

## COPARS

Compressed Photoacoustic Remote Sensing - Komprimierte berührungslose photoakustische Bildgebung

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Kooperationsstrukturen, Kooperationsstrukturen, Bridge Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2023	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Photoakustik, UV Anregung, Berührungslos, Compressive Sensing		

### Projektbeschreibung

In den Biowissenschaften und der Medizin besteht ein großer Bedarf an hochauflösenden Bildgebungsverfahren, welche in Echtzeit sowohl strukturelle als auch funktionelle Bilddaten liefern und zugleich kostengünstig sind. Es gilt als unbestritten, dass der Einsatz solcher Verfahren eine umfassende Diagnose und Therapieverfolgung ermöglicht. Solch eine strukturelle und funktionelle Bildgebung ist nur durch Kombination mehrerer Modalitäten möglich. Dazu forscht die RECENDT gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern seit vielen Jahren in den Bereichen Photoakustische Bildgebung und Komprimierte Datenerfassung (Compressive Sensing), überwiegend in einem CD-Labor, in FWF - und FFG - Projekten. In der Photoakustik wird eine Probe meist mit einem Infrarot-Licht-Puls (einige Nanosekunden lang) bestrahlt. Das Licht wird in der Probe, z.B. im menschlichen Gewebe gestreut, wodurch eine optische Abbildung von tief liegenden inneren Strukturen nicht mehr möglich ist. Bestimmte Strukturen wie bspw. rote Blutkörperchen oder DNS absorbieren jedoch Licht einer bestimmten Wellenlänge besonders gut. Diese werden durch den Lichtpuls plötzlich leicht erwärmt und dehnen sich ruckartig aus. Die dabei erzeugte Druckwelle kann als Ultraschall detektiert werden und wird zur Bildgebung verwendet. In der Photoakustischen Mikroskopie wird das Licht fokussiert und die Probe damit abgerastert.

In diesem Projekt sollen für die photoakustische Bilderzeugung charakteristische Eigenschaften wie die „Sparsity“ der photoakustischen Signale genutzt werden, denn das gemessene Ultraschallsignal ist mit Ausnahme dort wo im Licht-Fokus absorbierende Strukturen angeregt wurden überall Null. Diese zusätzliche Information ermöglicht mit sogenannter L1-Minimierung die Rekonstruktion von Bildern mit weniger Messaufwand und dadurch eine wesentlich schnellere Messung. Weiters kann z.B. durch Simulation erzeugtes „Vorwissen“ zur Bildrekonstruktion mit damit trainierten neuronalen Netzen verwendet werden. Vorarbeiten zu diesen Themen wurden in einem demnächst erfolgreich abgeschlossenem FWF Projekt gemeinsam mit Markus Haltmeier, Professor für angewandte Mathematik in Innsbruck, geleistet. Die Anregung des photoakustischen Signals soll mit ultravioletten (UV) - Lichtpulsen geschehen – dadurch können weitere Strukturen wie z.B. Zellkerne sichtbar gemacht werden. Schließlich soll die Detektion des Ultraschallsignals berührungslos optisch erfolgen, worin die RECENDT durch zahlreiche Laser-Ultraschall Projekte weltweit zu den führenden Forschungsorganisationen gehört. Die Funktionalität dieser komprimierten berührungslosen photoakustischen Bildgebung (COPARS) soll an nicht-biologischen Phantomen, wie etwa strukturierten Mehrschicht-Polymerfolien, sowie an tierischen und menschlichen Gewebeproben

(Forschungspartner Pathologie Feldkirch) gezeigt werden. Der Verwertungspartner Prospective Instruments vertreibt Geräte und Methoden zur Abbildung von Gewebeschnitten mit Multiphotonen-Mikroskopie. Dabei können Zellkerne nur durch Einfärben der Schnitte sichtbar gemacht werden. Durch die hier erforschte COPARS Mikroskopie soll dies in Zukunft „label-free“ ohne Einfärbung erfolgen.

## **Abstract**

In the life sciences and medicine, there is a great need for high-resolution imaging techniques that provide both structural and functional image data in real time while being cost-effective. It is considered undisputed that the use of such techniques enables comprehensive diagnosis and therapy tracking. Such structural and functional imaging is only possible by combining multiple modalities. To this end, RECENDT has been conducting research together with national and international partners for many years in the fields of Photoacoustic Imaging and Compressive Sensing, predominantly in a CD laboratory, in FWF - and FFG - projects. In photoacoustics, a sample is usually illuminated with an infrared light pulse (a few nanoseconds long). The light is scattered in the sample, e.g. in human tissue, making optical imaging of deep internal structures impossible. However, certain structures such as red blood cells or DNA absorb light of a certain wavelength particularly well. These are suddenly heated slightly by the light pulse and expand abruptly. The resulting pressure wave can be detected as ultrasound and is used for imaging. In photoacoustic microscopy, the light is focused and the sample is thus scanned.

In this project, characteristic properties of photoacoustic imaging such as the "sparsity" of the photoacoustic signals are to be exploited, because the measured ultrasound signal is zero everywhere except where absorbing structures were excited in the light focus. With so-called L1 minimization, this additional information enables the reconstruction of images with less measurement effort and thus a much faster measurement. Furthermore, e.g. "prior knowledge" generated by simulation can be used for image reconstruction with neural networks trained with it. Preliminary work on these topics was done in a soon to be successfully completed FWF project together with Markus Haltmeier, Professor of Applied Mathematics in Innsbruck. The excitation of the photoacoustic signal will be done with ultraviolet (UV) light pulses - this will allow to visualize further structures like cell nuclei. Finally, the detection of the ultrasound signal shall be done contactless optically, where RECENDT is one of the leading research organizations worldwide due to numerous laser-ultrasound projects. The functionality of this Compressed Photoacoustic Remote Sensing (COPARS) microscopy will be demonstrated on non-biological phantoms, such as structured multilayer polymer films, as well as on animal and human tissue samples (research partner Pathologie Feldkirch). The exploitation partner Prospective Instruments distributes devices and methods for imaging tissue sections with multiphoton microscopy. In this process, cell nuclei can only be made visible by staining the sections. In the future, the COPARS microscopy researched here should enable this to be done "label-free" without staining.

## **Endberichtkurzfassung**

In den Biowissenschaften und der Medizin besteht ein großer Bedarf an hochauflösenden Bildgebungsverfahren, welche in Echtzeit sowohl strukturelle als auch funktionelle Bilddaten liefern und zugleich kostengünstig sind. Es gilt als unbestritten, dass der Einsatz solcher Verfahren eine umfassende Diagnose und Therapieverfolgung ermöglicht. Solch eine strukturelle und funktionelle Bildgebung ist nur durch Kombination mehrerer Modalitäten möglich. Dazu forscht die RECENDT gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern seit vielen Jahren in den Bereichen Photoakustische Bildgebung und Komprimierte Datenerfassung (Compressive Sensing), überwiegend in einem CD-Labor, in FWF - und FFG - Projekten. In der Photoakustik wird eine Probe meist mit einem Infrarot-Licht-Puls (einige Nanosekunden lang) bestrahlt. Das Licht wird in der Probe, z.B. im menschlichen Gewebe gestreut, wodurch eine optische Abbildung von tief liegenden inneren Strukturen nicht

mehr möglich ist. Bestimmte Strukturen wie bspw. rote Blutkörperchen oder DNS absorbieren jedoch Licht einer bestimmten Wellenlänge besonders gut. Diese werden durch den Lichtpuls plötzlich leicht erwärmt und dehnen sich ruckartig aus. Die dabei erzeugte Druckwelle kann als Ultraschall detektiert werden und wird zur Bildgebung verwendet. In der Photoakustischen Mikroskopie wird das Licht fokussiert und die Probe damit abgerastert.

In diesem Projekt wurden für die photoakustische Bilderzeugung charakteristische Eigenschaften wie die „Sparsity“ der photoakustischen Signale genutzt, denn das gemessene Ultraschallsignal ist mit Ausnahme dort wo im Licht-Fokus absorbierende Strukturen angeregt wurden überall Null. Diese zusätzliche Information ermöglichte mit sogenannter L1-Minimierung die Rekonstruktion von Bildern mit weniger Messaufwand und dadurch eine wesentlich schnellere Messung. Weiters konnte z.B. durch Simulation erzeugtes „Vorwissen“ zur Bildrekonstruktion mit damit trainierten neuronalen Netzen verwendet werden. Die Anregung des photoakustischen Signals erfolgte mit ultravioletten (UV) - Lichtpulsen - dadurch wurden Strukturen wie z.B. Zellkerne sichtbar gemacht. Schließlich erfolgte die Detektion des Ultraschallsignals berührungslos optisch, worin die RECENDT durch zahlreiche Laser-Ultraschall Projekte weltweit zu den führenden Forschungsorganisationen gehört. Die Funktionalität dieser komprimierten berührungslosen photoakustischen Bildgebung (COPARS) wurde an nicht-biologischen Phantomen, wie etwa strukturierten Mehrschicht-Polymerfolien, sowie an tierischen und menschlichen Gewebeproben (Forschungspartner Pathologie Feldkirch und Landeskrankenhaus Graz) gezeigt. Der Verwertungspartner Prospective Instruments vertreibt Geräte und Methoden zur Abbildung von Gewebeschnitten mit Multiphotonen-Mikroskopie. Dabei können Zellkerne nur durch Einfärben der Schnitte sichtbar gemacht werden. Durch die hier erforschte COPARS Mikroskopie kann dies in Zukunft „label-free“ ohne Einfärbung erfolgen.

### **Projektkoordinator**

- Research Center for Non Destructive Testing GmbH

### **Projektpartner**

- Prospective Instruments LK GmbH & Co KG
- Steiermärkische Krankenanstalten- gesellschaft m.b.H.
- Universität Innsbruck
- Vorarlberger Krankenhaus- Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung