GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht

Verbund: 05A2021 - ELT-MOS

Zuwendungsempfänger:	Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
Projektleitung:	Dr. Andreas Kelz
E-Mail:	akelz@aip.de
Förderkennzeichen:	05A21BAA
Förderzeitraum:	01.12.2021 - 31.12.2023
Zuwendung:	250.000,00 €
Projektträger:	Projektträger DESY
Zusätzlicher Kontakt:	pnihsen@aip.de
Zusätzlicher Name:	Petra Nihsen

Genutzte Großgeräte:	Labor	Gerät	Experiment
	ESO	ELT	

Diplomarbeiten:	0
Dissertationen:	0
Habilitationen:	0
Referierte Publikationen:	10
Andere Veröffentlichungen:	7
Patente:	0
Bachelorarbeiten:	0
Masterarbeiten:	0
Staatsexamen:	0

Dieser Bericht wurde beim Projektträger über einen individuellen Online-Zugang vom Projektleiter eingereicht und am 16.07.2024 18:30 für eine Veröffentlichung freigegeben.

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:	Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
Projektleitung:	Dr Andreas Kelz
Verbund:	Verbundprojekt 05A21BAA , MOSAIC-PD
Thema:	ELT-MOS: Vorläufiges Design für den ELT Multi-Objekt Spektrographen

Zusammenfassung

Die astrophysikalische Forschung ist für Beobachtungen des Universums auf leistungsfähige Instrumente an Großteleskopen angewiesen. Diese Instrumente sind meistens spezialisierte Unikate für bestimmte wissenschaftliche Zielsetzungen. Die Entwicklung dieser Geräte ist langwierig, komplex und erfolgt oft an den Grenzen dessen, was technologisch machbar ist. Auf diese Weise profitiert die Astronomie einerseits von neuen Technologien und treibt andererseits die Entwicklung in Hard- und Software voran. Dafür bedarf es der Zusammenarbeit zwischen mehreren Instituten in internationalen Konsortien und industriellen Partnern in der Optik, Photonik, Mechanik und (Detektor-)Elektronik. Durch die Mitgliedschaft in der Europäischen Südsternwarte (ESO) hat Deutschland einen Zugang zu den weltweit führenden bodengebundenen Observatorien für optische und nah-infrarote Beobachtungen. Dies ist zum einen das seit 25 Jahren sehr erfolgreich arbeitende Very Large Telescope (VLT) auf dem Cerro Paranal, und zum anderen das im Bau befindliche Extremely Large Telescope (ELT) auf dem Cerro Armazones, beide in Chile.

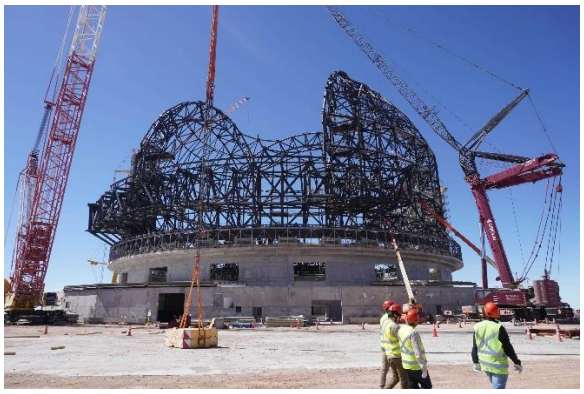
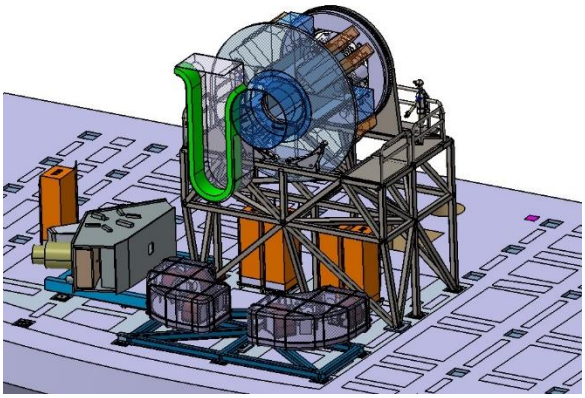
Mit einem Hauptspiegeldurchmesser von 39 Metern wird das ELT das größte Teleskop der Welt für den optischen und Nah-Infrarot-Bereich sein. Mit einem konsequent auf adaptive Optik (AO) ausgelegten optischen Design wird das ELT beugungsbegrenzte Bilder mit einer enormen lichtsammelnden Fläche liefern und damit bislang für konventionelle Teleskope unerreichbare Parameterräume für Beobachtungen erschließen. Die hohe Winkelauflösung, verbunden mit der großen lichtsammelnden Fläche, bedeutet eine Alleinstellung des ELT für Bildgebung und Spektroskopie im weltweiten Vergleich. Die Entwicklung eines Multi-Objekt Spektrographen (MOS) für das ELT ist eines der fünf geplanten Instrumentierungsprojekte seitens der Europäischen Südsternwarte. Ein Konsortium aus europäischen Instituten hat das MOSAIC Konzept entwickelt, welches von der ESO für den ELT-MOS ausgewählt wurde. MOSAIC kombiniert verschiedene Beobachtungsmodi, einerseits werden mittels Multi-Objekt Spektroskopie hunderte von Sternen bzw. Galaxien im optischen und im infraroten Spektralbereich gleichzeitig beobachtet, des Weiteren wird MOSAIC bildgebende Spektroskopie mittels Integral-Feldeinheiten ermöglichen. Für alle Modi werden optische Glasfasern benötigt, welche das Licht von der Fokalebene des Teleskops zu den Spektrographen leiten. Die Entwicklung und der Bau des optischen Glasfasersystems ist das technische Arbeitspaket des AIP, basierend auf seiner Expertise mit diversen Vorläufer-Instrumenten.
Die wissenschaftlichen Themen für solch einen Spektrographen sind vielfältig, aber vor allem geht es um die Detektion und Analyse der ältesten Sterne und der entferntesten Galaxien im Universum, und deren Entwicklung über die kosmischen Zeitskalen hinweg.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

Bericht

1 Aufgabenstellung und Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Während die ESO die Teleskope baut und die Observatorien betreibt, werden die Hochleistungs-Instrumente von europäischen astronomischen Instituten konzipiert und entwickelt. Das Rahmenprogramm "Erforschung von Universum und Materie" ermöglicht die Teilnahme an solchen Instrumentierungsprojekten für Institute in Deutschland.
Auf deutscher Seite handelt es sich bei ELT-MOS/MOSAIC um ein Verbundprojekt zwischen den Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP) und der Landessternwarte der Universität Heidelberg (LSW). Das AIP verantwortet das optische Glasfasersystem zwischen der Teleskop-Fokalebene und den Spektrographen. Die LSW entwickelt den visuellen Spektrographen mit hoher und mittlerer Auflösung. Während des Vorhabens wurden die Spezifikationen festgelegt und die System-Architektur erstellt. Für das Fasersystem wurde durch das AIP-team opto-mechanische Designs erstellt, insbesondere wurde an den Schnittstellen für die benachbarten Untersysteme inkl. des Toleranz-Budgets gearbeitet.

Links: Baufortschritt am europäischen Extremely Large Telescope auf dem Cerro Armazones (Ende 2023). Rechts: Das derzeitige mechanische Model des MOSAIC Instruments für das ELT. Hunderte von optischen Glasfasern (das Arbeitspaket des AIP) leiten das Licht von der Fokalebene des Teleskops auf der oberen Plattform zu den visuellen Spektrographen (AP des LSW) und den nah-infraroten Spektrographen darunter.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die wissenschaftlichen Ziele für MOSAIC am ELT reichen von der Analyse der an den weitesten entfernten Galaxien in der Frühphase des Universums und deren Entwicklung, bis zu aufgelösten Sternen-Populationen in relativ nahen Galaxien. Ein AIP-Wissenschaftler (Dr Krajnovic) leitet die MOSAIC science working group 2 "Inventory of matter". Weitere wissenschaftliche Themen mit Bezug zu Arbeitsgruppen am AIP sind z.B. die Untersuchungen von Galaxien und aktiven Galaxienkernen, die zirkum-galaktische Materie, Lyman-alpha Galaxien, Stellare Populationen, Sternenhaufen).

Ebenso wird MOSAIC spektroskopische Nachuntersuchungen ermöglichen für Objekte, welche durch das Weltraum-Teleskop James Webb (JWST) und die Euclid- und Athena-Missionen der europäischen Weltraumagentur ESA entdeckt werden.

Mit MOSAIC soll ein Instrument am ELT entstehen, welcher einerseits Multi-Objekt Spektroskopie.im optischen und infrarotem Spektralbereich ermöglicht, sowie einen Modus für aufgelöste Integralfeld-Spektroskopie besitzt. In dem europäischen MOSAIC Konsortium übernimmt das AIP, aufgrund seiner Erfahrungen (z.B. durch die Instrumentenentwicklungen für PMAS, VIRUS, MUSE und 4MOST), die Arbeitspakete für das Fasersystem zwischen Fokalebene und Spektrographen, inklusive der Untersuchung des Modentransports in optischen Fasern. Bei diesem Thema existiert zudem eine Verbindung zu dem Innovationszentrum für optische Faserspektroskopie und Sensorik (innoFSPEC).

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

Bezüglich eines 3D-Faserspektrographen an einem Großteleskop besitzt das VIRUS Instrument am 10m Hobby-Eberly Teleskop (HET) ein weltweit einzigartig großes Gesichtsfeld. Das AIP hat hierfür das Fasersystem von 78 Integral-Field-Units mit insgesamt über 35.000 Fasern konstruiert und gebaut. Die Integration und Inbetriebnahme von VIRUS am HET lieferte dem team wertvolle Erfahrungen, welche von großer Relevanz für die Entwicklung des MOSAIC Fasersystems sind.

Derzeit leitet das AIP das 4MOST Projekt für das ESO-VISTA Teleskop. 4MOST ist ein Multi-Objekt Spektrograph mit über 2400 positionierbaren Fasern und drei Spektrographen, mit niedriger und hoher Auflösung. 4MOST wird verschiedenste spektroskopische Surveys durchführen, von Galaktischer Archäologie bis zur Kosmologie. Durch 4MOST stärkt das AIP nicht nur sein technisches know-how, sondern sammelt auch Erfahrung im Projektbüro und Management von internationalen Großprojekten und mit den ESO-Standards und Prozeduren. 4MOST ist somit in technologischer und wissenschaftlicher Sicht ein direkter Vorläufer eines MOS am ELT.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens sowie Kooperation mit Dritten

Da MOSAIC ein Instrumentierungsprojekt für die Europäische Südsternwarte (ESO) ist, folgt das ganze Vorhaben dem üblichen Ablauf bei der ESO. Nach der Projekt-Auswahl wird für das Instrument eine Konzeptstudie erstellt, danach durchläuft es die (vorläufige und finale) Designphase, bevor es nach einer Begutachtung für den Bau freigegeben wird. In der Förderperiode befand sich MOSAIC in der Phase-B1 (Spezifizierung & vorläufiges Design).

Dieses Projekt ist in ein europäisches Konsortium eingebunden. Neben den auch im Verbundprojekt kooperierenden Instituten (Landessternwarte, Universität Heidelberg, LSW und Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, AIP) sind folgende Partnerinstitute bei MOSAIC beteiligt:

- Laboratoire d'Astrophysique de Marseille – LAM, Marseille, FR (leitendes Institut)
- Observatoire de Paris – GEPI, Paris, FR
- Insititute de Recherche en Astrophysique et Planetology – IRAP, Toulouse, FR
- UK Astronomy Technology Center – ATC, UK
- Center for Advanced Instrumentation – CfAI, Durham, UK
- University of Oxford, RALspace, Oxford, UK
- Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie – NOVA, NL
- Université de Genève, CH
- Astrophysikalisches Institut Postdam – AIP, DE
- Landessternwarte Heidelberg – LSW, DE
- Laboratório Nacional de Astrofísica, BR

Das AIP ist auch bei den wissenschaftlichen Themen (insbesondere in der Science Working Group 2 und durch seinen Direktor im Steering Committee vertreten.

Der Ablauf der Verbundprojekts ist eingebettet in den MOSAIC und ESO Zeitplan für die ELT-MOS Instrumentierung, welche im Förderzeitraum u.a. folgende Ereignisse aufwies:

- MOSAIC general science & technical meeting – Jan. 2022
- Systems Trade-off meeting – Mai 2022
- Kick-off meeting für die Phase B1 – März 2023
- Progress meetings #2 und #3, Konsortium mit der ESO (Sep. & Dez. 2023)
- VIS-channel meeting – Nov. 2023

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

4 Verwendung der Zuwendung (wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises, z. B. Investitionen, Personalmittel)

Die Ausgabenplanungen wurden eingehalten. Die beantragten Gelder wurden größtenteils (zu 88%) für die Personalkosten der im Projekt beschäftigten wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter, sowie für Beschäftigungsentgelte, verausgabt. Ein kleinerer Posten (3%) betraf die Dienstreisen zu den Projekttreffen des MOSAIC Konsortiums innerhalb Europas und zu relevanten Konferenzen und Tagungen. Mittel für Gegenstände und Aufträge wurden in dieser Phase des Projekts nicht beantragt.

Das Teilprojekt des AIP wurde wie beantragt bearbeitet, wobei eine kostenneutrale Laufzeitverlängerung (vom 1.7. bis zum 31.12.2023) beantragt, genehmigt und genutzt wurde.

5 Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vereinbarten Ziele

Das wichtigste formale Ergebnis in dieser Berichtsperiode war die offizielle Signatur der ESO für die Phase-B1 des MOSAIC-Projekts. Wissenschaftlich wurden sechs Science Working Groups (SWG) etabliert, von denen die SWG-2 vom AIP koordiniert wird. Technologisch wurden wichtige trade-off Studien abgeschlossen, welche das Gesamtsystem betreffen (z.B. bzgl. eines Atmospheric Dispersion Compensators, des Faser-Positionierers und ihrer Schnittstellen und des Spektrographen-Konzepts). Die (mittlerweile erfolgte) Specification & Architecture Review (SAR) wurde vorbereitet.

Der Stand der Arbeitspakete zum Projektendende ist nachfolgend zusammengefasst:

Ziele des Arbeitspakets/ Teilpakets	Stand zum Ende der Projektlaufzeit	Erläuterungen
AP1: MOSAIC Visible Fiber System	Erarbeitung einer Konzeptstudie zum optischen Faser-system und Architektur-Design für das Vis-FibreLink Untersystem. Zuarbeiten für trade-off Studien für einen Atmosphärischen Dispersions-Korrektor (ADC) und den optimalen Fasergrößen. CAD zu den Faser-Systemen	Teilprojekt: AIP
AP2: MOSAIC Visible Spectrograph	Diverse optische Design-Studien für den visuellen Spektrographen von MOSAIC. Analyse und Machbarkeitsstudie, Trade-off zwischen Multiplex, Auflösung und Bandbreite, Effizienz und Machbarkeit	Teilprojekt: LSW
AP3: Observing Software	Start des Teilprojekts aufgrund von Verzögerungen (COVID, ESO-Vertragsunterzeichnung) verschoben	Teilprojekt: LSW
AP4: Fiber Cable Prototyping	Aufbau eines Faser-Teststandes für Transmission und Focal Ratio Degradation Messungen	Teilprojekt: AIP
AP5: Science, Operation, Training	Entwicklung und Leitung des MOSAIC Science Working Group #2: Inventory of Matter Präsentationen bei der SPIE-Konferenz AS2022	AIP & LSW
AP6: Project Management	Zuarbeit für das MOSAIC Consortium Agreement Begutachtung und Zuarbeit für die Top Level Instrument Requirements, Berichterstattung gegenüber dem Projektbüro und der ESO. Project meetings und reviews.	AIP & LSW

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

Damit konnten die konkreten Ziele in dem Förderzeitraum dieses Projekts erreicht werden. Zusätzlich wurde im Rahmen des Vorhabens die Rolle der Verbundpartner in Potsdam und Heidelberg sowohl innerhalb des Konsortiums, wie auch international gestärkt und dessen wissenschaftlich-technischer Nachwuchs ausgebildet.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Alle durchgeführten Arbeiten waren im Arbeitsplan des Teilprojekts so vorgesehen und sind für den Erfolg notwendig gewesen.

7 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die wissenschaftlichen, methodischen und technischen Ergebnisse in dieser Förderperiode werden vorwiegend durch die Zusammenarbeit mit dem MOSAIC Konsortium in der nächsten Projektphase genutzt. Die geplante Entwicklungs- und Bauzeit eines Instruments für das ELT beträgt über eine Dekade. Nach dem üblichen Prozedere bei der ESO, werden die Ergebnisse der vorläufigen Design Studie, nach entsprechender Begutachtung, direkt in die nächste Projekt-Phase einfließen, dem MOSAIC final design und kommen somit vor allem dem Projekt und dem Instrument selbst zu Gute.

Die spätere wissenschaftliche Nutzung des ELT-MOS Instrumentes wird nach der Inbetriebnahme durch die gesamte astronomische Nutzergemeinschaft der ESO erfolgen, aber mit bevorzugtem Zugang für das Konsortium mittels garantierter Beobachtungsnächte am ELT.

8 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

International gibt es neben dem europäischen ELT zwei weitere geplante Großteleskope, die beide einen Multi-Objekt-Spektrographen vorsehen. Dies sind zum einen das Wide Field Optical Spectrometer (WFOS) und das Infrared Multi-Object Spectrometer (IRMS) des Thirty Meter Telescopes (TMT) auf Hawaii; zum anderen der Visible Multi-Object Spectrograph (GMACS) am Giant Magellan Telescope des Las Campanas Observatoriums in Chile. Diese Projekte beinhalten teilweise komplementäre, teilweise konkurrierende Aspekte zu dem europäischen Gerät. Diese Pläne waren bei der Antragsstellung bereits bekannt, denn sie hatten ähnliche Zeitskalen.

Die derzeitige Situation ist, dass das ELT das einzige Großteleskop ist, was sich im Bau befindet und eine ausreichende Finanzierung besitzt. Damit wird das europäische ELT vor dem TMT oder dem GMT in Betrieb gehen und einen Vorsprung für die europäische Astronomie sicherstellen können.

9 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Referierte Publikationen (z. B. in Fachzeitschriften / -büchern und referierte Konferenz-Proceedings)

1. Hernandez, E.; Roth, M. M.; Petermann, K.; Kelz, A.; Moralejo, B.; Madhav, K. 2021 “Mode expansion theory and application in step-index multimode fibers for astronomical spectroscopy” Journal of the Optical Society of America B, vol. 38, issue 7, p. A36
2. Davenport, John J.; Diab, Momen; Madhav, Kalaga; Roth, Martin M. 2021 “Optimal SMF packing in photonic lanterns: comparing theoretical topology to practical packing arrangements” Journal of the Optical Society of America B, vol. 38, issue 7, p. A7
3. Madhav, Kalaga; Günther, Alan; Hernandez, Eloy et al, 2023, “", AN Vol. 344 id. 20230089
4. Hernandez, Eloy; Günther, Alan; Stoll, Andreas et al. 2023, “The Potsdam arrayed waveguide spectrograph: A demonstrator of a cross-dispersed integrated photonic spectrograph developed for the astronomical H-band”, AN Vol. 344 id. 20230076

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

5. den Brok, Mark; Krajnović, Davor; Emsellem, Eric et al., 2022 “Dynamical modelling of the twisted galaxy PGC 046832”, MNRAS 508, 4786
6. Spavone, Marilena; Krajnović, Davor; Emsellem, Eric et al. 2021 “Assembly history of massive galaxies. A pilot project with VEGAS deep imaging and M3G integral field spectroscopy” Astronomy & Astrophysics, Volume 649, id. A161
7. Pagotto,I.; Krajnović, D.; den Brok, M.; Emsellem, E.; Brinchmann, J.; Weilbacher, P. M.; Kollatschny, W.; Steinmetz, M. 2021 “Optical emission lines in the most massive galaxies: Morphology, kinematics, and ionisation properties” Astronomy & Astrophysic, Vol. 649, id.A63
8. Hawkins, K., …, Kelz, A. et al., 2021, “The Stars of the HETDEX Survey. I. Radial Velocities and Metal-poor Stars from Low-resolution Stellar Spectra”, ApJ 911, 108
9. Indahl, B.; Zeimann, G.; …, Kelz, A. et al. 2021, “HETDEX [O III] Emitters. I. A Spectroscopically Selected Low-redshift Population of Low-mass, Low-metallicity Galaxies”, ApJ 916, 11
10. Hill, G. J.; Lee, H.; MacQueen, P. J.; Kelz, A.; 2021 “The HETDEX Instrumentation: Hobby-Eberly Telescope Wide-field Upgrade and VIRUS” Astronomical Journal, Vol. 162, Iss. 6

Andere Veröffentlichungen (z. B. Konferenzbeiträge wie Vorträge und Poster, unreferierte Proceedings, Conference Notes)

1. Martin, Laurent et al. 2022 “MOSAIC on the ELT: development of a camera prototype for the near-infrared spectrograph unit” Proceedings of the SPIE, Volume 12184, id. 121848C
2. Floriot, J. et al. 2022 “MOSAIC on the ELT: optomechanical design of the NIR spectrograph” Proceedings of the SPIE, Volume 12184, id. 121842Z
3. Hernandez, Eloy; Günther, Alan; Bauer, Svend-Marian et al. 2022 “System integration of the Potsdam Arrayed Waveguide Spectrograph (PAWS)” Proc. SPIE, Volume 12184, id. 121841O
4. Roth, M. et al. 2023, “Astrophotonics: photonic integrated circuits for astronomical instrumentation”, Proceedings of the SPIE, Volume 12424, id. 124240B
5. Hammer, F. et al. 2021 “MOSAIC on the ELT: High-multiplex Spectroscopy to Unravel the Physics of Stars and Galaxies from the Dark Ages to the Present Day” The Messenger, vol. 182, p. 33-37
6. Puech, M.; Pello, R.; Prieto, E et al. 2023, “MOSAIC: the ELT optical and near-infrared Multi-Object Spectrograph”, SF2A-2023: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics, pp.233-237
7. Morris, Tim; Bharmal, Nazim; Bond, Charlotte et al. 2023, “Defining the MOSAIC GLAO Image Quality Budget”, Conf. Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes (AO4ELT7), id. 89

Abschlussarbeiten (Bachelor, Master, Diplom, Staatsexamen, Promotion, Habilitation)

Keine am AIP in der Förderperiode

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

Kurzbericht

- öffentlich -

Zuwendungsempfänger:	Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
Projektleitung:	Dr Andreas Kelz
Verbund:	Verbundprojekt 05A21BAA , MOSAIC-PD
Thema:	ELT-MOS: Vorläufiges Design für den ELT Multi-Objekt Spektrographen

1. Ziel und Inhalt des Projektes

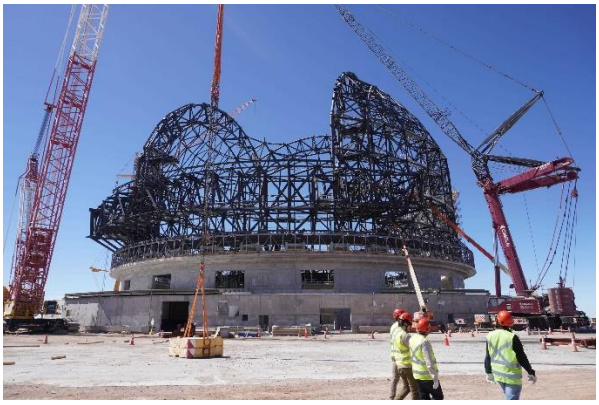
Die astrophysikalische Forschung ist für Beobachtungen des Universums auf leistungsfähige Instrumente an Großteleskopen angewiesen. Diese Instrumente sind meistens spezialisierte Unikate für bestimmte wissenschaftliche Zielsetzungen. Die Entwicklung dieser Geräte ist komplex und erfolgt oft an den Grenzen, was technologisch machbar ist. Auf diese Weise profitiert die Astronomie einerseits von neuen Technologien und treibt andererseits die Entwicklung in Hard- und Software voran. Dafür bedarf es der Zusammenarbeit zwischen mehreren Instituten in internationalen Konsortien und industriellen Partnern in der Optik, Photonik, Mechanik und (Detektor-)Elektronik.
Durch die Mitgliedschaft in der Europäischen Südsternwarte (ESO) hat Deutschland einen Zugang zu den weltweit führenden bodengebundenen Observatorium für optische und nah-infrarote Beobachtungen. Dies ist zum einen das seit 25 Jahren sehr erfolgreich arbeitende Very Large Telescope (VLT), und zum anderen das im Bau befindliche Extremely Large Telescope (ELT). Während die ESO die Teleskope baut und die Observatorien betreibt, werden die Hochleistungs-Instrumente von europäsichen astronomischen Instituten erdacht und entwickelt. Das Rahmenprogramm "Erforschung von Universum und Materie" ermöglicht die Teilnahme an solchen Instrumentierungsprojekten für Institute in Deutschland.

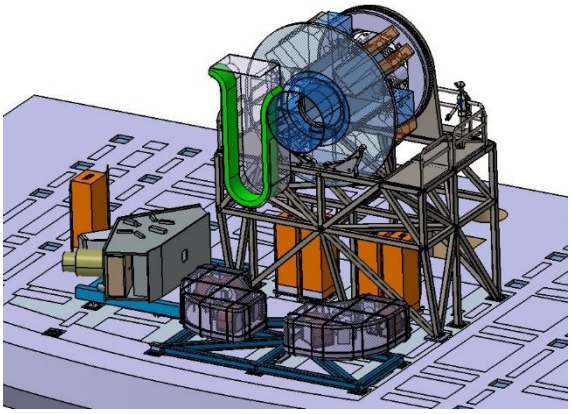
Mit einem Hauptspiegeldurchmesser von 39 Metern wird das ELT das größte Teleskop der Welt für den optischen und Nah-Infrarot-Bereich sein. Mit einem konsequent auf adaptive Optik (AO) ausgelegten optischen Design wird das ELT beugungsbegrenzte Bilder mit einer enormen lichtsammelnden Fläche liefern und damit bislang für konventionelle Teleskope unerreichbare Parameterräume für Beobachtungen erschließen. Die extrem hohe Winkelauflösung, verbunden mit der großen lichtsammelnden Fläche, bedeutet eine Alleinstellung des ELT für Bildgebung und Spektroskopie im weltweiten Vergleich. Die Entwicklung eines Multi-Objekt Spektrographen (MOS) für das ELT ist eines der fünf geplanten Instrumentierungsprojekte seitens der Europäischen Südsternwarte. Ein Konsortium aus europäischen Instituten hat das MOSAIC Konzept entwickelt, welches von der ESO für den ELT-MOS ausgewählt wurde. MOSAIC kombiniert verschiedene Beobachtungsmodi, einerseits werden mittels Multi-Objekt Spektroskopie hunderte von Sternen bzw. Galaxien im optischen und im infraroten Spektralbereich gleichzeitig beobachtet, des Weiteren wird MOSAIC bildgebende Spektroskopie mittels Integral-Feldeinheiten ermöglichen. Für alle Modi werden optische Glasfasern benötigt, welche das Licht von der Fokalebene des Teleskops zu den Spektrographen leiten. Die Entwicklung und der Bau des optischen Glasfasersystems ist das technische Arbeitspaket des AIP, basierend auf seiner Expertise mit diversen Vorläufer-Instrumenten (4MOST, VIRUS, PMAS).

2. Ablauf und Ergebnisse des Vorhabens

Da MOSAIC ein Instrumentierungsprojekt für die Europäische Südsternwarte (ESO) ist, folgt das ganze Vorhaben dem üblichen Ablauf bei der ESO. Nach der Projekt-Auswahl wird für das Instrument eine Konzeptstudie erstellt, danach durchfäuft es die (vorläufige und finale) Designphase, bevor es nach einer Begutachtungen für den Bau freigegeben wird. In der Projektlaufzeit befand sch MOSAIC in der Phase-B (Spezifizierung & vorläufiges Design).

Auf deutscher Seite handelt es sich bei ELT-MOS / MOSAIC um ein Verbundprojekt zwischen den Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP) und der Landessternwarte der Universität Heidelberg (LSW). Das AIP verantwortet das optische Glasfasersystem zwischen der Teleskop-Fokalebene und den Spektrographen. Die LSW entwickelt den visuellen Spektrographen mit hoher und mittlerer Auflösung. Während des Vorhabens wurden die Spezifikationen festgelegt und die System-Architektur erstellt. Für das Fasersystem wurde durch das AIP-team opto-mechanische Designs erstellt, insbesondere wurde an den Schnittstellen für die benachbarten Untersysteme inkl. des Toleranz-Budgets gearbeitet.





Links: Baufortschritt am europäischen Extremely Large Telescope auf dem Cerro Armazones (Ende 2023). Rechts: Das derzeitige mechanische Model des MOSAIC Instruments für das ELT. Hunderte von optischen Glasfasern (das Arbeitspaket des AIP) leiten das Licht von der Fokalebene des Teleskops auf der oberen Plattform zu den Spektrographen darunter.

3. Darstellung der wesentlichen Ergebnisse und deren konkreter Nutzen sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Die wesentlichen Ergebnisse sind der Fortschritt des Projekts in der vergangenen Designphase, welcher sich durch die erfolgten progress meetings, den technischen Publikationen und den erfolgreichen Reviews darstellt. Die Ergebnisse des Projekts kommen naturgemäß vor allem der der nächsten Phase für MOSAIC zugute und flossen in die entsprechenden Projektdokumente ein. MOSAIC ist und bleibt das konkurenzlose Konzept für einen Multi-Objekt Spektrographen am ELT.
Durch das Engagement der Verbundpartner konnte eine signifikante deutsche Beteiligung im europäischen MOSAIC-Konsortium (mit 22 Partnerinstituten und Leitung am LAM in Marseille) sichergestellt werden. Die wissenschaftlichen, methodischen und technischen Ergebnisse in dieser Förderperiode fließen alle in die Preliminary Design Study ein. Desweiteren wurden relevante Ergebnisse in entsprechenden technischen und wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht und auf Konferenzen und Tagungen präsentiert. Damit konnten alle Ziele in dem Förderzeitraum dieses Projekts erreicht werden.