

Euclid DR2 shears

Weak lensing shear calibration and validation for Euclid's Data Release 2

Programm / Ausschreibung	WRLT 24/26, WRLT 24/26, ASAP 2025	Status	laufend
Projektstart	01.01.2026	Projektende	31.12.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	ESA; Euclid; Weak lensing; Image simulations, shear calibration		

Projektbeschreibung

Das neue ESA Weltraumteleskop Euclid liefert hochaufgelöste Bilder eines Großteils des extragalaktischen Himmels. Sein Hauptziel ist die Erforschung der unsichtbaren Bestandteile des Universums: der Dunklen Materie, die das gravitative Anwachsen der Strukturen antreibt, und der Dunklen Energie, die die Expansion des Kosmos beschleunigt.

Eine der beiden wichtigsten kosmologischen Methoden, die Euclid verwendet, ist der schwache Gravitationslinseneffekt. Dieser Effekt beschreibt Verzerrungen von Galaxienbildern, welche erzeugt werden, wenn deren Lichtbündel das Gravitationspotential von Vordergrundstrukturen durchlaufen. Diese Methode bietet einen einzigartigen Ansatz, um die Massenverteilung im Vordergrund und damit das Anwachsen kosmischer Strukturen zu untersuchen.

Angesichts der enormen statistischen Sensitivität von Euclid müssen die zugrunde liegenden Messungen der Galaxienformen mit beispielloser systematischer Genauigkeit durchgeführt werden. Daher ist es unerlässlich, die verwendeten Algorithmen anhand umfangreicher, hochgradig realistischer Bildsimulationen zu testen und zu kalibrieren.

Im Rahmen früherer ASAP-Projekte hat unsere Forschungsgruppe an der Universität Innsbruck zentrale Beiträge zur simulationsgestützten Scherungskalibrierung und Messung des schwachen Gravitationslinseneffekts für Euclid's bevorstehendes Data Release 1 (DR1) geleistet.

Um die höheren Genauigkeitsanforderungen der nachfolgenden Datenveröffentlichungen zu erfüllen, sind jedoch noch erhebliche Weiterentwicklungen und verbesserte Kalibrationen erforderlich.

Dieser Antrag konzentriert sich auf Data Release 2 (DR2), welches im Vergleich zu DR1 ein mehr als doppelt so großes Himmelsareal abdecken wird. Aufbauend auf unseren DR1-Arbeiten schlagen wir vor, wichtige Beiträge zur Verarbeitung, Kalibrierung und Validierung der Euclid Gravitationslinsendaten für Data Release 2 zu leisten. Hierbei liegt ein Schwerpunkt auf der Erhöhung des Realismus der Euclid Bildsimulationen, um die strengen DR2 Genauigkeitsanforderungen bezüglich der Scherungskalibrierung zu erfüllen.

Dazu planen wir 1) umfangreiche Vergleiche zwischen Euclid Bildern und simulierten Daten durchzuführen, 2) neue vom Hubble-Weltraumteleskop gemachte Mehrfilter-Aufnahmen des COSMOS-Feldes zu integrieren, um den Bestand geeigneter

Daten zur Korrektur von Scherungsmessungsfehlern durch Farbgradienten mehr als zu verdoppeln und so eine adäquate tomographische Korrektur abzuleiten, und 3) unseren Deep-Learning-Ansatz zur Generierung realistischer Galaxienmorphologien mit dem von uns in die Euclid-Analyse integrierten Vine-Copula-Ansatz zu kombinieren. Letzterer hat das Ziel, die Verteilungen gemessener Galaxienformparameter zwischen den Euclid Daten und den Bildsimulationen in Einklang zu bringen.

Die vorgeschlagenen Arbeiten werden wichtige Beiträge zum Euclid Data Release 2 liefern. Gleichzeitig planen wir, die resultierenden Datenprodukte bezüglich des schwachen Gravitationslinseneffekts unter Federführung von Mitgliedern unseres erweiterten Euclid-Teams in Innsbruck für wissenschaftliche Untersuchungen einzusetzen, welche somit zu wissenschaftlichen Publikationen basierend auf Euclid-Daten aus Österreich führen.

Abstract

ESA's new space telescope Euclid is obtaining high-resolution images for most of the extra-galactic sky. It has the primary goal to study the invisible components of the Universe, dark matter, which drives the growth of structure, and dark energy, which speeds up the expansion of the Cosmos.

One of the two primary cosmological probes employed by Euclid is weak gravitational lensing. This effect describes image distortions that were imprinted onto the observed shapes of galaxies when their light bundles passed through the gravitational potential of foreground structures. This technique provides a unique angle to probe the foreground mass distribution and thereby the cosmic growth of structure.

Given Euclid's enormous statistical constraining power, the underlying measurements of galaxy shapes must be conducted with unprecedented systematic accuracy. This makes it indispensable to test and calibrate the employed algorithms on large sets of highly realistic image simulations.

In the context of earlier ASAP projects, our research group at Innsbruck University has been providing central contributions to the weak lensing data processing and shear calibration for Euclid's upcoming first main Data Release 1 (DR1).

However, substantial further development and additional calibrations are needed in order to reach the more stringent accuracy requirements of the larger following releases.

This proposal focuses on Data Release 2 (DR2), which will more than double the sky coverage compared to DR1. Directly building up on our DR1 efforts, we propose to provide key contributions to the Euclid weak lensing data processing, calibration, and validation for the DR2 release. A central focus of our efforts will be on further increasing the realism of the Euclid weak lensing image simulations, in order to meet the stringent accuracy requirements of the DR2 weak lensing calibration. For this we plan to 1) conduct extensive comparisons between the Euclid survey data and simulated data, 2) incorporate new Hubble Space Telescope multi-band imaging of the COSMOS field to more than double the suitable calibration data for the correction of weak lensing color gradient bias, in order to derive an adequate tomographic correction, and 3) combine our deep learning approach for the generation of realistic galaxy morphologies with the vine copula mapping that we incorporated into the Euclid analysis to match distributions of measured shape parameters between Euclid survey data and simulations.

This work will provide key contributions to the Euclid DR2 data release. At the same time the resulting data products will be used for weak lensing science investigations led by members of our wider Euclid team in Innsbruck, leading to Euclid science publications from Austria.

Projektpartner

- Universität Innsbruck