

## Q 20: Laser in der Medizin und Umweltmesstechnik I

Zeit: Dienstag 10:30–12:45

Raum: 5J

Q 20.1 Di 10:30 5J

**OCT-kontrollierte Mikrochirurgie an den Stimmklappen** — ●HENNING WISWEH<sup>1</sup>, ULRICH MERKEL<sup>1</sup>, KATHRIN LÜERSSEN<sup>1</sup> und HOLGER LUBATSCHOWSKI<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Medizinische Hochschule Hannover, Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover — <sup>2</sup>Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Die chirurgische Behandlung gutartiger Stimmklappenveränderungen führt zu einer dauerhaften Heiserkeit des Patienten, wenn die Schichtgrenzen der Stimmklappen beim Operieren nicht berücksichtigt werden. Durch die präzise und schonende Gewebearbeitung des fs-Lasers können zusammen mit einer gleichzeitigen bildgebenden Darstellung des Schichtaufbaus gezielte Resektionen mit Rücksicht auf die Schichtgrenzen vorgenommen werden.

In früheren Arbeiten konnte gezeigt werden, dass die optische Kohärenztomographie (OCT) für den Einsatz an den Stimmklappen sehr gut geeignet ist. So kann deren Schichtstruktur innerhalb der für chirurgische Eingriffe relevanten Tiefe von bis zu 1 mm mit einer Auflösung im Bereich von 10–20  $\mu\text{m}$  dargestellt werden.

In einer Studie an extrahierten Schweinestimmklappen wurde das Abtragverhalten des fs-Lasers unter OCT-Kontrolle in situ untersucht. Bei richtiger Wahl der Laserparameter haben die thermischen Effekte geringe Schädigungen des Gewebes hervorgerufen. Die Ausdehnung der Nekrosezone lag im erwarteten Bereich unterhalb 10  $\mu\text{m}$ .

Es konnte also gezeigt werden, dass ein OCT-kontrolliertes Schneiden mit dem fs-Laser im  $\mu\text{m}$ -Bereich mit minimaler Gewebeschädigung möglich ist.

Q 20.2 Di 10:45 5J

**Faserbasiertes Fourier-Domain-OCT für die Mikrochirurgie** — ●OLE MASSOW<sup>1</sup>, FABIAN WILL<sup>2</sup> und HOLGER LUBATSCHOWSKI<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover — <sup>2</sup>Rowiak GmbH, Garbsener Landstr. 10, 30419 Hannover

Die Femtosekunden-Technologie stellt aufgrund der nichtlinearen Wechselwirkung mit optisch transparenten Medien ein sehr interessantes Werkzeug für die Bearbeitung von biologischen Proben dar, womit innerhalb von Geweben mit hoher Präzision Mikrochirurgie betrieben werden kann. Zugleich eignen sich die ultrakurzen Pulse durch ihre große spektrale Breite als ideale Lichtquelle für bildgebende Verfahren wie die optische Kohärenztomographie (OCT), mit deren Hilfe Strukturen innerhalb von biologischen Proben nicht invasiv beobachtet werden können.

Die Kombination dieser beiden Technologien stellt aufgrund der Präzision von wenigen Mikrometern und hohen Flexibilität in der Schnittführung, die damit erreicht werden könnte, ein außerordentlich interessantes Werkzeug für die Mikrochirurgie dar. Dieses würde in vielen Fällen neue Operationsmöglichkeiten bzw. Präparationstechniken von biologischem Gewebe eröffnen.

Um diese beiden Technologien miteinander vereinen zu können, wurde ein faserbasiertes Fourier-Domain-OCT aufgebaut, welches in den Strahlengang eines fs-Lasers integriert wird. In einem ersten Schritt wird es alternierend mit der fs-Strahlquelle betrieben werden, um so eine Kontrolle des Operationsgebietes in situ zu ermöglichen.

Q 20.3 Di 11:00 5J

**Fourier Domain Mode Locking (FDML): Neue Laser für die Optische Kohärenztomographie (OCT)** — ●ROBERT HUBER<sup>1,2</sup>, DESMOND ADLER<sup>2</sup>, VIVEK SRINIVASAN<sup>2</sup> und JAMES FUJIMOTO<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für BioMolekulare Optik, Ludwig-Maximilians-Universität München — <sup>2</sup>Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA

Die optische Kohärenztomographie (OCT) [1] stellt ein vergleichsweise junges, optisches Bildgebungsverfahren dar, welches mit einer räumlichen Auflösung von wenigen Mikrometern die dreidimensionale Darstellung von Gewebekontrast erlaubt. Seit langem zielt die technologische Entwicklung neuer OCT-Systeme auf eine Erhöhung der Abbildungs-Geschwindigkeit ab, um Bewegungs-Artefakte zu vermeiden sowie dicht gerasterte, dreidimensionale Datensätze aufzunehmen. Derzeitige kommerzielle OCT-Systeme erreichen Abbildungs-Geschwindigkeiten im Bereich einiger tausend Linien pro Sekunde (axiale Abtastungen, A-Scans), was etwa 1–10 Bildern pro Sekunde entspricht. Durch einen neuen Operationsmodus von Lasern, der so genannten Fourier Domänen Moden Kopplung (FDML) [2], wird eine 100 bis 1000-fache Erhöhung der OCT-Abbildungsgeschwindigkeit

möglich. Anwendungen verschiedener FDML basierter OCT-Systeme im Bereich der Entwicklungsbiologie, der Ophthalmologie und zur intravaskulären Bildgebung werden diskutiert.

1. Huang D et al. Science 254:1178–1181 (1991).

2. Huber R et al. Optics Express 14:3225–3237 (2006).

Q 20.4 Di 11:15 5J

**Laserosteotomie mit gepulsten CO<sub>2</sub>-Lasern** — ●MARTIN WERNER<sup>1,2</sup>, MIKHAIL IVANENKO<sup>1</sup>, MANFRED KLASING<sup>1</sup>, DANIELA HARBECKE<sup>1,2</sup>, HENDRIK STEIGERWALD<sup>1,3</sup> und PETER HERING<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Forschungszentrum caesar, Bonn — <sup>2</sup>Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf — <sup>3</sup>Physikalisches Institut, Universität Bonn

Laserosteotomie - das Schneiden von Knochen mit Lasern - bietet Vorteile in vielen Feldern der operativen Medizin. Jedoch verhinderte bisher thermische Schädigung des angrenzenden Gewebes den Einsatz dieser Technik. Kurzgepulste CO<sub>2</sub>-Laser in Kombination mit einem Wasserspray und einer in unserer Gruppe entwickelten Multi-Pass-Scann-Technik stellen eine effiziente und thermisch minimal belastende Möglichkeit dar Hartgewebe für medizinische Anwendungen zu bearbeiten. Um effizienten Abtrag mit minimalen Randeffekten zu erzielen sind ein tieferes Verständnis des Ablationsprozesses sowie spezielle Bestrahlungstechniken notwendig. Der Ablationsprozess basiert auf der schnellen Erhitzung des im Knochen eingeschlossenen Wassers, durch den resultierenden internen Druckanstieg wird der Knochen abgetragen. Resthitze wird zusammen mit ablatiertem Gewebe abtransportiert und eine thermische Schädigung des umliegenden Gewebes wird unterbunden. Histologische Untersuchungen belegen eine minimale thermische Schädigung in einer Zone von ca. 10  $\mu\text{m}$  entlang der Laserschnittkante. Die Möglichkeit den Laserstrahl mit Hilfe eines Laserstrahlschanners frei über die Knochenoberfläche zu bewegen, erlaubt beliebige Schnittgeometrien und eine exzellente Basis für die Integration in medizinische Operationsplanungs- und Navigationssysteme.

Q 20.5 Di 11:30 5J

**Spectral analysis of the acoustic signal during ablation of biological tissue with pulsed CO<sub>2</sub>-lasers** — ●HENDRIK STEIGERWALD<sup>1,2</sup>, MARTIN WERNER<sup>1,3</sup>, MIKHAIL IVANENKO<sup>1</sup>, MANFRED KLASING<sup>1</sup>, and PETER HERING<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>Center of advanced European studies and research (caesar), Bonn, Germany — <sup>2</sup>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany — <sup>3</sup>Institut für Lasermedizin, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany

Today osteotomy, the transection of bone, is still performed with drills, oscillating saws and chisels. The advantages of laser osteotomy are free cut geometry and minimal thermal damage. Due to the lack of haptic feedback there is need for an alternate feedback method for accurate laser osteotomy. Based on the frequency analysis of the acoustic signal, generated by the ablation process, we are developing a feedback system to obtain in situ information of the ablation process and for differentiation between different biological tissue. We used a pulsed slab CO<sub>2</sub>-laser and piezoelectric sensors for sound detection. We studied the correlation of the acoustic ablation signal of different kinds of tissue in the frequency domain. Furthermore the time shift between the laser pulse and the optical signal generated by the ablation process is analyzed.

Q 20.6 Di 11:45 5J

**Bohrungen im biologischen Hartgewebe mit kurzgepulsten CO<sub>2</sub>-Lasern** — ●DANIELA HARBECKE<sup>1,2</sup>, MARTIN WERNER<sup>1,2</sup>, MANFRED KLASING<sup>1</sup>, MIKHAIL IVANENKO<sup>1</sup>, HENDRIK STEIGERWALD<sup>1</sup>, CHRISTIAN WAGNER<sup>1</sup> und PETER HERING<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Lasertechnologie Gruppe, Forschungszentrum caesar, Bonn — <sup>2</sup>Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf

Laserosteotomie - also das Abtragen von Knochengewebe - mittels kurzgepulster CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung bietet aufgrund geringer thermischer Schäden eine gute Möglichkeit, Bohrungen selbst von geringem Durchmesser ( $\leq 1$  mm) durchzuführen. Motivation war es, Bohrungen beliebiger Geometrie, Größe und Tiefe herstellen zu können, um z.B. darin Implantate einzusetzen. Solche Bohrungen sind in der Implantologie von großem Vorteil. Ein aktuelles Beispiel für die mögliche Anwendung dieser Laserbohrtechnik ist die Einsetzung eines Cochlea-Implantates. Die günstigsten Parameter für eine solche Anwendung mit einem kurzgepulsten CO<sub>2</sub>-Laser wurden ermittelt.

Bei der Lasermaterialbearbeitung nimmt die Abtragseffizienz der Bohrungen bei zunehmender Tiefe ab. Zusätzlich werden runde Bohrungen elliptisch. Gewünscht sind Bohrungen, die auch in der Tiefe zylindrisch und formtreu bleiben. Mithilfe einer Fokusverschiebung des Laserstrahls relativ zur Knochenoberfläche sowie einer Änderung des Kontur-/Füllmusterverhältnisses der Bohrung wurden Konizität und Elliptizität des Bohrloches stark vermindert.

Q 20.7 Di 12:00 5J

#### Untersuchungen zur Presbyopiebehandlung mittels fs-Laser

— ●HEIKE THEUER<sup>1</sup>, SILVIA SCHUMACHER<sup>1</sup>, UWE OBERHEIDE<sup>2</sup>, MICHAEL SCHÄFER<sup>1</sup>, MICHAEL FROMM<sup>1</sup>, TAMMO RIPKEN<sup>1</sup>, GEORG GERTEN<sup>2</sup> und HOLGER LUBATSCHOWSKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Laser Zentrum Hannover e. V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover — <sup>2</sup>Laserforum e. V., Schildergasse 107-109, 50667 Köln

Die als Presbyopie (Altersechtsichtigkeit) bezeichnete Einschränkung der Akkommodationsfähigkeit beruht auf dem natürlichen Alterungsprozess der Augenlinse von Geburt an. Die zum Fokussieren erforderliche Brechkraftzunahme wird erzielt, indem die Linse auf Grund ihrer elastischen Kräfte ihre kugelförmige Ruhelage anstrebt. Dieser Vorgang, Akkommodation genannt, wird durch die zunehmende Sklerosierung des Linsenkerns, verbunden mit einem Elastizitätsverlust der Linsenkapsel mit zunehmendem Alter beeinträchtigt und macht sich im Alter von etwa 45 Jahren bemerkbar. Momentan erfolgt die Korrektur der Presbyopie üblicherweise in Form einer Brille für die Nähe. Als Alternative bietet sich eine Laserbehandlung an, um der natürlichen Verhärtung der Linse und dem damit einhergehenden Verlust der Akkommodationsfähigkeit entgegen zu wirken. Hierbei werden mit Hilfe von fs-Laserpulsen Mikroschnitte in die Augenlinse eingebracht. Durch entsprechende Schnittgeometrien ergeben sich Gleitebenen, die eine Flexibilitätsrückgewinnung der Linse bewirken. Aktuelle Ergebnisse über die Auswirkungen der Behandlung auf die Geometrie der Augenlinse werden erläutert.

Q 20.8 Di 12:15 5J

#### Schwellwertbestimmungen zum Schneiden im biologischen Gewebe in Abhängigkeit der Repetitionsrate

— ●SARAH SCHMIDT, SILVIA SCHUMACHER, TAMMO RIPKEN, ALEXANDER HEISTERKAMP, WOLFGANG ERTMER und HOLGER LUBATSCHOWSKI — Laser Zentrum Hannover e. V., Hannover, Deutschland

Zunehmend werden fs-Laser zur Bearbeitung biologischer Materialien eingesetzt. Anwendungen finden sie beispielsweise bei der Fehlsichtigkeitskorrektur und in der Nanochirurgie an einzelnen Zellen. Obwohl das Schneiden mit fs-Laserpulsen sowohl im kHz- als auch im MHz-

Repetitionsratenbereich bereits erfolgreich angewendet wird, gibt es noch keine genauen Kenntnisse über die Zusammenhänge der Pulsenergie, Pulsanzahl und Repetitionsrate, die das effektivste Schneiden ermöglichen und somit eine optimale und schonende Behandlung garantieren. Um die Varianz des biologischen Gewebes bei den grundlegenden Versuchen zur Optimierung des Schneidens ausschließen zu können, wurden zunächst entsprechende Untersuchungen in Glas durchgeführt. Die Schwelle des optischen Durchbruchs wurde in Abhängigkeit der Repetitionsrate bei unterschiedlichen Numerischen Aperturen untersucht. Dabei wurde jeweils die Pulsanzahl variiert und somit eine Abhängigkeit zwischen der Anzahl der Pulse und der Leistung, bzw. der Repetitionsrate und der Pulsanzahl geschaffen. Anschließend wurden die gleichen Untersuchungen in Polyacrylamidgel, eine gewebeähnliche Substanz, bei der der Wassergehalt entsprechend des Gewebes variiert werden kann, durchgeführt. Die Ergebnisse und die unterschiedlichen, beobachteten Effekte werden präsentiert.

Q 20.9 Di 12:30 5J

#### Voll-digitale holographische Gesichtsvermessung mit einem kurzgepulsten Laser

— ●SVEN HIRSCH<sup>1,2,4</sup>, STEPHANIE HEINTZ<sup>1,3</sup>, ANDREA THELEN<sup>1</sup>, NICOLA GISBERT<sup>1</sup> und PETER HERING<sup>1,4</sup> — <sup>1</sup>Stiftung caesar, Ludwig-Erhard-Allee 2, 53175 Bonn — <sup>2</sup>Hightech Research Center of Cranio-Maxillofacial Surgery, University Hospital Basel, Schanzenstrasse 46, CH-4031 Basel — <sup>3</sup>Hochschule Furtwangen University, Robert-Gerwig-Platz 1, 78120 Furtwangen — <sup>4</sup>Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf, Universitätsstraße 1, 40225 Düsseldorf

Mit gepulster Holographie wird die Oberfläche eines lebenden Objektes dargestellt. Eine Referenzwelle wird mit der vom Objekt rückgestreuten Welle off-axis auf einem CCD-Sensor überlagert. Das Objekt wird mit einem einzigen Laserpuls (Nd:YAG) von 20 ns Länge holographisch erfasst. Mit Kenntnis der Aufnahmeparameter wird das ursprüngliche Wellenfeld schichtweise aus dem Interferenzmuster numerisch rekonstruiert. Die so berechneten Schnitte setzt man zu einem Bilderstapel zusammen.

Die räumliche Auflösung des reelen Bildes ist vom Objektabstand und der Sensorgröße abhängig und unterscheidet sich stark in lateraler (ca. 30  $\mu\text{m}$ ) und axialer (ca. 1 mm) Richtung. Im reelen Bild sind scharfe und unscharfe Bereiche überlagert. Durch Filterungen und Beleuchtungsoptimierung werden Artefakte im Bild unterdrückt. Ein numerisches Verfahren identifiziert scharfe Bildbereiche und setzt aus diesen eine Höhenkarte zusammen, gleichzeitig wird die Textur des Objektes pixelgenau extrahiert.