

Euclid shears

Accurate weak lensing measurements with Euclid: Accounting for galaxy substructures and the cluster shear regime

Programm / Ausschreibung	Weltraum, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.07.2023	Projektende	30.06.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	ESA; Euclid; gravitational lensing; image simulation; galaxy substructures; galaxy colour gradients; galaxy clusters		

Projektbeschreibung

Das Energiebudget des Universums wird von dunkler Materie und dunkler Energie dominiert.

Die ESA Mission Euclid (Start geplant für 2023) hat das Potential, unser Verständnis dieser mysteriösen unsichtbaren Komponenten des Universums zu revolutionieren.

Hierfür wird Euclid mehr als ein Drittel des Himmels kartieren. Diese Daten sollen für ein breites Spektrum an wissenschaftlichen Analysen verwendet werden, wobei der Fokus dieses Antrags auf einer der beiden Primärmethoden Euclids liegt, dem schwachen Gravitationslinseneffekt. Dieser beschreibt, wie die Bilder von Galaxien verzerrt werden, wenn ihre Lichtbündel das Gravitationsfeld der Vordergrundmaterie durchlaufen. Durch Messung der Galaxienformen können diese Verzerrungen statistisch vermessen werden, um die von der dunklen Materie dominierte Massenverteilung im Vordergrund zu rekonstruieren und Einschränkungen an die Natur der dunklen Energie abzuleiten.

Im Vergleich zu bisherigen Programmen hat Euclid das Potential, Parametereinschränkungen um eine Größenordnung zu verbessern. Dies setzt aber voraus, dass die statistischen Verzerrungen mit einer nie dagewesenen systematischen Genauigkeit vermessen werden. Hierfür müssen die für Euclid entwickelten Scherungsmessungsalgorithmen zusätzlich mit Hilfe hochgradig realistischer Bildsimulationen kalibriert werden.

Zuletzt leite Tim Schrabback entsprechende Entwicklungsarbeiten an der Universität Bonn und diene zugleich als stellvertretender Leiter solcher Aktivitäten innerhalb des Bodensegments der Euclidkollaboration. Mit seinem Ruf an die Universität Innsbruck hat sich nun die Gelegenheit eröffnet, ein starkes Zentrum für Euclidbezogene Forschung an der Universität Innsbruck zu etablieren und entscheidende Beiträge zu den Euclid Bodensegmentarbeiten aus Österreich zu liefern.

Zur Durchführung entsprechender Arbeiten hatte er im Rahmen eines ASAP 2021 Antrags Mittel für zwei Postdocstellen beantragt. Leider konnten nur Mittel für eine dieser Stellen bewilligt werden, weshalb zwei wichtige Arbeitspakete bezüglich der Verwendung von Hubble Daten zur Euclid Scherungskalibration gestrichen werden mussten.

Diese sollen nun im Rahmen des beantragten ASAP 2022 Projekts bearbeitet werden. Hierbei müssen eine Reihe methodischer Anpassungen entwickelt und in die Euclidpipeline integriert werden, um dann Kalibrationskorrekturen für den

Einfluss von Galaxiensubstrukturen und -farbgradienten abzuleiten.

Zusätzlich soll die Euclidpipeline derart angepasst werden, dass auch die selteneren Himmelsareale massiver Galaxienhaufen realistisch simuliert werden. Diese weisen stärkere Scherungen und eine erhöhte Objektdichte auf, was die Kalibration beeinflusst. Die aus diesen Arbeiten abgeleiteten Kalibrationskorrekturen sind von entscheidender Bedeutung zur Durchführung kosmologischer Messungen basierend auf der Kombination der Euclidaten mit Galaxienhaufendurchmusterungen, welche einen der sensitivsten Ansätze zur Charakterisierung der Dunklen Energie darstellen.

Abstract

The Universe appears to be dominated by dark matter (driving the growth of structure) and dark energy (speeding up the expansion). ESA's upcoming Euclid mission (launch expected in 2023) has been designed to revolutionise our understanding of these invisible cosmic components. For this, Euclid will obtain optical and Near-Infrared observations of more than one third of the sky.

These data will be used for a wide range of science applications, where this proposal focuses on one of Euclid's primary cosmological probes: weak gravitational lensing. This effect describes image distortions that are imprinted onto the observed shapes of galaxies when their light bundles pass through the gravitational field of foreground structures. By measuring the shapes of galaxies these distortions can be probed statistically, enabling reconstructions of the dark matter-dominated mass distribution and constraints on the nature of dark energy via the cosmic growth of structures.

Compared to previous experiments Euclid has the potential to achieve an order-of-magnitude improvement in resulting constraints. However, we will only be able to make use of this potential if we manage to measure weak lensing shears with an unprecedented systematic error control. For this, shear measurement algorithms are being implemented into the Euclid pipeline, but to meet the stringent requirements they must be calibrated using highly realistic image simulations.

Tim Schrabback led corresponding efforts at Bonn University and acted as deputy-lead for these activities within the ground segment of the international Euclid collaboration. With his recent appointment as a professor of astrophysics at Innsbruck University an opportunity has arisen to establish a strong centre for Euclid-related research at Innsbruck University and to provide key contributions to the Euclid Ground Segment efforts from Austria. To start these activities, he requested funding for two postdoc positions in an ASAP 2021 proposal. Unfortunately, only one position could be funded, which is why two key work packages regarding the use of Hubble data as input to Euclid image simulations had to be dropped.

This work should now be conducted as part of this ASAP 2022 proposal. Here we will first conduct import algorithmic developments and implement these algorithms into the Euclid pipeline, in order to derive shear bias corrections for the impact of galaxy substructures and colour gradients.

In addition, we propose to advance the Euclid image simulation pipeline such that not only common lines-of-sight, but also more rare galaxy cluster fields are accurately rendered. They feature stronger shears and increased blending, affecting shear biases. This effort will provide a refined Euclid lensing calibration for the cluster regime. This is critically needed for accurate lensing-calibrated cluster cosmology studies, which provide one of the most sensitive routes to characterise the nature of dark energy.

Projektpartner

- Universität Innsbruck