

## Q 20: Laseranwendungen (Lebenswissenschaften und Umwelt)

Zeit: Dienstag 14:00–15:45

Raum: 3H

Q 20.1 Di 14:00 3H

**Quantitative Analyse von  $^{14}\text{NO}$  und  $^{15}\text{NO}$  aus menschlichem Blut** — •THOMAS FRITSCH<sup>1</sup>, PARIS BROUZOS<sup>2</sup>, KATHRIN HEINRICH<sup>1</sup>, PETRA KLEINBONGARD<sup>2</sup>, MALTE KELM<sup>2</sup>, PETER HERING<sup>1</sup> und MANFRED MÜRTZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Lasermedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf — <sup>2</sup>Molekulare Kardiologie/Medizinische Klinik I, Universitätsklinikum Aachen, Pauwelsestr. 30, 52074 Aachen

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Chemilumineszenzdetektion (CLD) aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit und Zeitauflösung zum Goldstandard des Nachweises von Stickstoffmonoxid (NO) entwickelt. Um Isotopen-markierte Substanzen im Körper verfolgen zu können, müssen andere Methoden genutzt werden, da die CLD prinzipiell nicht zwischen unterschiedlichen Isotopologen unterscheiden kann.

Wir präsentieren hier die Evaluation eines Cavity Leak-Out Spektrometers (CALOS) bei  $5,2 \mu\text{m}$ . Zum Vergleich der Methoden wurden Prüfgasmischungen, Nitritlösungen und menschliche Blutproben genutzt. Neben einer hohen Übereinstimmung der Messergebnisse erreichen beide Methoden vergleichbare Nachweisgrenzen im ppt-Bereich (parts per trillion,  $10^{-12}$ ) bei Zeitaufösungen im Bereich weniger Sekunden. CALOS ergänzt diese Eigenschaften mit der Möglichkeit eines höchstempfindlichen isotopologenselektiven Nachweises.

Diese Evaluation öffnet den Weg in ein weites Gebiet von Anwendungen im biologischen und medizinischen Bereich.

Q 20.2 Di 14:15 3H

**Laser-spectroscopic online analysis of hydrocarbons in exhaled human breath** — •SVEN THELEN, DANIEL HALMER, PETER HERING, and MANFRED MÜRTZ — Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Lasermedizin, 40225 Düsseldorf, www.ilm.uni-duesseldorf.de/tracegas

The quantitative and single breath-resolved analysis of trace gases contained in human breath has constantly gained importance for medical diagnostics. A prominent example is the ethane molecule which is released as a by-product of free radical induced lipid peroxidation in the human body. Thus a rapid and non-invasive detection of ethane as a volatile marker for the oxidative stress status is very attractive for medical diagnostics.

We use Cavity Leak-Out Spectroscopy (CALOS) implementing a 50 cm long absorption cell enclosed with two high reflectivity mirrors resulting in an effective absorption path length of 3.6 km. Our Difference-Frequency Generation (DFG) laser source provides a continuous tuning range between  $3.30 \mu\text{m}$  and  $3.67 \mu\text{m}$  and a laser power of 280  $\mu\text{W}$ .

With this technique we have analyzed the washout dynamics of ethane in the human body. We have also investigated single breath exhalations of methane regarding reproducibility of concentration and slope of the alveolar phase. Furthermore we present the results of an intercomparison study with Gas Chromatography/Flame Ionization (GC-FID).

Q 20.3 Di 14:30 3H

**Echtzeitanalyse von  $^{13}\text{CO}$  mittels Cavity Leak-Out Spektroskopie im mittleren Infrarot** — •MARCUS SOWA, THOMAS FRITSCH, PETER HERING und MANFRED MÜRTZ — Institut für Lasermedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf

Kohlenmonoxid (CO) entsteht im Körper beim Abbau des Häm-Moleküls, einem Bestandteil der roten Blutkörperchen. Das abgeschiedene CO wird auf Grund seiner hohen Affinität zum Hämoglobin, von diesem als Carboxyhämoglobin (HbCO) gebunden. In der Lunge wird das CO zwischen der Atemluft und dem Blut ausgetauscht. Die zu bestimmenden Konzentrationen von  $^{13}\text{CO}$  liegen im Normalfall im Bereich weniger ppb. Die Messung beruht auf dem Prinzip der Cavity Leak-Out Spektroskopie (CALOS) im mittleren Infrarot bei ca.  $5 \mu\text{m}$ . Die Nachweisgrenze des verwendeten Systems liegt bei  $0,7 \text{ppb} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$  für das  $^{13}\text{CO}$ . Der verwendete Aufbau ermöglicht die isotopologenselektive und atemzugs aufgelöste Detektion des  $^{13}\text{CO}$  aus der Atemluft, sowie die Analyse anderer biologischer Proben. Mögliche Anwendungen sind z.B. die Durchführung von CO-Atemtests mit so geringen Konzentrationen und Mengen an CO, dass die zulässigen Höchstwerte, auch bei längeren Tests, nicht überschritten werden. Des Weiteren kann unter Hinzunahme von spirometrischen Daten die Car-

boxyhämoglobinkonzentration der Testperson isotopologenselektiv bestimmt werden. Im Rahmen des Vortrags sollen das Messsystem und erste Ergebnisse präsentiert werden.

Q 20.4 Di 14:45 3H

**Isotopologenselektive Echtzeitmessung von  $^{14}\text{NO}$  und  $^{15}\text{NO}$  im menschlichen Atem mittels höchstsensitiver Cavity-Leak-Out Spektroskopie** — •KATHRIN HEINRICH, THOMAS FRITSCH, PETER HERING und MANFRED MÜRTZ — Institut für Lasermedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, Universitätsstr.1, 40225 Düsseldorf

Mit zunehmender Erkenntnis über die Bedeutung von Spurengasen im menschlichen Atem steigt die Relevanz einer höchstempfindlichen Nachweismethode zur Detektion kleinster Molekülkonzentrationen in gasförmigen Proben. Viele für die medizinische Diagnostik interessanten Moleküle besitzen im mittleren Infrarotbereich ein charakteristisches Absorptionsspektrum. Die Cavity-Leak-Out Spektroskopie ermöglicht einen Nachweis dieser Spurengase im sub-ppb Bereich bei einer Zeitauflösung von unter 1 s. Auf der Basis eines durchstimmbaren CO-Lasers ( $\lambda=5 \mu\text{m}$ ) wird die Abschwächung der Laserintensität nach dem Durchgang durch die gasförmige Probe, welche sich in einem optischen Resonator befindet, gemessen. Die kontinuierliche Durchstimbarkeit des Lasersystems bietet zudem die Möglichkeit eines isotopologenselektiven Nachweises. Als ein mögliches Anwendungsbeispiel wird der isotopologenselektive, atemzugs aufgelöste Nachweis von  $^{14}\text{NO}$  und  $^{15}\text{NO}$  im menschlichen Atem vorgestellt. Die rauschäquivalente Absorption beträgt  $180 \text{ppt}/\text{Hz}^{1/2}$  für  $^{14}\text{NO}$  und  $150 \text{ppt}/\text{Hz}^{1/2}$  für  $^{15}\text{NO}$ . Durch die simultane  $^{14}\text{NO}/^{15}\text{NO}$ -Messung sind Veränderungen im Isotopenverhältnis detektierbar, so dass z.B. verschiedene Stoffwechselffade nach Gabe von  $^{15}\text{N}$ -markierten Substanzen verfolgt und differenziert werden können.

Q 20.5 Di 15:00 3H

**Bohrungen in biologischem Hartgewebe mit gepulsten CO<sub>2</sub>-Lasern** — •ROMINA KRIEG<sup>1</sup>, MARTIN WERNER<sup>1,2</sup>, MANFRED KLASING<sup>2</sup>, ULRIKE ENDESFELDER<sup>2,3</sup> und PETER HERING<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Lasermedizin, Heinrich Heine Universität Düsseldorf — <sup>2</sup>Forschungszentrum caesar, Bonn — <sup>3</sup>Helmholtz Institut für Strahlen- und Kernphysik, Rheinische Friedrich Wilhelms Universität, Bonn

Mit gepulster Laserstrahlung lässt sich Knochenmaterial gut in beliebiger Geometrie abtragen. Es wird gepulste CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung verwendet, die gut im Knochen absorbiert wird, und bei geeigneten Laserparametern keine thermischen Schäden im Gewebe verursacht. Das Ziel sind zylindrische Bohrungen mit beliebigem Durchmesser und Tiefe, um Implantate in den Kieferknochen ein zu bringen. Deshalb sollten die Bohrungen möglichst formtreu sein. Der Knochenabtrag wird dabei durch ein Füllmuster innerhalb der Geometrie erzeugt. Zur Verbesserung des Ergebnisses lässt sich zusätzlich der Rand der Bohrung abfahren. Bei dieser Art der Materialbearbeitung mit Lasern ist die abnehmende Effizienz mit zunehmender Tiefe problematisch, da konische Bohrungen entstehen können. Außerdem sind die Bohrungen im Profil nicht symmetrisch, was sich in unterschiedlichen Bohrwinkeln und schrägen Böden bemerkbar macht. Um diese Probleme zu beheben, wurden die effektivsten Bohrreihenfolgen bestimmt. Durch Variation der Reihenfolge von Füllmuster und Rand wurde die Konizität bereits erheblich verringert.

Q 20.6 Di 15:15 3H

**Analyse der optischen und akustischen Feedback-Signale bei Ablation von biologischem Gewebe mit einem gepulsten CO<sub>2</sub> Laser** — •ULRIKE ENDESFELDER<sup>1,2</sup>, MARTIN WERNER<sup>1,3</sup>, MANFRED KLASING<sup>1</sup>, PETER HERING<sup>1,3</sup> und ROMINA KRIEG<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>Forschungszentrum caesar, Bonn — <sup>2</sup>HISKP, Universität Bonn — <sup>3</sup>Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf

Die anwendbaren Laserapplikationen in der Medizin wurden in den letzten Jahren auch auf den Bereich der Laserosteotomie, d.h. die berührungslose Abtragung von Knochengewebe, erweitert.

Die Laserosteotomie bietet einige Vorteile im Vergleich zu den üblichen Verfahren in der Chirurgie, vor allem durch eine sehr hohe Präzision und die freie Wahl der Abtragungsgeometrie.

Die benutzten kurzgepulsten CO<sub>2</sub>-Laser stellen in Kombination mit einem Wasserspray und einer speziellen Multi-Pass-Scan-Technik eine effiziente und thermisch minimal belastende Möglichkeit dar, Knochen-

gewebe für medizinische Anwendungen zu bearbeiten.

Diese Arbeit stellt ein Kontrollverfahren des Bearbeitungsfortschritts vor. Entscheidend hierbei ist die Erkennung der Grenze zwischen dem Knochengewebe und dem unterliegenden Weichgewebe, welches geschont werden soll. Da die Laserablation von einem Leuchten in einem breiten Spektralbereich und von akustischen Signalen begleitet ist, liegt es nahe, beides für die Diagnostik zu nutzen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die gewebespezifischen Unterschiede in den laserinduzierten Ablationssignalen untersucht. Hierbei wurden insbesondere die Grenzen des Kontrollverfahrens ausgelotet.

Q 20.7 Di 15:30 3H

**Weiterentwicklung eines optischen Messverfahrens zur Untersuchung der Gemischbildung von Kraftstoff-Luft-Gemischen** — •JENS MÜLLER, JOCHEN SCHOLZ und VOLKER BEUSHAUSEN — Laser-Laboratorium Göttingen e.V., Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, 37077 Göttingen, [www.llg-ev.de](http://www.llg-ev.de)

Die Emission von Schadstoffen und der Kraftstoffverbrauch von neu-

en Motorkonzepten hängen stark von der Präparierung des Luft-Kraftstoffgemisches und der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Gemisches im Zylinder ab. Das Ziel unserer Arbeit ist die Entwicklung eines 2-D Messverfahrens zur orts aufgelösten Erfassung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses (Lambda-Wert) im Motorbrennraum bei Einsatz von Realkraftstoffen ohne Zusatz von Kraftstofftracern. Zur Erfassung des Lambda-Wertes wird eine Variante der Laser-induzierten Fluoreszenz (LIF), das sogenannte "Fuel-Air-Ratio-LIF" (FARLIF) eingesetzt. Hierbei werden fluoreszenzlöschende Eigenschaften von Sauerstoff ausgenutzt, die unter bestimmten Randbedingungen eine direkte Proportionalität der gemessenen Fluoreszenzlichtintensität zum Lambda-Wert generieren. Bisher konnte die Einsatzfähigkeit der FARLIF-Messtechnik nur unter Verwendung von nicht fluoreszierenden Modellkraftstoffen mit dem Fluoreszenztracer Toluol und nur moderaten Temperaturen nachgewiesen werden. Die hier präsentierten Arbeiten beschäftigen sich insb. mit der Validierung des FARLIF-Verfahrens für den Einsatz in Realkraftstoffen und bei hohen Temperaturen bis zu 700K.