

# IndMeth4AOcontrol

Industrial methods for Adaptive Optics control systems

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Bridge, Bridge - ÖFonds, 33. Ausschreibung BRIDGE 1 (Ö-Fonds 2019)   | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.01.2022   | <b>Projektende</b>     | 31.12.2024    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2022 - 2024  | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Mathematische Modellierung, Inverse Probleme, High Performance Computing, Adaptive Optik, Atmosphärische Tomographie |                        |               |

## Projektbeschreibung

Die astronomische Bilderfassung mit erdgebundenen Teleskopen leidet stark unter sich schnell verändernden optischen Effekten, welche Unschärfe und Kontrastverlust zur Folge haben. Diese Störungen werden durch Turbulenzen in der Erdatmosphäre ausgelöst. Für die Beobachtung von Himmelskörpern sind die Schärfe und der Kontrast der Bilder jedoch ausschlaggebend. Um die Bildqualität zu verbessern werden sogenannte Adaptive Optik (AO) Systeme eingesetzt. Diese Systeme basieren auf Wellenfrontsensoren, welche die Aberrationen der Lichtwellen erkennen, sowie verformbare Spiegel, welche mit Hilfe von geeigneten Kontrollalgorithmen gesteuert werden und so die atmosphärischen Störungen kompensieren. Für die nächste Generation von Riesenteleskopen, wie beispielsweise dem „Extremely Large Telescope“ der Europäischen Südsternwarte, steigen die Ansprüche an die AO Systeme um ein Vielfaches an. Riesige Mengen von Daten, kommend von den Wellenfrontsensoren, müssen in Echtzeit bearbeitet werden und tausende von Aktuatoren gesteuert, um die Spiegel zu verformen und so die Bildstörungen zu korrigieren. Zu diesem Zweck sind hoch optimierte Kontrollalgorithmen notwendig.

Das Ziel dieses Projektes ist es effiziente Methoden zur Steuerung von AO Systeme in die vom Industriepartner Microgate entwickelten Hardwarelösungen einzubauen. Um hervorragende Ergebnisse mit AO zu erreichen, ist die Kombination eines hocheffektiven Echtzeitrekonstruktors mit einer effizienten und akkuraten Modellierung des adaptiven Spiegels unumgänglich. Deshalb umfasst dieses Projekt zum einen die Implementierung eines parallelen und iterativen Löser zur Wellenfrontrekonstruktion in die kundenspezifischen Hardwarelösungen von Microgate basierend auf FPGAs. Zum anderen ist Microgate in das Design und die Konstruktion der adaptiven Spiegel der neuen Riesenteleskope involviert, welche die genaue und rechenintensive Simulation der Spiegeleigenschaften erfordern. Im Zuge dessen, zielt das Projekt darauf ab den digitalen Zwilling des elektromagnetischen Sekundärspiegels zu verbessern. Dieses Modell beinhaltet die Struktureigenschaften des Spiegels, die Interaktion mit dem Flüssigkeitsfilm zwischen Spiegel und Referenzkörper sowie den atmosphärischen Störungen. Der zweite Industriepartner MathConsult unterstützt das Projekt mit ihrem Knowhow in der Entwicklung von wartbaren und hoch performanten Softwarelösungen für F&E Projekte in der angewandten Mathematik. Diese Kooperation sichert den raschen Einsatz der Forschungsergebnisse nach erfolgreicher Projektabwicklung.

AO Kontrollsysteme werden von vielen Firmen nachgefragt und sind das Herz eines der fortschrittlichsten Technologien der Welt im Gebiet der astronomischen Forschung. Sie kommen nicht nur bei Riesenteleskopen zum Einsatz, sondern auch in den verschiedensten anderen Bereichen wie Mikroskopie, Ophthalmologie, Satellitenkommunikation und für klein- bis mittelgroße Teleskope im kommerziellen sowie dem privaten Sektor. Das ist der Grund, warum das Marktpotential dieses Projekts nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Zukünftig ermöglicht dieses Projekt Microgate und MathConsult ihr Produktportfolio zu erweitern und ihre Rolle im aufstrebenden Absatzmarkt von Kontrollsystemen zu stärken. Dies beeinflusst nicht nur die Industriepartner selbst positiv, sondern stärkt auch den gesamten High-Tech Sektor Südtirols und Österreichs und schafft innovative Arbeitsplätze.

## **Abstract**

Astronomical imaging with ground-based telescopes suffers from quickly varying distortions causing blurring and loss of contrast. These distortions are caused by turbulences in the earth's atmosphere. As sharpness and contrast of these images are essential for astronomical observations, so-called Adaptive Optics (AO) systems are applied. These systems are based on wavefront sensors for detecting aberrations of the light waves, deformable mirrors for compensation and appropriate control algorithms. For the next generation of Extremely Large Telescopes (ELTs), e.g., the Extremely Large Telescope of the European Southern Observatory, the demands to the AO systems will get much higher. In real-time huge amounts of data from sensitive wavefront sensors have to be processed and thousands of actuators of the deformable mirrors have to be controlled by elaborated algorithms.

The proposed project aims to implement efficient and accurate strategies for the control of AO systems into the hardware developed by the industrial partner Microgate. In order to obtain superb results with AO, it is inevitable to combine a highly effective Real Time Reconstructor, together with an efficient and accurate mirror model. On the one hand, this includes the implementation of a parallel, iterative solver for wavefront reconstruction on the fully customized solutions of Microgate based on FPGAs. On the other hand, Microgate is engaged in the final design and construction of the adaptive mirrors for the next generation of ELTs, which requires accurate and demanding simulations of the mirror dynamics. In this regard, the project aims to optimize the Digital Twin of the electromagnetically secondary mirror, which includes the structural dynamics, its interaction with the fluid film interposed between the mirror and its reference back plate and the disturbances due to local air turbulences. The second industrial partner MathConsult will contribute in their profound knowhow in developing maintainable high performance software for R&D projects in applied mathematics. This cooperation will ensure a fast commitment of the research after project completion.

AO control systems are requested by many companies, besides being the heart of the most advanced astronomical research in the world. They are deployed not only for ELTs, but also for various other areas such as microscopy, ophthalmology, satellite communication and small to medium-sized telescopes for the commercial as well as the private sector. This is the reason why the market potential of the proposed project cannot be overstated. In future, this project will enable Microgate and MathConsult to extend their product portfolio and to improve their positions in this emerging international market. Consequently, the South Tyrolian and Austrian high-tech industry will be strengthened and new and innovative workplaces are created.

## **Projektkoordinator**

- Universität Linz

## **Projektpartner**

- Microgate
- MathConsult GmbH.