

## Euclid weak lensing

Weak lensing shear calibration for the Data Release 1 of ESA's Euclid mission

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 18. Ausschreibung (2021)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.11.2022	<b>Projektende</b>	30.04.2026
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	42 Monate
<b>Keywords</b>	Euclid; weak gravitational lensing; shape measurements; image simulations		

### Projektbeschreibung

Die bevorstehende ESA Kosmologie- und Astrophysikmission Euclid hat das Ziel, unser Verständnis der sichtbaren und der unsichtbaren Komponenten des Universums zu revolutionieren. Dieses neue Weltraumteleskop wird tiefe Himmelsaufnahmen mit einem Auflösungsvermögen gewinnen, das beinahe dem des berühmten Hubble Weltraumteleskops entspricht. Anders als Hubble wird Euclid dank seines 200-fach größeren Gesichtsfeldes jedoch erstmals in der Lage sein, derartige Beobachtungen für einen Großteil des extragalaktischen Himmels zu gewinnen.

Eine der beiden primären Methoden, welche die Euclid Mission für kosmologische Messungen verwendet, ist der schwache Gravitationslinseneffekt. Dieser beschreibt, wie die Bilder von Hintergrundgalaxien kohärent verzerrt werden, wenn ihre Lichtbündel das Gravitationspotential der Materiekonzentrationen im Vordergrund durchlaufen. Durch die akkurate Vermessung der Formen dieser Hintergrundgalaxien ist es möglich, statistische Einschränkungen an die Verzerrungen abzuleiten. Dies ermöglicht die Rekonstruktion der Massenverteilung im Vordergrund, welche von der unsichtbaren dunklen Materie dominiert wird. Analysen derartiger Messungen als Funktion der Rotverschiebung (und somit der Lichtlaufzeit) ermöglichen es, das gravitative Anwachsen kosmischer Strukturen einzuschränken, was einen der sensitivsten Ansätze liefert, um die Natur der dunklen Energie zu studieren. Diese mysteriöse Substanz scheint das kosmische Energiebudget zu dominieren und die Expansion des Universums zu beschleunigen. Ihr wahre physikalische Natur ist aber noch weitgehend unverstanden.

Verglichen mit früheren führenden Untersuchungen zum schwachen Gravitationslinseneffekt hat Euclid das Potential, Parametereinschränkungen um etwa eine Größenordnung zu verbessern. Es wird jedoch nur möglich sein, diese herausragende Sensitivität zu nutzen, wenn wir es schaffen, die zugrundeliegende Scherungsmessung mit einer nie dagewesenen Ergebnistreue unter Anwendung akkurater Korrekturen für systematische Fehler durchzuführen. Aktuell werden hierfür Algorithmen zur Vermessung der Formen der Galaxien und der resultierenden Scherungsbestimmung implementiert und in die Euclidpipeline integriert. Um die wissenschaftlichen Anforderungen zu erfüllen, sind jedoch weitere Kalibrationen der Algorithmen erforderlich, welche der Gegenstand des hier beantragten Projekts sind.

Tim Schrabback hat die Entwicklung entsprechender Algorithmen an der Universität Bonn geleitet und zugleich die

stellvertretende Leitung dieser Aktivitäten innerhalb des Euclid Bodensegments ausgeübt.

Mit seiner Berufung auf eine Professur für Astrophysik mit Schwerpunkt Extragalaktik an der Universität Innsbruck zum September 2022 ergibt sich nun eine Gelegenheit, ein starkes Zentrum für Euclid-bezogene Forschung an der Universität Innsbruck zu etablieren und entscheidende Beiträge für die Euclidanalyse aus Österreich zu liefern.

Zur Durchführung entsprechender Arbeitsbeiträge in Innsbruck wurden im ursprünglichen Projektantrag zwei PostdoktorandINNeinstellen für je drei Jahre beantragt. Infolge einer reduzierten Förderempfehlung wurde der Antrag angepasst und konzentriert sich nun auf einen Teil der ursprünglich vorgesehenen Arbeitspakete.

Im Rahmen der Projektarbeiten sollen Bildsimulationen typischer Euclidbeobachtungen erstellt und analysiert werden, um die innerhalb der Euclidpipeline implementierten Algorithmen zur Messung des kosmischen Scherungssignals robust für das Euclid Data Release 1 zu kalibrieren.

Hierbei soll ein Teil der simulierten Datensätze komplementäre photometrische Messdaten beinhalten, um tomographische Selektionen zu ermöglichen. Basierend auf den durchgeführten Analysen sollen wichtige Korrekturen für die tomographische Scherungskalibration bezüglich der Einflüsse von benachbarten Galaxien, Selektionseffekten und Tiefenvariationen abgeleitet werden.

Zusätzlich sollen Metriken entwickelt werden, welche die Eigenschaften der Simulationen mit den tatsächlich gewonnenen Euclidbeobachtungen vergleichen, um die Gültigkeit der abgeleiteten Kalibrationen sicherzustellen. Ferner ist eine Mitwirkung an der Prozessierung und Qualitätskontrolle der Euclid Scherungsdaten vorgesehen.

Dieses Projekt ist in die große internationale Euclidkollaboration eingebunden, welche den am Projekt arbeitenden Nachwuchsforschenden exzellente Möglichkeiten zur wissenschaftlichen Entfaltung und weiteren Karriereentwicklung bietet.

## **Abstract**

ESA's upcoming astrophysics and cosmology mission Euclid has been designed to revolutionise our understanding of the visible and invisible components of the Universe. This new space telescope will obtain deep images with a resolution that almost matches the famous Hubble Space Telescope. However, unlike Hubble, Euclid will for the first time provide such observations over most of the extragalactic sky thanks to its 200 times larger field of view.

One of the two primary cosmological probes employed by Euclid is weak gravitational lensing. This effect describes coherent image distortions, which are imprinted onto the observed shapes of background galaxies when their light bundles pass through the gravitational potential of foreground structures. By accurately measuring the shapes of background galaxies we can extract these distortions statistically, allowing us to reconstruct the foreground mass distribution, which is dominated by the invisible dark matter. Conducting such measurements as a function of redshift (and thereby look-back time), allows us to constrain the gravity-driven cosmological growth of structure, providing one of the most sensitive routes to study the nature of dark energy. This mysterious substance seems to dominate the cosmic energy budget and drive the accelerated expansion of the Universe, but its true physical nature is still unclear.

Compared to previous leading weak lensing experiments, Euclid has the potential to achieve an order-of-magnitude improvement in the cosmological and astrophysical constraining power. However, we will only be able to make use of this

outstanding sensitivity if we manage to measure weak lensing shears with an unprecedented accuracy and systematic error control. For this, galaxy shape and shear measurement algorithms are currently being implemented and integrated into the Euclid pipeline, but in order to meet the stringent science requirements they require further calibrations, which are the subject of the proposed project.

Tim Schrabback led the development of such shape measurement algorithms for Euclid at Bonn University and also acted as deputy-lead for these efforts within the ground segment of the international Euclid collaboration. With his appointment as a professor for extragalactic astrophysics at Innsbruck University starting in September 2022, an opportunity has arisen to establish a strong centre for Euclid-related research at Innsbruck University, and to provide key contributions to the Euclid analysis from Austria.

To enable this work in Innsbruck, funding for two postdoctoral positions was requested in the original project proposal. Given a recommendation for reduced funding this proposal was adjusted and concentrates on parts of the originally proposed work packages.

In the project we will create and analyse simulations of typical Euclid imaging observations in order to calibrate the algorithms that are currently being implemented for cosmic shear measurements with Euclid's Data Release 1 . A part of the simulations will also include multi-band photometric data as needed for tomographic selections. Based on the conducted analyses important corrections should be determined for the tomographic shear calibration regarding the impact of neighbouring galaxies, selection effects, and depth variations.

In addition, metrics should be developed, which compare the properties of the simulations and the actual Euclid observations in order to verify the validity of the calibration. Furthermore, it is anticipated that group members contribute to the processing and quality control of the Euclid shear data.

The project will be embedded into the large international Euclid collaboration, providing excellent conditions for the scientific and career-wise development of the junior scientists.

## **Projektpartner**

- Universität Innsbruck