton Compton scattering) [2]. We point out the qualitative and quantitative differences with the usually considered case of an infinite monochromatic laser wave.

- [1] A. Di Piazza, *Lett. Math. Phys.* **83**, 305 (2008).
 [2] F. Mackenroth, A. Di Piazza, and C. H. Keitel, in preparation.

Q 55.9 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Experimental implementation of a quantum random walk on a single-trapped-ion — ●ROBERT MATJESCHK, HECTOR SCHMITZ, CHRISTIAN SCHNEIDER, JAN GLUECKERT, AXEL FRIEDENAUER, MARTIN ENDERLEIN, THOMAS HUBER, and TOBIAS SCHAETZ — MPI für Quantenoptik, Hans-Kopfermann Str. 1, 85748 Garching

Ions, confined in a Paul trap and under influence of controlled laser fields provide one of the best controllable quantum mechanical systems up to date in which elements of quantum theory and quantum information theory can be realized and analyzed. In the framework of this work we realized a quantum random walk (QRW) with a single trapped ion. The difference of a QRW to a classical random walk is, that not a certain path is realized with a certain probability, but that all possible paths are realized at the same time – this leads to interference effects. We implemented the QRW in one motional degree of freedom of the ion. The steps of the QRW were fulfilled by applying a state-dependent optical dipole force. We used state-of-the-art techniques for preparation (cooling to the motional ground state), manipulation and detection of the state of the ion and extended them to specialized methods for the implementation of the QRW. By theoretical investigations of the QRW in the special system of a trapped ion and numerical analysis we developed a model that is suitable for the description of the QRW and that serves as a basis for further investigations.

Q 55.10 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Quantum random walk with linear optics — ●ANDREAS SCHREIBER, KATIUSCIA CASSEMIRO, and CHRISTINE SILBERHORN — Günther-Scharowsky-Str. 1, Bau 24, D-91058 Erlangen

In a classical random walk the probability distribution for the walker's position is a Gaussian, which variance equals to the number of steps ($\sigma^2 = n$). Contrariwise, the quantum counterpart shows a quadratically faster spread, due to quantum interference.

We implement a discrete time quantum random walk (QRW) in one dimension. Photons traveling through an optical fiber network undergo a conditional time translation, which depends on the polarization state selected by a coin. The experiment is realized with intense light field, but it can straightforwardly be extended to the single photon level.

As the classical random walk has many applications in classical computation, the QRW is a potential tool to speed up the realization of algorithms in a quantum computer.

Q 55.11 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Generation of Total Angular Momentum Eigenstates in Remote Qubits — ●ANDREAS MASER¹, UWE SCHILLING¹, THIERRY BASTIN², ENRIQUE SOLANO³, CHRISTOPH THIEL¹, and JOACHIM VON ZANTHIER¹ — ¹Institut für Optik, Information und Photonik, Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany — ²Institut de Physique Nucléaire, Atomique et de Spectroscopie, Université de Liège au Sart Tilman, Liège, Belgium — ³Departamento de Química-Física, Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbao, Spain

We propose a scheme enabling the universal coupling of angular momentum of N remote noninteracting spin-1/2 particles (qubits) using linear optical tools only. Hereby, an arbitrary number of particles can be entangled in their two-level long-lived ground states via the use of suitably designed projective measurements. In reference to the algorithm describing the coupling of angular momentum of individual spin-1/2 particles, our method couples successively remote qubit states to a multi-qubit compound system. Thereby, it offers access to the entire coupled basis of an N -qubit compound system of dimension 2^N , i.e., to the 2^N symmetric and nonsymmetric total angular momentum eigenstates [1].

- [1] A. Maser *et al.*, *quant-ph/0812.0959* (2008).

Q 55.12 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Dynamic Entanglement of Atomic Motion — ●MARK RODENBERGER and MATTHIAS FREYBERGER — Institut für Quantenphysik, Universität Ulm, D-89069 Ulm, Germany

We analyze continuous bipartite entanglement of motional atomic degrees of freedom. The model consists of two atoms scattered on a quantized electric field one after the other, i.e. they never directly interact. A certain velocity regime allows for a complete analytical treatment of the corresponding dynamics. The resulting density operator is examined by means of various entanglement criteria and measures. In particular, we are interested in the scaling of entanglement with classical parameters like the initial momentum.

Q 55.13 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Stabilisierung chiraler Moleküle durch Stöße — ●JOHANNES TROST and KLAUS HORNBERGER — Arnold Sommerfeld Center for Theoretical Physics, Ludwig-Maximilians-Universität, München

Bei komplexeren chiralen Molekülen wird die Superposition von links- und rechts-händigen Enantiomeren - obwohl energetisch am günstigsten - nicht beobachtet (Hunds Paradoxon). Als Erklärung bietet sich Dekohärenz durch Streuprozesse mit Molekülen des Umgebungsgases an. Anhand eines einfachen chiralen Moleküls (Dideuteriumdisulfid, D_2S_2) entwickelten wir ein Modell, das dispersive Wechselwirkungen mit einfachen Hintergrundgasen realistisch und konsistent beschreibt. Numerische Berechnungen ergeben eine überraschend hohe Dekohärenzrate durch Stöße bei niedrigen Temperaturen. Eine Born'sche Näherung zeigt, dass der Effekt kaum von der Temperatur des Umgebungsgases abhängt. Durch Variation der Stoßrate ließe sich im Experiment der Effekt nachweisen. [1]

- [1] J. Trost and K. Hornberger, *arXiv:0811.2140*

Q 55.14 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Photonic properties of bichromatic Optical Lattices — ●STEFAN RIST¹, PATRIZIA VIGNOLO², and GIOVANNA MORIGI¹ — ¹Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona — ²Institut Non-Linéaire de Nice, Université de Nice-Sophia Antipolis

We study theoretically the photonic spectrum of a bichromatic optical lattice, in the regime in which the atoms are well localized in the lattice sites and their dipolar transitions couple weakly to the probe light. The photonic spectrum is characterized as a function of the interparticle distance D inside the primitive Wigner-Seitz cell. Depending on D and on the atomic species composing the Wigner-Seitz cell, two or more photonic bandgaps can be found. We then determine the dynamics, when the atoms couple to the standing-wave mode of a Fabry-Perot cavity, and study the cavity transmission spectrum in the strong coupling regime.

Q 55.15 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Chiral and non-chiral negative refraction with low absorption via magneto-electric cross-couplings — ●JÜRGEN KÄSTEL¹,

MICHAEL FLEISCHHAUER¹, SUSANNE F. YELIN^{2,3}, and RONALD L. WALSWORTH^{2,4} — ¹Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern, Germany — ²ITAMP, Cambridge, MA, USA — ³UConn, Storrs, CT, USA — ⁴Harvard University, Cambridge, MA, USA

Negative refraction of light advanced to one of the most active areas in photonics research in recent years. As the generation of a negative index of refraction in metamaterials is well understood the strong absorption present in such media remains to be the main obstacle to applications. We propose a novel approach that uses effects similar to EIT leading to resonantly enhanced magneto-electric cross-coupling which leads to negative refraction with simultaneously strong suppression of absorption. The refractive index can be fine-tuned and impedance matched by means of external laser fields. We analyze the orientation and polarization dependence of the refractive index and discuss the prospects of attaining an isotropic and/or polarization independent, i.e., non-chiral refraction.

Q 55.16 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Untersuchung von Schwefelkohlenstoff mittels Quantenbeatspektroskopie — •DANIEL DEPENHEUER, JÖRG KOHL-LANDGRAF und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Präsentiert wird ein Projekt, bei dem die Eigenschaften des 10V Bandes von Schwefelkohlenstoff mittels Quantenbeatspektroskopie untersucht werden sollen. Hierzu wurde ein Lasersystem aufgebaut, das fourierlimitierte ns-Laserpulse bei 323.8nm erzeugen kann, um Energieniveaus von Schwefelkohlenstoff kohärent anzuregen. Der Schwefelkohlenstoff wird in einem hypersonic Jet in einer Vakuumkammer spektroskopiert. Mittels gepulster elektrischer und magnetischer Felder lassen sich die Energieniveaus des Schwefelkohlenstoffs aufspalten und die Quantenbeats manipulieren.

Q 55.17 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Towards quantum optical experiments with ions in the solid state — •LUTZ PETERSEN, MICHAEL JOBST, STEPHAN GÖTZINGER, and VAHID SANDOGHDAR — Laboratory of Physical Chemistry and optETH, ETH Zurich, CH-8093 Zurich, Switzerland

A number of quantum optical phenomena, such as qubit population transfer or EIT, can be investigated in the solid state using rare-earth ions. Although embedded in a solid-state matrix, these emitters can exhibit exquisitely narrow radiative linewidths on the order of kilohertz and inhomogeneous broadenings smaller than one gigahertz. Ultra-long dephasing times have been measured at temperatures below 10 K, merely limited by the spontaneous emission lifetime.

Our investigations focus on two transitions of praseodymium doped into an yttrium-orthosilicate crystal (YSO): the well-studied $^3H_4-^1D_2$ transition at 606 nm and the $^3H_4-^3P_0$ transition at 488 nm. We use a micro-photoluminescence setup to investigate these ions at cryogenic temperatures. We are currently constructing a tunable laser source with sub-kilohertz linewidth for high-resolution spectroscopy. Future experiments involving such a narrow-band excitation source will be discussed.

Q 55.18 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Delocalization of atoms in a disorder potential due to spontaneous emission — •BORIS NOWAK^{1,2}, PETER SCHLAGHECK¹, JAMI KINNUNEN^{2,3}, and MURRAY J. HOLLAND² — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Regensburg — ²JILA, University of Colorado at Boulder — ³Department of Engineering Physics, Helsinki University of Technology

Recently two groups have reported on the observation of Anderson localization of Bose-Einstein condensates in a one dimensional disorder potential [1,2]. This effect is caused by the coherent wave nature of atoms and is therefore significantly altered by a dissipative process such as spontaneous emission. We report on our studies of a near resonantly driven two level atom subject to an external disorder potential. To this end we numerically compute the master equation evolution for the reduced density matrix by employing the Monte Carlo wavefunction method [3]. We particularly focus on the influence of spontaneous emission onto the time dependent expansion process of the atomic wave packet in a disorder potential.

[1] J. Roati et al., Nature **453** (2008)

[2] J. Billy et al., Nature **453** (2008)

[3] R. Dum et al., Phys. Rev. A **45** (1992)

Q 55.19 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Frequenzvervierfachung eines Faserverstärkers bei 1014,8nm — •JOACHIM REST, PATRICK VILLWOCK, MATHIAS SINTHER und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Schlossgartenstraße 7, 64289 Darmstadt

Das Kühlen und Fangen von Quecksilberatomen in einer Magneto-optischen-Falle ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen. Unter anderem die Untersuchung der fermionischen Isotope im Bezug auf einen neuen Zeitstandard. Ziel unserer Arbeit ist es ein alternatives Lasersystem aufzubauen mit dem eine Magneto-optische-Falle mit Quecksilberatomen realisiert werden kann. Dieses Lasersystem basiert auf einem bereits realisiertem Ytterbium-dotierten Faserverstärker bei 1014,8nm, der eine teilweise Depolarisation aufweist. Die nötige Wellenlänge von 253,7nm für das Doppler-Kühlen soll dann durch zweifache externe Frequenzverdopplung realisiert werden. Es wird der aktuelle Stand vorgestellt.

Q 55.20 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Ein flexibler ns-Titan:Saphir Laser als nahezu universelle Lichtquelle — •JÖRG KOHL-LANDGRAF, DANIEL DEPENHEUER und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für angewandte Physik, Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Wir stellen einen ns-Titan:Saphir Laser vor, der durch nichtlineare Frequenzkonversion das Spektrum von UV-C bis in den mittleren IR Bereich hinein abdecken kann. Durch Injection-seeding wird ein schmalbandiger Betrieb in der Nähe des Fourierlimits erreicht. Vorgestellt wird die Charakteristik des Lasers sowohl in der Nähe des Verstärkungsmaximums von Titan:Saphir, als auch am Rande des Verstärkungsprofils. Die nichtlinearen Frequenzkonversionsprozesse sind aufgrund der hohen spektralen Leistungsdichte des Lasers sehr effizient. Durch die sehr stabile Buildup Zeit des Lasers sind neben der Erzeugung höherer Harmonischer auch die Erzeugung von Summen- und Differenzfrequenzen zwischen dem Titan:Saphir Puls und dem Pumpuls möglich.

Q 55.21 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Numerical model of a pulsed loop-oscillator with gain grating — •ROBERT ELSNER und MARTIN OSTERMEYER — Institute for Physics and Astronomy, University of Potsdam, Karl-Liebknecht-Str 24/25, 14476 Potsdam, Germany

We present a model of a pulsed loop oscillator that is coupled to a seed laser via gain grating. Such a loop oscillator emits short pulses due to a passive Q-switch realized by the transient diffraction efficiency of the gain grating. Because the gain grating's position is not fixed it can compensate for fluctuations of the resonator length and thus might be applicable for frequency stabilization. Thus the scheme has the potential for spectrally stable operation without the need for any active stabilization circuit when coupled to a frequency stable master. A set of nonlinear wave equations, their respective boundary conditions and rate equations are used for the numerical model. Options to reach a spectrally resolved solution within such a model are discussed.

[1] M. J. Damzen et al., Opt. Lett. **20**, 1704- (1995)

[2] P. Sillard et al., IEEE J. Quantum Electron. **34**, 465-472 (1998)

Q 55.22 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Herstellung und Charakterisierung von Kanalwellenleitern in Nd:YAG mittels fs-Laserpulsen — •JÖRG SIEBENMORGEN, THOMAS CALMANO, KLAUS PETERMANN und GÜNTER HUBER — Universität Hamburg, Institut für Laser-Physik, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Mit Laserpulsen einer Pulsdauer von 140 fs wurden Zerstörspuren in Nd-dotierten und undotierten YAG-Kristallen geschrieben. Aufgrund von spannungsinduzierter Doppelbrechung konnte Wellenleitung in verschiedenen Kanälen in der Umgebung von Einzelspuren und im Zentrum von Doppelspuren beobachtet werden.

Die geringsten Wellenleiterverluste von 1,4 dB/cm bei einer Wellenlänge von 1063 nm traten bei Wellenleiterkanälen zwischen Doppelspuren mit einem Abstand von 25 μ m auf.

Die Fluoreszenzcharakteristik wurde orts aufgelöst untersucht und Konfokal-Mikroskopiebilder aufgenommen. Zusätzlich wurde die Fluoreszenzlebensdauer am Ort der Wellenleiter bestimmt. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich kein Unterschied zwischen den wellenleitenden Bereichen und dem nicht modifizierten Material.

Um den zugrunde liegenden Wellenleitungsmechanismus genauer zu untersuchen, wurden die Proben in H_3PO_4 bei einer Temperatur von 50°C geätzt. Dabei zeigte sich ein hochselektiver Abtrag des modifizierten Materials mit Ätzraten von bis zu 5 μ m/h.

Q 55.23 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Ein Diodenlaser System bei 369 nm — ●PETER KAUFMANN, NUALA TIMONEY, THOMAS COLLATH, MICHAEL JOHANNING und CHRISTOF WUNDERLICH — Fachbereich Physik, Universität Siegen, 57072 Siegen, Deutschland

Laserlicht der Wellenlänge 369 nm kann zur Anregung des Dipolübergangs $^2S_{1/2} \leftrightarrow ^2P_{1/2}$ im Ytterbium⁺ Ion verwendet werden. Dieser optische Übergang wird sowohl zur Laserkühlung als auch zum Zustandsnachweis bei Experimenten mit in Paulfallen gespeicherten Yb⁺-Ionen benutzt.

Wir erzeugen frequenzstabilisiertes Laserlicht der gewünschten Wellenlänge mit der optischen Leistung $P = 3$ mW unter Verwendung einer auf -5 Grad Celsius gekühlten, kommerziell erhältlichen Laserdiode in Littrowkonfiguration bei gleichzeitiger Stabilisierung auf einen konfokalen optischen Resonator.

Der experimentelle Aufbau wird vorgestellt und hinsichtlich Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge, optischer Leistung und Frequenzstabilität durch den direkten Vergleich mit einem frequenzverdoppelten Ti:Sa Lasersystem charakterisiert. Die Eignung des Systems zur Manipulation von Yb⁺-Ionen wird durch die Messung der Fluoreszenz eines in einer Paulfalle gespeicherten $^{172}\text{Yb}^+$ -Ions demonstriert.

Q 55.24 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Laserentwicklung zur Erzeugung von Bose Einstein Kondensaten unter Schwerelosigkeit — ●ANIKA VOGEL¹, NADINE MEYER², JULIAN HOFMANN¹, ALEXANDRA DWENGER¹, KAI BONGS¹ und KLAUS SENGSTOCK² — ¹Institut fuer Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — ²School of Physics and Astronomy, University of Birmingham, Edgbaston, B152TT, UK

Untersuchungen an Bose-Einstein Kondensaten in Schwerelosigkeit eröffnen neue Möglichkeiten hinsichtlich kleinerer Temperaturen und Dichten. Die wesentlich verlängerte Beobachtungszeit ermöglicht sensitivste Atominterferometrische Messungen.

Im Rahmen einer deutschlandweiten Kollaboration entwickelten wir ein Lasersystem zum erfolgreichen Einsatz unter den extremen Bedingungen am Fallturm in Bremen als Pilotprojekt für zukünftige Weltraummissionen.

Auf diesem Poster sollen die neuesten Weiterentwicklungen hinsichtlich weiterer, wesentlich verbesserter Temperatur- und mechanischer Stabilität der Lasersysteme präsentiert werden.

Das Projekt wird finanziert von dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR unter der Fördernummer DLR 50 WM 0346.

Q 55.25 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Steuerung der Polarisation eines Faserlasers — ●ORTWIN HELMIG, KLAUS SENGSTOCK und VALERI BAEV — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Faserlaser als kohärente Strahlungsquellen gewinnen in der Technik immer mehr an Bedeutung. Sie bieten neben hohen Leistungen auch gute Strahlqualitäten. Eine bestehende Einschränkung ist, daß die Polarisation dieser Laser nur bei der Verwendung von speziellen polarisationserhaltenden Fasern klar definiert sein kann. Wir demonstrieren neue Konzepte zur Polarisationssteuerung, die auch bei Verwendung von zylindersymmetrischen aktiven Glasfasern anwendbar sind. Diese Konzepte stützen sich auf die Reduzierung bzw. Erhöhung der Resonatorverluste für eine bestimmte Polarisation. Eine Reduzierung der Resonatorverluste für eine Polarisation erzielt man mit einem polarisationsabhängigen Hilfsresonator, der an den bestehenden Faserlaser angekoppelt wird. Erhöhung der Resonatorverluste für eine Polarisation kann des weiteren durch eine spezielle Strukturierung der Faserendfläche erreicht werden. Beide Methoden wurden für einen Pr,Yb:ZBLAN upconversion Faserlaser bei 635 nm bzw. 492 nm erfolgreich eingesetzt. So konnte mit einer zylindersymmetrischen Faser ein Polarisationsgrad des Laserlichts von mehr als 100:1 erzielt werden.

Q 55.26 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Transverse modes in few-mode fiber amplifiers — ●NIKLAS ANDERMAHR^{1,2}, MARTIN SCHÄFERLING², CHRISTIAN VORHOLT², and CARSTEN FALLNICH² — ¹Laserzentrum Hannover, Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Germany — ²Institut für Angewandte Physik - WWU Münster, Corrensstraße 2, 48149 Münster, Germany

Large mode area fibers are used for high-power fiber amplifiers, as they accomplish to reduce the power density within the core. However, a larger core diameter in general allows the propagation of higher-order transverse modes.

We model the propagation of transverse modes by solving the Fres-

nel wave equation [1]. Thereby the electrical field is calculated, which allows to visualize the intensity distribution within the fiber. Moreover, the modal powers and the modal polarization states are derived from the electrical field. As the gain saturates locally, the transverse modes can interact with each other. A polarization dependent mode amplification is found that is in good agreement with recent experimental results [2].

[1] N. Andermahr and C. Fallnich, Opt. Express **16** (24), 20039 (2008)

[2] N. Andermahr and C. Fallnich, Opt. Express **16** (12), 8679 (2008)

Q 55.27 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Lasersystem zur Erzeugung der 'Magic Wavelength' von Hg — ●RUDOLF MITSCH, PATRICK VILLWOCK und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Laser- und Quantenoptik, Schloßgartenstraße 7, 64289 Darmstadt

Neutrales Quecksilber besitzt ein hohes Potential für einen neuen Zeitstandard basierend auf einem optischen Gitter. Das benötigte optische Gitter liegt bei der magischen Wellenlänge, die den Abstand der Energieniveaus des zu spektroskopierenden Uhrenübergangs in 1. Ordnung nicht ändert. Für Quecksilber wird die magische Wellenlänge durch Rechnungen zwischen 340-360nm vorhergesagt. Präsentiert werden Arbeiten zu einem Lasersystem in diesem Wellenlängenbereich.

Q 55.28 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Numerische Modellierung periodischer und aperiodischer Strukturen zur Quasiphasenanpassung — ●FELIX RÜBEL, HEINER HARTOGH und JOHANNES A. L'HUILLIER — Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Physik, Erwin-Schrödinger-Str. 46, 67663 Kaiserslautern, Deutschland

Frequenzkonversion in periodisch gepolten ferroelektrischen Kristallen zur Quasiphasenanpassung (QPM) ist von besonderer Bedeutung für viele Anwendungen. QPM-Materialien bieten gegenüber Phasenanpassung mit Doppelbrechung den Vorteil, dass das größte nichtlineare Tensorelement genutzt werden kann. Des weiteren wird die Wellenlänge der konvertierten Strahlung nur von der Periodizität der Polungsstruktur bestimmt. Es ist daher möglich mehrere Konversionsprozesse in einem Kristall mit entsprechend angepassten Polungsperioden zu integrieren. Gleichzeitig ermöglichen aperiodische Strukturen die Eigenschaften von quasiphasenangepassten Prozessen zu beeinflussen und zu optimieren sowie die simultane Erzeugung mehrerer Prozesse in einem Gitter. In diesem Beitrag werden verschiedene periodische und aperiodische QPM-Strukturen systematisch theoretisch untersucht. Hierzu werden für vorgegebene Gitter die gekoppelten Amplitudengleichungen für die Summenfrequenzzeugung numerisch gelöst. Es werden gechirpte Gitter zur Erhöhung der spektralen Akzeptanzbreite sowie zur simultanen QPM mehrerer Prozesse diskutiert sowie der Einfluss von Gitterfehlern auf den Konversionsprozess systematisch untersucht.

Q 55.29 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Emissionsdynamik von vielmodigen Festkörperlasern. Theorie und Anwendungen — ●OLIVER BACK, KLAUS SENGSTOCK und VALERI BAEV — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Vielmodige Festkörperlaser zeigen eine sehr komplexe Emissionsdynamik. Sie wird zum einen durch die Lebensdauer des oberen Laserniveaus, die Resonatorverluste und der Anzahl der Polarisations- und Longitudinalmoden, zum anderen durch die partielle Entkopplung und durch die nichtlineare Kopplung der Moden bestimmt. Der Grund für die Modenentkopplung liegt in der Sättigung der Inversion durch die stehenden Lichtwellen eines Vielmodenlasers, die zu räumlicher Inhomogenität der Verstärkung in longitudinaler sowie in azimutaler Richtung führt. Nichtlineare Kopplung kann z.B. durch die Frequenzverdoppelung im Laserresonator verursacht werden. Der Grad der Kopplung, bzw. Entkopplung bestimmt maßgeblich die Emissionsdynamik und beschränkt damit die möglichen praktischen Anwendungen von vielmodigen Festkörperlasern. Das entwickelte Modell hat es uns erlaubt, die Emissionsdynamik von verschiedenen vielmodigen Festkörperlasern ausführlich zu beschreiben und gezielt zu steuern um die Laser für bestimmte Anwendungen zu optimieren. Unter anderem wurden Möglichkeiten gezeigt, das Emissionsrauschen eines Vielmodenlasers mit und ohne Frequenzverdoppelung im Laserresonator zu reduzieren [1], sowie die Empfindlichkeit von Absorptionsmessungen im Resonator eines Vielmodenlasers zu erhöhen.

1. R. Hartke et al., Appl. Phys. Lett. 92, 101107 (2008).

Q 55.30 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Modellierung der Emissionsdynamik von vielmodigen Fa-

serlasern — ●DMITRIJ KONDRATJEW^{1,2}, OLIVER BACK¹, KLAUS SENGSTOCK¹ und VALERI BAEV¹ — ¹Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — ²Lebedev Institut, Leninskij pr. 53, 119991 Moskau Russland

Die meisten Faserlaser sind vielmodig und ihre praktische Anwendung erfordert Kenntnis und Berücksichtigung der Emissionsdynamik einzelner Moden. Wir berichten über die Entwicklung eines theoretischen Modells, das die Emissionsleistung einzelner Lasermoden theoretisch beschreibt. Ausgangspunkt des Modells ist das Ratengleichungssystem für einen vielmodigen Laser, das die Unterscheidung der Moden sowohl durch ihre Frequenzen als auch durch ihren Polarisationszustand zulässt. Dieses Modell berücksichtigt Quantenrauschen, räumliche Inhomogenität der Verstärkung, sowie nichtlineare Prozesse, die aufgrund hoher spektraler Leistungsdichte, die durch extrem geringe Querschnitte der Fasern bedingt ist, eine wesentliche Rolle spielen. Stimulierte Brillouin-Streuung führt zur Umverteilung der Leistung einzelner Moden und begrenzt dadurch die Empfindlichkeit des Emissionsspektrums bezüglich schmalbandiger resonatorinterner Absorption. Das entwickelte Modell ermöglicht die Optimierung der Laserparameter zwecks Erhöhung der Empfindlichkeit von Absorptionsmessungen im Resonator verschiedener Faserlaser.

Q 55.31 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Spektroskopie vom Verbrennungsprozessen im Resonator eines Er³⁺-dotierten Faserlasers — ●BENJAMIN LÖDEN¹, SVETLANA KUZNETSOVA¹, ANATOLY GOLDMANN², SERGEJ CHESKIS², KLAUS SENGSTOCK¹ und VALERI BAEV¹ — ¹Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — ²School of Chemistry, Tel-Aviv University, Tel Aviv 69978, Israel

Verbrennungsprozesse spielen in einer Vielzahl von technischen Anwendungen eine wichtige Rolle. Ein Verständnis der Prozesse in Flammen ermöglicht es, diese bezüglich der Effizienz und der Vermeidung von schädlichen Nebenprodukten zu optimieren. Er³⁺-dotierte Faserlaser bieten die Möglichkeit, in-situ mit hoher Empfindlichkeit im Laserresonator verschiedene Moleküle in einer Flamme zu vermessen [1]. Diese breitbandigen Faserlaser können mittels einer asphärischen Linse und Variation der Faserlänge im Spektralbereich von 1,52 bis 1,62 μm durchgestimmt werden. Mit ihnen wurden Absorptionsspektren von C₃H₈-, C₂H₂- und CH₄-Niederdruckflammen, teilweise unter Beigabe von H₂S oder NH₃, als Funktion des Abstands zum Brenner und der Konzentration aller Komponenten mit hoher Empfindlichkeit im Laserresonator gemessen. Aus den Spektren konnten mehrere Moleküle in der Flamme, unter anderem HCN, CO, CO₂, H₂O und C₂H₂, identifiziert und ihre Konzentrationen gemessen werden. Die dargestellte Methode ist daher zur Analyse, Überwachung und Optimierung von Verbrennungsprozessen geeignet.

1. A. Goldman *et al.*, Chem. Phys. Lett. 423, 147 (2006)

Q 55.32 Do 16:30 VMP 8 Foyer

From Absorption to Transparency without Switching Dispersion — ●KATRIN DAHL, LUCA SPANI MOLELLA, ROLF-HERMANN RINKLEFF, and KARSTEN DANZMANN — Max Planck Institute for Gravitational Physics (Albert Einstein Institute), Institute for Gravitational Physics, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover

With a probe laser beam and coupling laser beam of counter-rotating circular polarizations, the absorption and dispersion in a degenerate two-level system was studied.

For counter-rotatingly polarized laser beams we measured coupling laser absorption spectra as a function of the coupling laser power, below and above the saturation power of the atomic cesium sample. In the case of a probe laser power below saturation for all coupling laser powers, "absorption within transparency" was registered exclusively. By contrast, above saturation a switch from "absorption within transparency" to "transparency within transparency" was detected when the coupling laser power was larger than the constant probe laser power. Interestingly, the corresponding dispersion spectra of the coupling laser remained positive. In other words, opposed to the absorption spectra no switch was observed.

The work was made possible through the financial support of the Collaborative Research Centre SFB407 of the German Research Foundation (Deutsche Forschungsgemeinschaft).

Q 55.33 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Implementation of Atom Trap Trace Analysis for ³⁹Ar — ●JOACHIM WELTE¹, FLORIAN RITTERBUSCH¹, ISABELLE STEINKE¹, ANNA WONNEBERGER², MARKUS OBERTHALER¹, and WERNER

AESCHBACH-HERTIG² — ¹Kirchhoff Inst. f. Physics, University of Heidelberg, Heidelberg/ Germany — ²Inst. of Environmental Physics, University of Heidelberg, Heidelberg/ Germany

Dating water samples with ³⁹Ar ($T_{1/2} = 269\text{a}$) is currently restricted by the limits of "traditional" Low Level Counting, namely the large samples necessary and the long measurement time. We try to overcome these limitations by Atom Trap Trace Analysis for this isotope and thus bridging the "dating gap" of 100 - 1000 years of water sample age. An ATTA table-top apparatus would find applications in many different fields due to its small size and "low" cost.

We report on several first steps that have been undertaken, e.g. from the environmental physics side of the project water degassing and gas separation and from the atom-optical side measurement of hyperfine structure of ³⁹Ar, single atom detection and design of an atomic beam including source and collimation.

Q 55.34 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Silizium als Testmassenmaterial für zukünftige Gravitationswellendetektoren — ●JESSICA DÜCK, SEBASTIAN STEINLECHNER, NICO LASTZKA, KARSTEN DANZMANN und ROMAN SCHNABEL — Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (AEI) und Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover

Um die Existenz von Gravitationswellen direkt nachzuweisen, befindet sich derzeit die erste Generation erdgundener Gravitationswellendetektoren (GWD) in der Messphase.

Diese Detektoren haben ihre Designempfindlichkeit erreicht und zeigen eine minimale spektrale Rauschdichte von lediglich $3 \cdot 10^{-23} / \sqrt{Hz}$. Dabei stellt das thermische Rauschen einen limitierenden Faktor da.

Um das Thermische Rauschen der folgenden Generation GWD zu reduzieren, wird ein Betrieb bei kryogenen Temperaturen erforderlich. Fused Silica, welches bisher als Testmassenmaterial verwendet wurde, entspricht bei tiefen Temperaturen jedoch nicht den mechanischen Anforderungen.

Kristallines Silizium hingegen besitzt insbesondere bei tiefen Temperaturen eine hohe mechanische Güte. Die inakzeptabel hohe Absorption bei 1064 nm kann durch einen Umstieg auf die Telekommunikationswellenlänge von 1550 nm vermieden werden. Bei dieser Wellenlänge wird ein Absorptionskoeffizient von unter $10^{-8} / \text{cm}$ vermutet zu dessen Vermessung wir Techniken vorstellen.

Eine Bestimmung des Absorptionskoeffizienten stellt somit eine wichtige Grundlage zur Verwendung von Silizium als Testmassenmaterial in zukünftigen kryogenen GWD dar.

Q 55.35 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Laser ranging and data communication in space-based applications — ●JUAN JOSE ESTEBAN DELGADO, JOHANNES EICHHOLZ, ANTONIO GARCIA MARIN, IOURY BYKOV, JOACHIM KULLMANN, GERHARD HEINZEL, and KARSTEN DANZMANN — Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) and Universität Hannover. Callinstrasse 38 30167 Hannover, Deutschland

Ranging measurements and data communication in the radio band have been extensively used in space-based applications, for example in GNSS or GRACE. The increasing demand in high-bandwidth communication and precision ranging will make optical systems ideal for these applications. Experiments in Apollo missions have long ago demonstrated precision ranging measurement and the inter-spacecraft laser link between the NFIRE and the TerraSAR-X recently showed the viability of high-speed optical communication. Our investigations are focused on laser ranging and data communication for the Laser Interferometer Space Antenna (LISA) mission. We present the LISA baseline design and the progress of our experimental demonstration in laboratory.

Q 55.36 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Temporal pulse characterization of a multi-TW three-cycle optical parametric chirped pulse amplifier — ●RAPHAEL TAUTZ¹, LASZLO VEISZ¹, DANIEL HERRMANN¹, KARL SCHMID^{1,2}, and FERENC KRAUSZ^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany — ²Ludwig-Maximilians-Universität, München, Germany

We report on our home-built diagnostic tools, which are specially designed and optimized to characterize our ultra-intense three-cycle light pulses with duration of 8 fs, generated by an optical parametric chirped pulse amplifier (OPCPA). An all-reflective single-shot second order intensity autocorrelator has been designed and realized, which is suitable to perform a real-time observation of pulse-duration and -shape with a

repetition rate of 10 Hz. Hereby a temporal resolution of 200 as and an observation window of 560 fs have been achieved. Besides it is extendable to a single-shot second harmonic generation frequency resolved optical gating (SHG FROG) device within few minutes. Its high accuracy and repetition rate provide excellent feedback for optimizing the pulse-duration using an acousto-optical modulator. Furthermore the high dynamic range of the already existing third order intensity correlator for contrast measurements has been improved. The measurable pulse intensity contrast spans over more than 10 orders of magnitude within ± 300 ps. This allows a more accurate investigation of the contrast of our OPCPA system, uncovering the contribution from superfluorescence and seed contrast. Altogether these devices allow a fast and reliable characterization of our multi-TW three-cycle pulses.

Q 55.37 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Grenzen der Pulsdauer in solitären Festkörperlasern — ●FABIAN LÜCKING¹, MARCEL SCHULTZE¹, GUIDO PALMER¹ und UWE MORGNER^{1,2} — ¹Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover — ²Laserzentrum Hannover e.V.

Dem Flächentheorem zufolge ist die Pulsdauer in solitär betriebenen Oszillatoren mit Hilfe der resonatorinternen Dispersion beliebig skalierbar und lediglich durch die Verstärkungsbandbreite des Lasermediums limitiert. Die tatsächlich erreichbaren Pulsdauern liegen jedoch deutlich darüber. Es zeigt sich, dass ein gewisses Mindestmaß an Dispersion nötig ist, um stabile Modenkopplung zu realisieren. Diese minimal notwendige Dispersion skaliert mit der Pulsenergie und erzwingt somit längere Pulse bei langen Resonatoren.

Um diese Grenzen des Flächentheorems zu untersuchen, wurde ein diodengepumpter Yb:KYW Oszillator aufgebaut, der insgesamt fünf stabile Resonatorvarianten mit Repetitionsraten zwischen 16 und 165 MHz ermöglicht. Dabei wurde in jeder Konfiguration die resonatorinterne Dispersion variiert, um jeweils kürzeste stabile Einzelpulse zu erreichen.

Ergänzend zu den experimentellen Ergebnissen wurden numerische Simulationen basierend auf dem Split-Step-Fourier-Verfahren durchgeführt. Diese geben Aufschluss über die Ursachen der Pulsinstabilität und zeigen mögliche Wege zu weiterer Pulsverkürzung auf.

Q 55.38 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Interplay between absorption, dispersion and refraction in high-order harmonic generation — ●HATEM DACHRAOUI¹, THIERRY AUGUSTE², ANDREAS HELMSTEDT¹, PETER BARTZ¹, MARTIN MICHELWIRTH¹, NORBERT MUELLER¹, WALTER PFEIFFER¹, PASCAL SALIERES², and ULRICH HEINZMANN¹ — ¹Fakultät für Physik, Universität Bielefeld, Universitätsstr. 25 33615 Bielefeld, Germany — ²CEA-Saclay, IRAMIS, Service des Photons Atomes et Molaecules, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

The high-order harmonic generation efficiency in Neon gas cell at high pumping energy is experimentally and theoretically examined. The dependence of the cutoff and of the plateau harmonics efficiency on gas pressure, interaction length and Laser intensity provides information about the interplay between the different terms entering the phase-matching relation. In particular, the dispersion because of free electrons and atoms and the re-absorption of the harmonics by the medium are relevant. Both simulations and experiments show that the interaction length and gas pressure may be used to control the cutoff harmonics.

Q 55.39 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Combining fs pulse tailoring and self-phase modulation for nonlinear microscopy. — ●TILLMANN KALAS, JENS KÖHLER, CRISTIAN SARPE-TUDORAN, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Nonlinear label-free microscopy is a powerful tool for the investigation of physical and biological samples with high spatial resolution. Often intrinsic Second- or Third-Harmonic Generation (SHG, THG) as well as Coherent Anti-Stokes Raman Scattering (CARS) is used as contrast mechanism.

We make use of femtosecond pulse shaping in combination with self-phase modulation (SPM) in order to generate the nonlinear signals [1,2]. Extending our previous studies [1], femtosecond laser pulses, amplitude and phase modulated in a narrow spectral interval, are focused into a waterjet serving as transparent sample. SPM leads to a redistribution of the power spectral density. Detailed observation of the intensity in the above mentioned spectral band holds the possibility to distinguish between different materials and their concentrations

in a sample. Currently the impact of different pulse shapes on the SPM modified power spectral density is studied. In particular spectral phase dependencies to optimize possible contrast mechanisms are under investigation and results are presented.

[1] A. Präkelt *et al.*: Appl. Phys. Lett. **87**(12), 121113 (2005)

[2] M. C. Fischer *et al.*: Opt. Lett. **30**(12), 1551(2005)

Q 55.40 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Simultaneous production of multiple waveguides for photonic devices by femtosecond laser writing — ●MORITZ EMONS¹, MATTHIAS POSPIECH¹, ANDY STEINMANN¹, GUIDO PALMER¹, UWE MORGNER^{1,2}, ROBERTO OSELLAME³, NICOLA BELLINI³, and GIULIO CERULLO³ — ¹Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, Deutschland — ²Laserzentrum Hannover e.V. — ³Istituto di Fotonica e Nanotecnologie - CNR, Dipartimento di Fisica - Politecnico di Milano

We describe the application of beam shaping for the creation of multiple foci and their use in femtosecond laser writing. This technique is capable of producing waveguide based photonic devices in a single sweep by simultaneously writing. We give an introduction into the beam shaping algorithm and show results of sample devices (e.g. couplers) with their guiding properties and their specific functional properties.

Q 55.41 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Femtosekunden Feld-Synthesizer — ●STEFAN RAUSCH^{1,3}, THOMAS BINHAMMER², ANNE HARTH^{1,3} und UWE MORGNER^{1,3} — ¹Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover — ²VENTEON Laser Technologies GmbH, Garbsen — ³QUEST - Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research, Hannover

Ein Femtosekunden Feld-Synthesizer ermöglicht es, die elektrische Feldamplitude von Femtosekunden-Pulsen auf Zeitskalen unterhalb ihrer optischen Schwingungsperiode von 2,7 fs bei 800 nm zu kontrollieren. Der hier präsentierte Feld-Synthesizer basiert auf einer einzigartigen Kombination von oktav-breitem Titan:Saphir-Laser-Oszillator mit computergesteuertem, prismenbasiertem LCD-Pulsformer und einer SPIDER-Puls-Charakterisierung. Mit diesem System ist es möglich, die spektrale Phase und Amplitude von ultrakurzen Laserpulsen mit einer Dauer von weniger als 5 Femtosekunden unabhängig voneinander zu beeinflussen. Wird der genutzte Master-Oszillator zusätzlich auf seine Träger-Einhüllenden-Phase stabilisiert, welche die Position der elektrischen Feld-Oszillation unterhalb der Einhüllenden charakterisiert, können sämtliche Parameter, die den ultrakurzen Feldverlauf beschreiben, kontrolliert werden. Es ist nun z.B. möglich, Pulse mit einer Dauer von nur 3,6 Femtosekunden zu erzeugen - die kürzesten Pulse, die bisher direkt aus einem Femtosekunden-Oszillator erzeugt wurden. Es können aber auch maßgeschneiderte Pulse mit gewünschter spektraler oder zeitlicher Form generiert werden. Die so synthetisierten Feldverläufe finden ihre Anwendung im Bereich der kohärenten Kontrolle und der Spektroskopie von Feld-sensitiven Prozessen.

Q 55.42 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Dynamics of free electron plasma produced by shaped femtosecond laser pulses in water — ●CRISTIAN SARPE-TUDORAN, MATTHIAS WOLLENHAUPT, ALEXANDER HORN, LARS ENGLERT, JENS KÖHLER, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

The generation of high density free electron plasma is the first step in the laser induced optical breakdown process; a better knowledge of the plasma dynamics [1] can contribute to increase the precision of the ablation process and to reduce the collateral damage. Recently we have shown that tailored ultrashort laser pulses are suitable for robust manipulation of optical breakdown in the case of high band-gap solid dielectrics [2, 3]. In this contribution we report our studies to investigate the free electron plasma evolution produced by shaped femtosecond laser pulses in a thin water jet. By using a spectral interferometric technique the early times dynamics is observed with a high temporal resolution and the dependence of the free electron density on laser intensity and temporal pulse shapes is accurately obtained.

[1] C. Sarpe-Tudoran *et al.* Appl. Phys. Lett. **88**, 2161109 (2006)

[2] L. Englert *et al.* Opt. Express **15**, 17855 (2007)

[3] L. Englert *et al.* Appl Phys A **92**, 749 (2008)

Q 55.43 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Phase-matching of high-order harmonic generation in a semi-infinite gas cell geometry — ●DANIEL SEBASTIAN STEINGRUBE^{1,2},

TOBIAS VOCKERODT^{1,2}, UWE MORGNER^{1,2}, and MILUTIN KOVACEV^{1,2} — ¹Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover, Germany — ²QUEST, Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research

We study high-order harmonic generation (HHG) by rare gases and their mixture in a semi-infinite gas cell geometry. Our experiment confirms recent results by Takahashi et. al. [PRL **99**, 053904 (2007)] of enhanced HHG in gas mixtures. The harmonics from Xenon atoms enhance the observed yield from Helium atoms by about two orders of magnitude.

The emphasis of our studies places on short focal lengths. The enhancement effect and the phase matching conditions are investigated in detail at different focusing. A systematic study on the experimental phase matching conditions is performed which includes mixing ratios and the focusing position dependence. Using the experimental parameter maps optimal conditions for the enhancement process are found.

Our study of the enhancement effect extends towards experimental conditions suited for low-energy pump pulses at high repetition rates. Especially, the enhancement effect at short focal lengths promises to lead to a joint frontier of precision spectroscopy and ultrafast science.

Q 55.44 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Hohenharmonischen-Erzeugung an einer Nanopartikelquelle — ●HEIKO KURZ^{1,2}, DANIEL STEINGRUBE^{1,2}, DETLEV RISTAU³, UWE MORGNER^{1,2,3} und MILUTIN KOVACEV^{1,2} — ¹Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover — ²QUEST — ³Laserzentrum Hannover e.V.

Die Erzeugung laserinduzierter Plasmen findet Anwendung in der Quantenoptik bei der Erzeugung Hoher Harmonischer Strahlung (HHG), sowie bei der Erzeugung weicher Röntgenstrahlung. Während Hohe Harmonische Strahlung aktuelles Forschungsgebiet in der Attosekundenpulserzeugung ist, wird inkohärente weiche Röntgenstrahlung in der Halbleiterlithographie eingesetzt.

Dieser Beitrag stellt ein innovatives Konzept für die HHG mittels einer Nanopartikelquelle vor. In unserem Experiment wird eine Quelle zur Erzeugung eines Nanopartikel-Targets im Hochvakuum erstellt. Dabei lassen sich die Nanopartikel-Parameter im Target gezielt manipulieren. Die Partikelgröße, deren Konzentration sowie die Stoffklasse sind hier von besonderem Interesse. Nahezu alle festen Stoffe des Periodensystems lassen sich mit diesem flexiblen Targetkonzept untersuchen. Es werden Änderungen im Hohen Harmonischen Spektrum und in deren Konversionseffizienz in Abhängigkeit der Nanopartikel-Parameter studiert. Dies ermöglicht eine genauere Überprüfung der Ein-Elektronen-Näherung, sowie der bei Mehrelektronen-Wechselwirkungen beobachteten Skalierungsgesetze. Erste experimentelle Messungen und Ergebnisse an Metall-Nanopartikeln werden vorgestellt.

Q 55.45 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Single-cycle gap soliton in a subwavelengthstructure — ●XIAO-TAO XIE and MIHAI MACOVEI — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany

Few-cycle pulse propagation has attracted considerable attention recently with the discovery of many interesting phenomena such as self-induced transparency or formation of few- and single-cycle solitons [1]. Here we demonstrate that a single-cycle optical pulse can be generated when a pulse possessing few optical cycles penetrates through resonant two-level dense media with a subwavelength structure. The single-cycle gap soliton phenomenon in the full Maxwell-Bloch equations without the slowly varying envelope and rotating wave approximations is observed. Our study shows that the subwavelength structure can support the formation of a single-cycle gap soliton even in the case when the structure period breaks the Bragg condition, suggesting a way towards shortening high-intensity laser fields to few- and even to single-cycle pulse durations.

[1] V. P. Kalosha and J. Herrmann, Phys. Rev. Lett. **83**, 544 (1999).

Q 55.46 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Hybridlinsen aus asphärisch-refraktiven und diffraktiven Flächen als Ersatz der Kittglieder eines Linsen-Umkehrsystems — ●MANUELA TESMAR¹, CHRISTIAN SINN¹, VOLKER TAUTZ¹ und ANDREA KOCH² — ¹Carl Zeiss Sports Optics GmbH, Wetzlar — ²HAWK, Fakultät N, Göttingen

Der Beitrag stellt eine Hybridlinse mit einer refraktiven und einer diffraktiven optischen Fläche vor. Mit derartigen Hybridlinsen lassen sich gewöhnliche Kittglieder optischer Systeme ersetzen, die aus zwei

sphärischen Einzellinsen unterschiedlichen Materials bestehen und deren Aufgabe die Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberration ist. Die refraktive Fläche stellt dabei eine Asphäre dar, deren Oberfläche so gestaltet ist, dass die Schnittpunkte sowohl achsferner als auch achsnaher Strahlen möglichst zusammenfallen und so die sphärische Aberration korrigieren. Die diffraktive Fläche in Form eines rotationssymmetrischen Gitters korrigiert chromatische Aberrationen, wobei sie von ihrer im Vorzeichen umgekehrten Dispersion im Vergleich zu der von refraktiven Flächen profitiert. Im Blick auf Anwendungen im Zoom-Umkehrsystem wird die spektral sehr unterschiedliche Beugungseffizienz näher beleuchtet. Darüber hinaus sollen die technologischen Möglichkeiten zum Präzisionsblankpressen der vorgestellten Hybridlinsen erläutert werden.

Q 55.47 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Photonic applications and experimental results on ultrahigh Q bottle microresonators — ●ANDREAS VOGLER, MICHAEL PÖLLINGER, DANNY O'SHEA, and ARNO RAUSCHENBEUTEL — Abteilung QUANTUM, Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz

We have developed a novel type of whispering gallery microresonator that confines light by a mechanism similar to the confinement of charged particles in a magnetic bottle. The monolithic resonator, shaped like a highly prolate ellipsoid, is directly structured on a standard optical glass-fiber. Unlike other whispering gallery mode resonators, e.g. microspheres, the light is not just confined in a narrow ring close to the surface in the equatorial plane but allows a more complex mode structure. The bottle resonator concept yields ultrahigh intrinsic quality factors $Q \approx 3.6 \cdot 10^8$ in combination with an unique tunability, which stems from its Fabry-Perot-like mode structure along the fiber-axis.

We present experimental results on coupling of bottle modes among each other in one as well as in two macroscopically separated bottle resonators. Furthermore, we examine the coupling of bottle modes with the modes of a single mode fiber ring resonator. Finally, we present first results towards the use of bottle microresonators as all-optical fiber-based four-port devices for ultralow-power photonics applications like, e.g., all-optical switching.

Financial support by the DFG, the Volkswagen Foundation, and the ESF is gratefully acknowledged.

Q 55.48 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Concentration and enhancement of dipole radiation by nanospheres — ●SARINA WUNDERLICH^{1,2}, OLEKSANDR ZHUROMSKYY¹, and ULF PESCHEL¹ — ¹MPI für die Physik des Lichts, Erlangen — ²Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)

Resonantly excited atoms and molecules emit dipolar radiation thus forming the smallest light sources. Many applications as e.g. sensing or imaging would benefit from an enhancement of these fields.

Here we demonstrate by numerical simulations that nanospheres can fulfil that purpose. We present simulations of surface modes and field distributions, which are excited by a single dipole attached to a sphere of metallic or dielectric material with a thin metallic layer. Surface plasmons are excited at the metal to air interface and show resonant behaviour if the circumference of the sphere is an integer multiple of the plasmon wavelength. The plasmon propagation constant can be tuned by varying the permittivity of the material or the thickness of the metallic layer. In a resonance, the field distribution is highly symmetric and allows for sub-wavelength resolution imaging of the position of one or more dipoles at the surface.

Q 55.49 Do 16:30 VMP 8 Foyer

High order transverse modes in a Fabry-Perot cavity - Beyond the paraxial approximation — ●MARKUS KOCH, MARTIN ZEPPENFELD, BORYS HAGEMANN, MICHAEL MOTSCH, PEPIJN PINKSE, and GERHARD REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Many interesting effects have been observed, when atoms or molecules are coupled to the modes of an optical cavity. Among them cavity cooling has attracted a lot of attention over the last years, since it promises to cool atoms or molecules without the need for a closed cycling transition. For best cooling a cavity with as many as possible degenerate transversal modes is needed.

We have performed high-precision measurements on the spectrum of the transverse modes of a high-finesse Fabry-Perot cavity. We find that the degeneracy of high Laguerre-Gaussian modes, predicted by the paraxial approximations, is lifted. Taking into account corrections

beyond the paraxial approximation, we can quantitatively describe the splitting. We also observe two distinct sets of modes which indicates a coupling between the orbital and the spin angular momentum of light within the cavity.

Apart from the theoretical appeal, these new insights into the mode spectrum of a high-finesse cavity will be important for the design of non-spherical cavity mirrors to recover the mode degeneracy.

Q 55.50 Do 16:30 VMP 8 Foyer

Negative refraction and nanoscale coupling in plasmonic waveguide arrays — ●ARIAN KRIESCH^{1,2} and ULF PESCHEL¹ — ¹MPI für die Physik des Lichts, Erlangen, Germany — ²Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)

Recently it was demonstrated that highly birefringent materials can show negative refraction. An array of metallic stripes can serve as such

kind of metamaterial, but it also forms a system of coupled plasmonic waveguides thus transferring the concept of optical discreteness to the nano-world.

Here we report results of a finite elements simulation of the propagation of electromagnetic waves in planar arrays of plasmonic nanowaveguides made from gold or silver on substrates of silicon or silica. We have optimized this configuration to obtain strong coupling between the waveguides, but also minimum losses. We intend to realize this structure and to analyze it by scanning near field optical microscopy (SNOM) as well as by cathodoluminescence (CL) imaging. The experimental examination of the predicted coupling effects promises new insights into the processes of discrete diffraction and negative refraction on previously unmatched small scales. A further goal is to achieve the formation of discrete spatial solitons in such a nanoarray.