

Erste Beobachtungsergebnisse mit dem Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte (ESO)

Peter Habison

Einleitung

Derzeit (März 2000) entsteht am Cerro Paranal in Chile im Rahmen der Europäischen Südsternwarte das modernste astronomische Observatorium der Welt. Drei Teleskope sind schon in Betrieb, das vierte ist noch in Bau. Die ersten beiden werden bereits für den Forschungsbetrieb verwendet, das dritte wird gerade für die wissenschaftlichen Aufgabenstellungen getestet. Über die Einzelbeobachtungen hinausgehend, ist erstmals die Methode der optischen Interferometrie für alle Teleskope im Bereich des nahen Infrarot vorgesehen. Diese Möglichkeit der Kombination der Teleskope wird voraussichtlich erst in den nächsten Jahren fertiggestellt werden. Im folgenden sind einige erste astronomische Ergebnisse, aufgenommen vor allem während der Kommissionierungs- und Testphasen der ersten beiden Teleskope, zusammengestellt. (Alle Angaben beruhen auf Veröffentlichungen der Europäischen Südsternwarte ESO in Garching.)

Die Namen der Teleskope und Instrumente

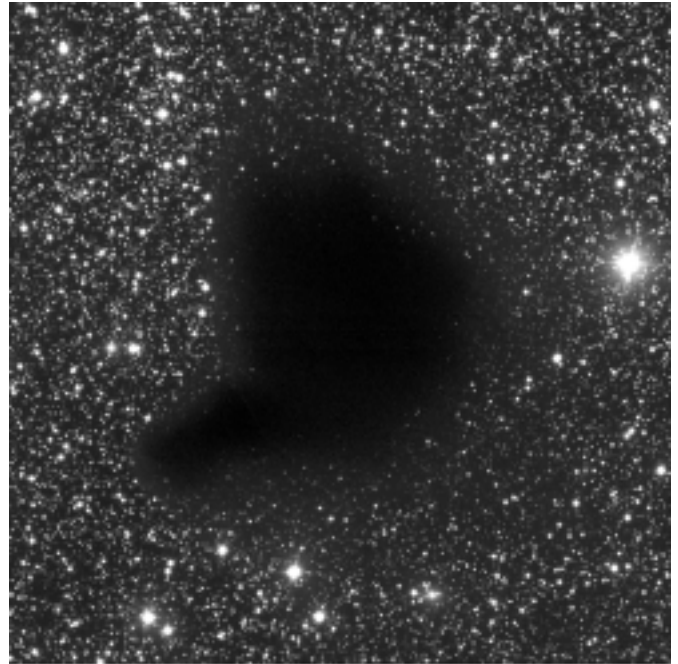
Die vier Teleskope wurden nach den Namen bedeutungsvoller Himmelsobjekte in der Mapuche Sprache benannt. Die Teleskope heißen UT1: ANTU (Sonne), UT2: KUEYEN (Mond), UT3: MELIPAL (Südliches Kreuz) und UT4: YEPUN (Siri-rius).

Am ersten Teleskop ANTU wurden zwei modernste astronomische Lichtanalyseinstrumente montiert. Das erste Instrument trägt den Namen ISAAC und steht für "Infrared Spectrograph and Array Camera". Es wurde vollständig von der ESO gebaut und im Nasmyth Focus A montiert. Das zweite Instrument, FORS1 - Focal Reducer/low dispersion Spectrograph, wurde gemeinsam von der Landessternwarte Heidelberg und den Universitätssternwarten Göttingen und München gebaut. Es ist im sog. Cassegrain Focus montiert.

Interstellarer Raum, Milchstrasse und Umgebung

Die Dunkelwolke Barnard 68

Die Dunkelwolke Barnard 68 erscheint im Band der Milchstraße als ungewöhnlicher Fleck. Es handelt sich hierbei um eine klassische "Globule", benannt nach dem amerikanischen Astronomen, Edward E. Barnard (1857-1923), welcher 1919 eine Liste derartiger Objekte publizierte. Barnard 68 erscheint als kompaktes, undurchsichtiges, eher scharf begrenztes Objekt gegenüber dem sehr sternreichen Himmelshintergrund. Selbst auf der VLT Aufnahme erscheint kein einziger Vordergrundstern - ein Hinweis, dass die Wolke der Sonne relativ nah liegt.



ESO PR Photo 20a/99: Dunkelwolke Barnard 68

Interstellare Wolken bestehen aus Gas und Staub und beinhalten oftmals zahlreiche Moleküle der organischen Chemie. Über lange Zeit in der Geschichte der Astronomie wurden sie als "Löcher im Himmel" betrachtet. Heute weiß man, dass Molekülwolken zu den kältesten Bereichen im Universum zählen (10 K oder -263 °C). Darüber hinaus sind sie Geburtsstätten von zahlreichen Sternen und Planeten.

Bis heute ist der Auslösemechanismus für die Kontraktion einer Molekülwolke zu stabilen Sternen wissenschaftlich nicht eindeutig geklärt. Aufnahmen wie diese leisten wesentliches bei der Forschung der Sternentstehung. Barnard 68 erscheint gerade in dieser ersten Phase des Kollaps zu stehen. Die Dunkelwolke besitzt einen Durchmesser von nur 7 Lichtmonaten (0.2 Parsek) und befindet sich in einer Entfernung von etwa 500 Lichtjahren in Richtung des Sternbildes Ophiuchus (Schlangenträger).

Die RCW38 Region

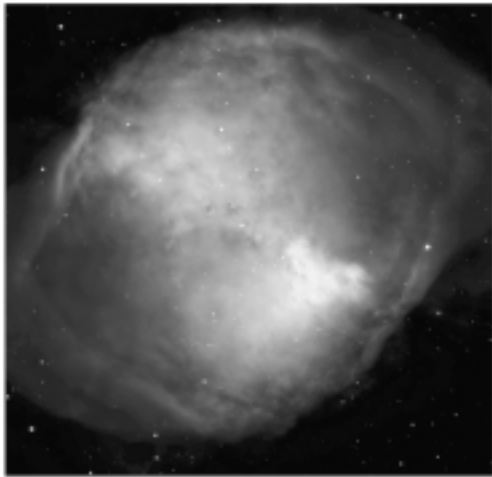
Das Bild zeigt eine Aufnahme der RCW38 Region, aufgenommen durch drei Infrarot Filter mit den Bezeichnungen Z (0.9 mm), H (1.65 mm) und Ks (2.16 mm). Die Region befindet sich in einer Entfernung von 5.000 Lichtjahren. Es handelt sich hier um eine besonders junge Sternentstehungs-Region, welche aufgrund der Schwächung des Lichtes durch Gas und Staub im sichtbaren Bereich des Spektrums nicht beobachtet werden kann. Im Bereich des nahen Infrarot ist die Wolke jedoch durchsichtig und kann von hochgelegenen Observatorien aus beobachtet werden, wie das vorliegende Bild zeigt. Die diffuse Strahlung ist die Summe aus an Gas und Staub der Region gestreuten Sternenlichts und der Linienemission atomaren und molekularen Wasserstoffs.

DI Peter Habison, Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Strasse 10, 1160 Wien. Vortrag im Rahmen der Fortbildungswoche 2000.



ESO PR Photo 46b/98: RCW38 Region

Der Planetarische Nebel "Messier M27"



ESO PR Photo 38a/98: Hantelnebel (Messier 27)

Der Hantelnebel, auch bekannt als Messier 27 oder NGC 6853, befindet sich im Sternbild Vulpecula und ist ein typischer "planetarischer Nebel". Die Entfernung ist nur ungenau bekannt, die besten Schätzungen ergeben 1200 Lichtjahre. Der Nebel wurde zuerst vom französischen Astronomen Charles Messier im Jahre 1764 entdeckt und in seinen berühmt gewordenen Katalog diverser Himmelsobjekte als Nummer 27 aufgenommen. Der Name "Planetarischer Nebel" ist historisch begründet und hat astrophysikalisch nichts mit Planeten zu tun. Der Nebel besteht aus stark verdünntem, ionisiertem Gas, welches der zentrale Stern in den letzten Phasen seiner Entwicklung abgestoßen hat. Dieser Zentralstern ist am Photo 38a/98 gut zu erkennen. Die Atome des Gases werden durch UV Strahlung des Sternes angeregt und strahlen ihre Energie in unterschiedlichen Wellenlängen wieder ab. Photo 38a/98 wurde aus drei Einzelaufnahmen mit unterschiedlichen Filtern aufgenommen - zwei Interferenzfilter und ein Filter großer Bandbreite. Zusammen ergeben die Bilder ein sog. "Echtfarbenbild".

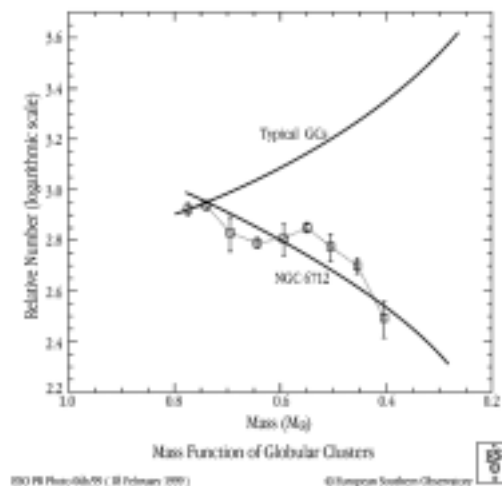
Die Entstehung des Halos der Milchstraße und NGC 6712

Sterne, welche wir im Halo der Milchstraße beobachten, stellen nur einen kleinen Teil der gesamten Masse dieses Halo dar. Untersuchungen an Bewegungen der Sterne unserer Milchstraße haben ergeben, dass der Halo jedoch viel mehr Masse besitzt als ursprünglich angenommen. Diese Beobachtungen sind auch aus Studien fremder Galaxien bekannt. Diese Beobachtungstatsache wird in der Astronomie als das "Problem der dunklen Materie" bezeichnet. Es ist zur Zeit nicht bekannt, woraus diese Materie besteht.

Die hellsten Objekte im Halo der Milchstraße sind Kugelsternhaufen. Es handelt sich hierbei um große Gruppen von Sternen, welche während der frühen Entwicklung der Milchstraße vor etwa 12-14 Milliarden Jahren entstanden. Dies war zu einem Zeitpunkt, als sich gerade die ersten Strukturen unserer Galaxis aus primordiales Wasserstoff bildeten. Kugelsternhaufen waren somit wahrscheinlich die ersten größeren Objekte unserer Protogalaxie.

Einige Astronomen nehmen an, dass unsere Milchstraße die damals sie umgebenden Zwerggalaxien ihrer Kugelsternhaufen beraubte. Stimmt diese Annahme, dann besitzt der Halo sehr alte Strukturen dieses ursprünglichen Entwicklungsprozesses. VLT Aufnahmen von Kugelsternhaufen sollen hier Licht ins Dunkel bringen.

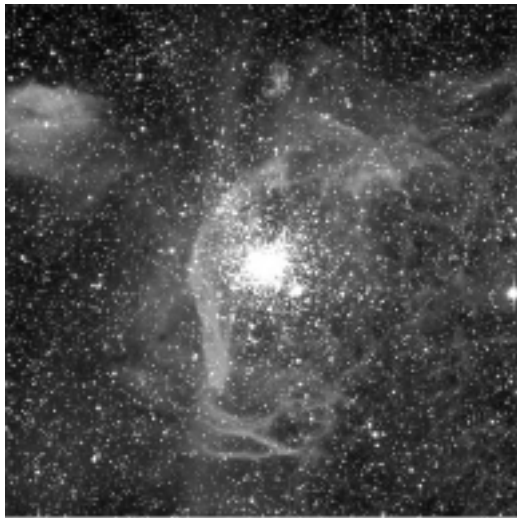
Als erster interessanter Kandidat käme NGC 6712 in Frage. Dieser Kugelsternhaufen befindet sich in einer Entfernung von 23.000 Lichtjahren in Richtung zum galaktischen Zentrum. Er besitzt etwa 1 Million Sterne, welche alle leichter als die Sonne sind. In der Milchstraße kennt man bisher 150 Kugelsternhaufen. Alle bewegen sich auf elliptischen Bahnen, die sie regelmäßig durch die mit Sternen und Nebeln gefüllte Ebene der Galaxis führen. Die Bahn von NGC 6712 ist verhältnismäßig kurperiodisch und führt nahe an das Galaktische Zentrum heran. Es scheint, als ob NGC 6712 erst vor wenigen Millionen Jahren die galaktische Scheibe passiert hätte.



Astronomen bei ESO nützen nun das VLT, um diesen Kugelsternhaufen genauer zu untersuchen. Dabei wurden die Helligkeiten und Farben von möglichst vielen Sterne in NGC 6712 bestimmt. Photo 6b/99 zeigt das Ergebnis der Messungen und Berechnungen. Überraschender Weise fanden sich in diesem Kugelsternhaufen verhältnismäßig wenig schwache und leichte Sterne. Da Helligkeit und Masse in Sternhaufen proportional sind, bedeutet eine geringe Helligkeit auch eine ge-

ringe Masse. Dieses Ergebnis der eigenartigen Massenfunktion widersprach bisherigen Ergebnissen, welche bei anderen Kugelsternhaufen gefunden wurden und welche auch der gängigen Theorie der Sternentstehung entsprechen. Als Grund für diese Anomalie wird eine sog. "Verdunstungsprozess" der leichten Sterne angenommen. Durch die "häufige" Passage des Haufen durch die Milchstraßenebene, erleidet der Haufen zahlreiche "gravitative Schocks", durch welche leichte Sterne aus dem Gravitationsfeld des Haufens gerissen werden.

Der Doppelsternhaufen NGC 1850 in der Großen Magellanschen Wolke

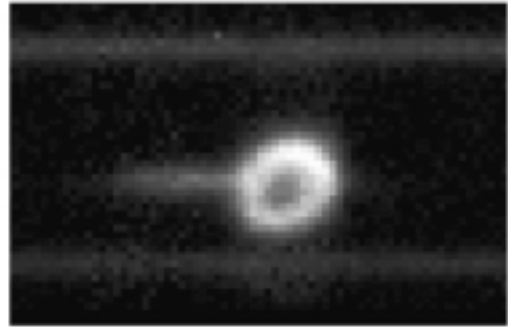


ESO PR Photo 15/99: Doppelsternhaufen NGC 1850

NGC 1850 ist ein Doppelsternhaufen in der Großen Magellanschen Wolke. Der Haufen repräsentiert eine Klasse von Objekten, welche einerseits jung, andererseits aber eine kugelförmige Assoziation bilden. Derartige Objekte sind direkt in unserer Milchstraße nicht zu finden. Die Besonderheit liegt in der Doppelnatur des Sternhaufens. Der größere Teil des Haufens besteht aus etwas 40 Millionen Jahren alten Sternen, das Alter der Sterne im kleineren Haufen beträgt nur etwa 4 Millionen Jahre und setzt sich vorwiegend aus extrem heißen Sternen zusammen. Eine Theorie geht davon aus, dass in den letzten 20 Millionen Jahren etwa 1000 Sterne im großen Haufen als Supernovae explodierten. Durch diese gigantischen Explosionen könnte das Gas um den großen Haufen die Entstehung des kleinen Haufen bewirkt haben. Eine andere Theorie unterstützt die These der Supernova induzierten Sternentstehung im jüngeren Sternhaufen. Protosterne, welche in den filamentartigen Strukturen zu finden sind, deuten darauf hin. Jener Nebelfleck, welcher direkt über dem Haupthaufen liegt und die Form einer "3" besitzt, ist der bekannte Supernovaüberrest N57D, welcher selbst mit NGC 1850 assoziiert sein könnte.

Das Spektrum von SN 1987A

Mit ISAAC konnten bereits in der Testphase beeindruckende Bilder und Spektren aufgenommen werden. Als Beispiel sei hier ein "IR-Spektralbild" des Ringnebels von SN 1987A in der großen Magellanschen Wolke abgebildet, welche 1987 in dieser Begleitgalaxie unserer Milchstraße explodierte. Der Ring besteht aus Material, welches der explodierte Stern im Laufe seiner Entwicklung abstieß. Die Schockfront der Explosion bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 30.000 km/s



ESO PR Photo 11a/99: He-Spektrum von SN 1987A

und hat gerade den Ring erreicht. Der Ring liegt in einer Entfernung von einem Lichtjahr vom explodierten Stern und wird durch die Schockfront erneut ionisiert. Der helle Bereich im Ring liegt der Erde zugewandt und wird daher zuerst stärker sichtbar.

Von besonderem Interesse ist weiter eine in Dispersionsrichtung liegende "jetartige Struktur", welche die Anwesenheit einer breiten, blauverschobenen He I Komponente zeigt. Die Aufnahme wurden mit einem Gitter mittlerer Auflösung, zentriert auf die He I Linie bei 1.083 μm und 20 Minuten Belichtungszeit gewonnen. Die Spaltbreite betrug zwei Bogensekunden.

Galaxien und Galaxienhaufen

Die Zwerggalaxie Antlia



ESO PR Photo 10a/99: Zwerggalaxie Antlia

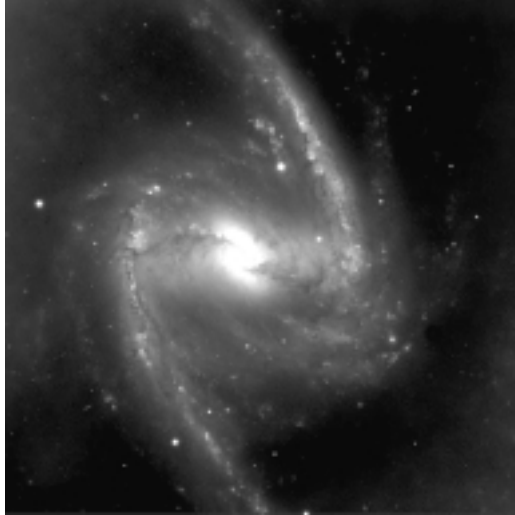
Nicht nur weit entfernte Galaxien sind für das VLT eine Herausforderung, auch nahe gelegene, schwache Objekte sind ein spezieller Aufgabenbereich für das Teleskop.

Bei der vorliegenden Aufnahme handelt es sich um eine ellip-tisch geformte Zwerggalaxie mit sehr geringer Flächenhelligkeit. Aus diesem Grunde wurde sie erst 1997 entdeckt. Sie erhielt ihren Namen aus der Tatsache, dass sie im Sternbild Antlia (Luftpumpe) zu finden ist. Sie ist ein Mitglied der lokalen Gruppe, wozu unter anderen auch unsere Milchstraße, die Magellanschen Wolken und die Andromeda Galaxie gehören.

Aus früheren Arbeiten ist bekannt, dass die Galaxie weder helle Sterne der Population I enthält, noch Hinweise auf eine Sternpopulation mittleren Alters zu finden ist. Es sieht so aus,

als würde diese Galaxie vorwiegend durch alte Sterne dominiert. Soweit ist dies noch kein Widerspruch. Nun findet sich aber im Zentrum von Antlia eine Wolke aus atomarem Wasserstoff mit einer Masse von 8×10^5 Sonnenmassen. Nach der klassischen Theorie der Sternentstehung fehlen in dieser Galaxie die oben erwähnten jungen Sterne. Ein Modell der Sternentstehung in Antlia ist daher von besonderem Interesse für die Astrophysiker.

Die Balkenspiralgalaxie NGC 1365



ESO PR Photo 8a/99: Balkenspiralgalaxie NGC 1365

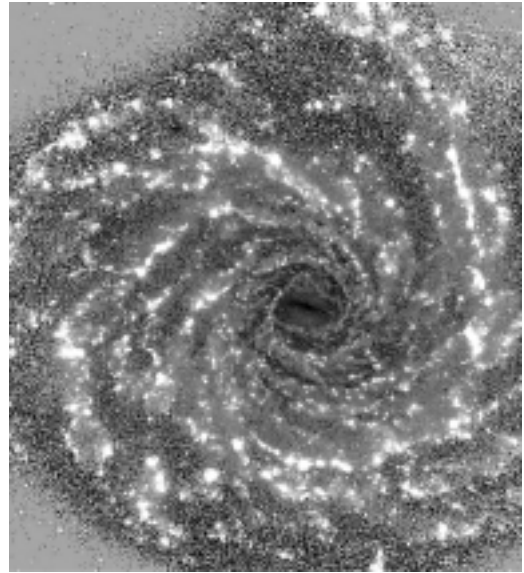
NGC 1365 ist eine wunderschöne, typische Spiralgalaxie im Sternbild Fornax am südlichen Himmel. Es handelt sich um eine Riesengalaxie mit einem Durchmesser von etwa 200.000 Lichtjahren. Sie ist ein Hauptmitglied des Fornax Galaxienhaufens. Die Entfernung zu ihr beträgt 60 Millionen Lichtjahre und ihre Radialgeschwindigkeit wurde zu 1632 km/s bestimmt.

Ein großer Balken verläuft quer durch die Galaxie und beinhaltet den Kern der Galaxie im Zentrum. Der Balken besteht vorwiegend aus älteren Sternen, welche ihm die rote Färbung verleihen. Gravitative Störungen des Balkens erzeugen durch Wechselwirkungen mit Gas und Staub die großen Spiralarme, welche am Ende des Balkens ansetzen. In diesen Armen befinden sich vorwiegend junge und blaue Sterne, welche aus den Gas- und Staubwolken entstanden sind und den Spiralarmen eine bläuliche Färbung verleihen. Der Balken und die Arme rotieren von uns gesehen im Uhrzeigersinn. Eine volle Umdrehung dauert 350 Millionen Jahre.

Die Farben von NGC 1232

Das Bild von NGC 1232 basiert auf einer Computer bearbeiteten Aufnahme, wobei es sich hier um ein "UV-B Farbindexbild" handelt. Diese Technik der Subtraktion von Farben und Darstellung im Bild erlaubt das Sichtbarmachen eines "Differenzbildes" in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen. Da unterschiedliche Objekte unterschiedliche Helligkeiten in unterschiedlichen Farben besitzen, ist diese Methode sehr hilfreich Objekte eines speziellen Typs zu lokalisieren. Man erhält dergestalt einen guten Überblick über die Gesamtstruktur der Galaxis.

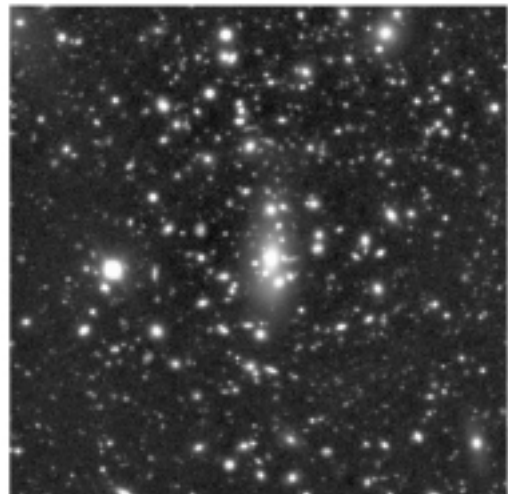
Gebiete der Sternentstehung emittieren stark im UV Bereich und erscheinen in diesem Bild sehr hell. Sie zeigen die Gebiete



ESO PR Photo 13a/99: UV-B Farbindexbild von NGC

der Schockfronten in den Spiralarmen an. Das Bild basiert auf zwei Aufnahmen im U und B Filterband, belichtet jeweils 10 bzw. 6 Minuten.

Der Galaxienhaufen MS1008.1-1224



ESO PR Photo 09b/99: Galaxienhaufen MS1008.1-

Die Erforschung der sogenannten "Deep Fields" etabliert sich zusehends als gängige Methode der beobachtenden Kosmologie. Als bereits bekannte Beispiele seien genannt: Das HDF-North und das HDF-South, das NTT Deep Field, das AXAF Deep Field und letztlich das FORS Deep Field. All diese Himmelsfelder sind verhältnismäßig "leer" in dem Sinne, als dass sich keine helleren Objekte in ihnen befinden. Eine Hauptaufgabe des wissenschaftlichen Verifikationsprogramms für FORS1 war die Beobachtung derartiger Regionen am Himmel. Die wissenschaftlichen Fragenstellungen, welche damit untersucht werden sollen, sind mannigfaltig. Einige sind:

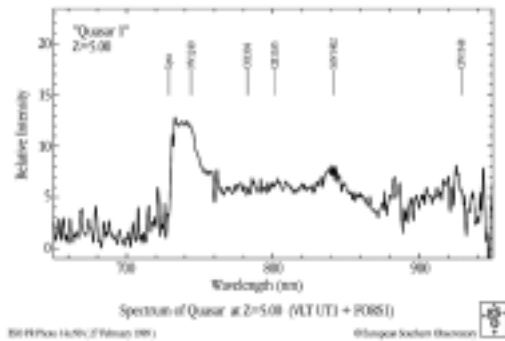
- Photometrische Beobachtung von möglichst vielen Rotverschiebungen der Galaxien
- Genaue Studien der Gravitationslinseneffekte
- Studien über Galaxie-Populationen in den Haufen
- Objekte hoher Rotverschiebung in den Haufen

Für die vorläufigen Beobachtungen wurde u.a. der Galaxienhaufen MS1008.1-1224 ausgewählt. In Photo 09b/99 ist der

zentrale Teil dieses Galaxienhaufen abgebildet. Die Rotverschiebung beträgt 0.306 und die zahlreichen Bögen deuten auf eine intensive gravitative Wechselwirkung hin. Durch eine genaue Analyse der Struktur der Bögen kann die Masse bzw. Massenverteilung des Galaxienhaufen bestimmt werden. Für einige sehr entfernte Galaxien wirkt der Haufen als Gravitationslinsenteleskop und ermöglicht durch eine natürliche Verstärkung ihres Lichtes erst ihre Beobachtung. Das Gesichtsfeld der Abbildung beträgt 200 x 200 Quadratbogensekunden.

Das ferne Universum

Spektrum von "Quasar 1" bei $z=5$



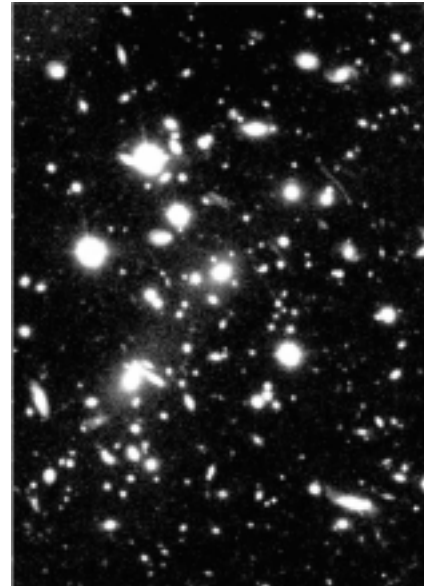
FORS 1 ist ein Instrument, welches in unterschiedlichen Modi eingesetzt werden kann. Es können sowohl Spektren als auch Bilder sehr entfernter Objekte aufgenommen werden. Mit dem Spektrum dieses Quasars wurde ein Bild des extrem jungen und entfernten Universums aufgenommen.

Das Spektrum entstand Ende 1998 im Spektroskopie Modus. Die Effizienz von FORS 1 zeigt sich daran, dass selbst bei einem derart entfernten und schwachen Objekt, eine Belichtungszeit von nur einer Stunde erforderlich war. Im Diagramm sind die Rotverschiebung des Objektes und weitere Rotverschiebungen identifizierter Absorptionslinien angegeben. Diese Linien entstehen in Gaswolken, welche in der Sichtlinie zwischen uns und dem Quasar liegen. Der vorliegende Quasar, "Quasar 1", besitzt eine Rotverschiebung von nicht weniger als 5. Er wurde von X. Fan et al. im Rahmen der sog. *Sloan Digital Sky Survey Collaboration* entdeckt. Sein Licht wurde abgestrahlt, als das Alter des Universums gerade ein paar Prozent seines heutigen Wertes besaß.

Detailstudien mit FORS Spektren hoher Qualität an mehreren Quasaren sollen die chemische Zusammensetzung des Gases dieser Objekte klären.

Gravitationslinsbogen bei $z=3,23$ im Galaxienhaufen 1ES 0657-55

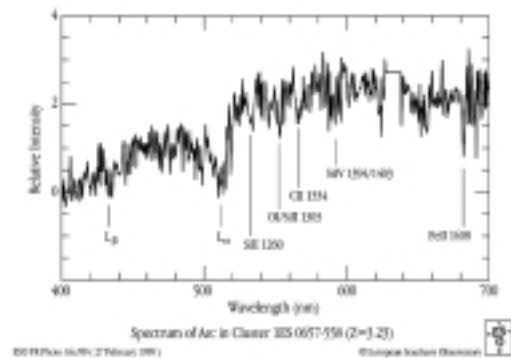
Der Galaxienhaufen 1ES 0657-55 befindet sich im Sternbild Carina, südlich des Bandes der Milchstraße. Seine Rotverschiebung wurde zu $z=0,29$ gemessen. Das Gebiet ist eine starke Röntgenquelle und besitzt eine asymmetrische Galaxienverteilung. Dies deutet auf eine große Gesamtmasse und junges Alter hin. Aufnahmen mit dem 3,5m "New Technology Telescope" auf La Silla zeigten bereits eine bogenförmige Struktur, welche als Hintergrundgalaxie in großer Entfernung gedeutet wird und deren Licht durch das Gravitationsfeld des im Gesichtsfeld liegenden Galaxienhaufens stark abgelenkt und verzerrt wird.



ESO PR Photo 16b/99: Galaxienhaufens 1ES 0657-55

Das Photo 16b/99 zeigt eine Falschfarbendarstellung des Galaxienhaufens 1ES 0657-55, zusammengestellt aus Daten im g-Band Filter (grün) mit FORS 1 des VLT. Die dünnen Bögen und Bogenteile sind dank der ausgezeichneten Qualität der Bilder rechts oben gut zu erkennen.

Das Photo 16c/99 zeigt das Spektrum des hellsten und größten Bogens im Haufen. Die Aufnahme wurde mit dem Instrument FORS 1 im Dezember 1998 gewonnen. Die gesamte Belichtungszeit betrug 1,5 Stunden. Das Spektrum zeigt Absorptionslinien von Wasserstoff (Lyman-alpha und Lyman-beta), Silizium, Sauerstoff, Kohlenstoff und Eisen.

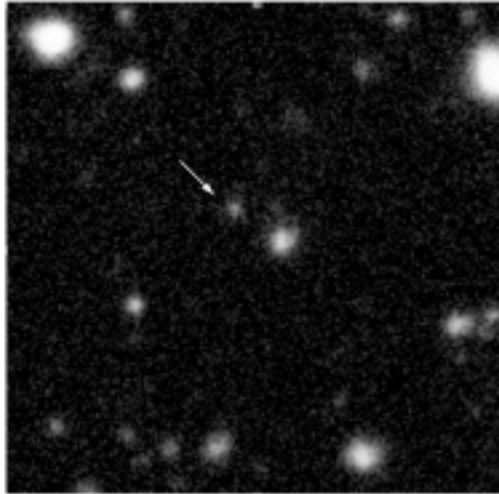


Aus diesen Wellenlängenverschiebungen gegenüber den Laborwellenlängen ergibt sich eine Rotverschiebung von $z=3,23$. Galaxien mit massiver Sternentstehung bei kleineren Rotverschiebungen zeigen ähnliche Spektren. Es wird daher vermutet, dass es sich bei diesem Gravitationslinsbogen um das verzerrte Bild einer sehr weit entfernten Galaxie handelt, welche gerade im Stadium ihrer Entstehung begriffen ist. Dies könnte zu einer Zeit geschehen sein, als das Universum erst gerade 2 Milliarden Jahre alt war.

Die extrem ferne Galaxie EIS 107 bei $z=3,92$

Die ständige Verbesserung astronomischer Technologien erlaubt immer bessere Studien des fernen Universums. In diesem spannenden Bereich der beobachtenden Kosmologie konnte in letzter Zeit eine große Population von Galaxien im frühen Universum entdeckt werden. Diese Galaxien zeigen eine intensive Sternentstehung und sind so weit entfernt ($z>3$),

dass die entsprechende Lichtlaufzeit bis zu uns über 90% des Alters des Universums beträgt. Das gesamte Alter des Universums beträgt nach heutigem Wissensstand 14-15 Milliarden Jahre. Wir beobachten somit Objekte in einem Zustand, als das Universum gerade 1-2 Milliarden Jahre alt war.



ESO PR Photo 12c/99: Ferne Galaxie EIS 107

Die Untersuchungen des frühen Universums waren eine wesentliche Motivation zum Bau des VLT und seiner differenzierten und hochkomplexen Instrumente. Das Ziel der Studien sind neue Beobachtungen der grundlegenden Eigenschaften von fernen Galaxien und fernsten Objekten des Universums. Im speziellen wird deren Anzahl, Raumdichte, deren Helligkeiten, Farben, ihre Größe und Form genau untersucht. Weiter sollen die Sternentstehungsraten in unterschiedlichen Galaxien zu unterschiedlichen kosmologischen Epochen analysiert und daraus die chemische Zusammensetzung und Masse der Sterne bestimmt werden. Die Bewegung der Galaxien im Raum und ihre Gruppierung soll genau untersucht werden.

Während der Kommissionierungsphase des ersten Teleskops (ANTU) konnten mit dem Instrument FORS 1 erste Spektren von Galaxien mit hohen Rotverschiebungen gemessen werden. Die Bereiche des Himmels lagen im bekannten *Hubble Deep Field South* und im sog. *AXAF Deep Field*. Das erste Feld wurde intensiv durch das Hubble Space Telescope untersucht, das zweite soll durch den Röntgensatelliten AXAF (heute auf CHANDRA getauft) untersucht werden.

Für diese Beobachtungen mit dem VLT wurden bei ESO am New Technology Telescope (NTT) auf La Silla ausgewählte Aufnahmen im Rahmen des ESO Imaging Survey (EIS) durchgeführt. Um diese fernen Objekte nicht mit nahen Galaxien zu verwechseln sind ihre Spektren zu analysieren. Diese Galaxien sind jedoch extrem lichtschwach und können nur mit größten Teleskopen und hocheffizienten Spektrographen erfasst werden. Ihre Helligkeiten liegen im nahen Infrarot zwischen 23,4 und 25,5mag und sind daher zwischen 10 bis 65 Millionen Mal schwächer als noch mit dem bloßen Auge sichtbare Sterne.

Photo 12c/99 zeigt eine Echtfarbaufnahme der Galaxie EIS 107 im AXAF Deep Field. Das Gesichtsfeld beträgt 32x32 Bogensekunden. Es ist ein Kompositbild aus Aufnahmen in den Filtern U, B, V, R und I mit Belichtungszeiten 4,7, 1,8, 1,5, 1,5 und 3,5 Stunden am NTT in La Silla.

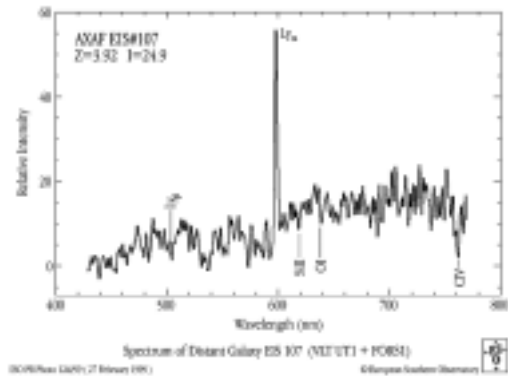
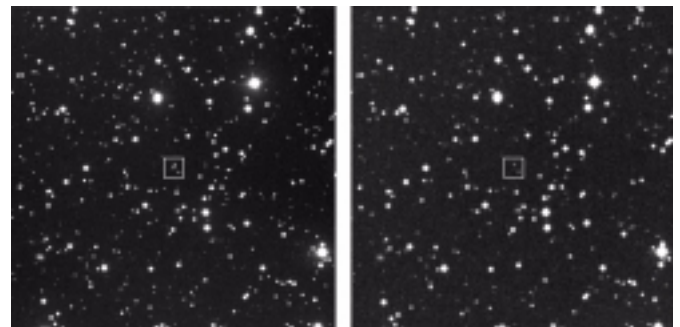


Photo 12d/99 zeigt das zugehörige Spektrum, aufgenommen mit FORS 1 am VLT ANTU. Es sind die Positionen der wichtigsten Spektralen Linien angegeben wie Lyman Alpha in Emission, Absorptionslinien von Sauerstoffatomen und Silizium- und Kohlenstoff-Ionen. Die gemessene Rotverschiebung beträgt $z = 3,92$ und die Linien wurden vom UV Bereich in den roten Bereich des Spektrums verschoben. Die Aufnahmedauer betrug 5,5 Stunden.

Diese Aufnahmen demonstrieren die große Leistungsfähigkeit des VLT, das frühe und ferne Universum zu erkunden. Mit diesem modernen und äußerst leistungsstarken astronomischen Instrumentarium können die physikalischen Verhältnisse von Entstehung und Entwicklung des frühesten Universums besser und ausführlicher als bisher studiert werden.

Gamma Ray Burst "GRB 990510"

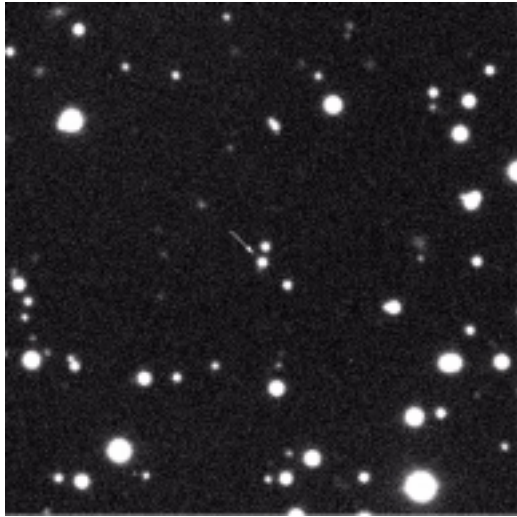


ESO PR Photo 22c/99: zwei Bilder der gleichen Region, links mit GRB (1999), rechts ohne GRB (1986)

Gamma Bursts sind kurze Blitze sehr energiereicher Strahlung im Universum. Sie stellen bei weitem das leuchtkräftigste Phänomen im Kosmos dar und ihre Beobachtung im sichtbaren Licht war erst seit kurzem erfolgreich. Der hier beschriebene GRB 990510 vom 10. Mai 1999 ist einer der hellsten von über 2500 beobachteten Ausbrüchen der letzten zehn Jahre.

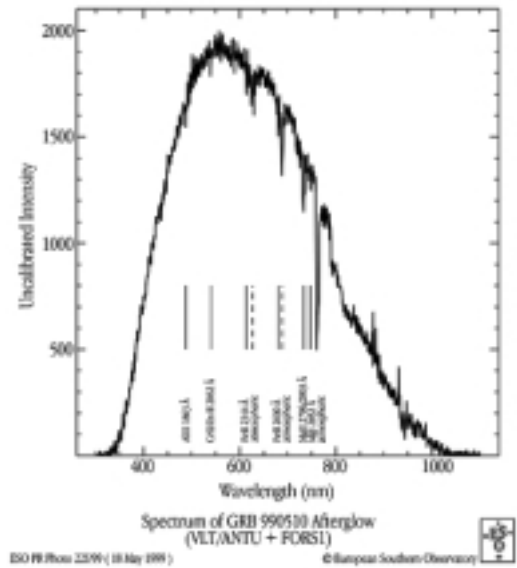
Die Aufnahmen wurden mit FORS1 am Teleskop ANTU gewonnen. Photo 22c/99 zeigt zwei Bilder der gleichen Region, links mit GRB, rechts aus dem Jahre 1986 ohne GRB. Photo 22d/99 zeigt eine Vergrößerung des linken Bildes von Photo 22c/99, der GRB ist mit einem Pfeil gekennzeichnet.

In diesem Zusammenhang gelang es erstmals zwei Gruppen von Beobachtern bei ESO, mit Hilfe des bildgebenden Polarimeters an FORS1 eine Polarisation des optischen Nachleuchtens eines GRB festzustellen. Die Polarisation wurde von beiden Beobachtern zu etwa 2% bestimmt. Der Grad der Polarisation ist zwar gering, astrophysikalisch für die Erklärung von Gamma Burts aber von größter Bedeutung. Das Ergebnis



ESO PR Photo 22d/99: Vergrößerung des linken Bildes von Abb.

weist darauf hin, dass die Strahlung des Gamma Bursts, zumindest in Teilen, durch Synchrotron Strahlung erzeugt wurde - also durch relativistische Elektronen, welche sich auf spiralförmigen Bahnen in Magnetfeldern bewegen. Dieser Prozess erlaubt die Erzeugung von linearer Polarisation, solange das Magnetfeld nicht völlig chaotisch ist.



Weiter konnte mit FORS1 ein Spektrum von GRB 990510 gewonnen werden. Photo 22f/99 zeigt dieses Spektrum mit identifizierten rotverschobenen Absorptions- und atmosphärischen Linien. Diese rotverschobenen Absorptionslinien stammen nicht vom Objekt selbst, sondern vom Gas der Galaxie, in welcher sich der GRB befindet oder von intergalaktischen Wolken entlang der Sichtlinie. Aus den Rotverschiebungen lässt sich die Distanz zu diesen Wolken bestimmen und damit eine untere Grenze der Entfernung zum GRB angeben.

Bis heute sind die Objekte und Prozesse, die diese gigantischen Explosionen im Weltall verursachen, unverstanden. Keine der Theorien der GRB (Superschwere Sterne, welche zu Schwarzen Löchern kollabieren, Neutronensterne und Schwarze Löcher, die verschmelzen, etc) kann die Erzeugung von Energiemengen von 10.000 Millionen Millionen Sonnenleuchtkräften erklären.

Tau-Neutrino nachgewiesen

H. Kühnelt

1975 wurde in Stanford am Linearbeschleuniger das Lepton der 3. Generation, das Tau-Lepton, kurz Tauon, entdeckt. Wie bei Elektron und Myon (Nachweis 1962) nahm man beim Tauon an, daß ein eigenes Tau-Neutrino existieren müsse. Auf indirekte Weise, nämlich über die Lebensdauer des Z^0 -Bosons, wurde 1989 am CERN und am SLAC die Existenz von 3 Arten von praktisch masselosen Neutrinos nachgewiesen.

Der direkte Nachweis des Tau-Neutrinos gelang nun am Fermilab bei Chicago als eine Meisterleistung des Experiments. Zunächst wurde ein hochenergetischer Strahl von Protonen auf einen Wolframblock geschossen. Unter den entstandenen Teilchen befanden sich Tauonen, die bei ihrem Zerfall Neutrinos erzeugten. Aus dem Strahl der Sekundärteilchen wurden alle geladenen und stark wechselwirkenden Teilchen entfernt (Magnetfeld, Absorption in Materie), so daß schließlich ein Neutrinostrahl (ν_e, ν_μ, ν_τ gemischt) auf den Detektor treffen konnte. Dieser bestand aus einem Block Eisen als Target zur Umwandlung von Neutrinos in Leptonen, gefolgt von einem Sandwich aus Schichten von Photoemulsion (zur Aufzeichnung der Spuren ionisierender Teilchen), Eisen und Kunststoff. Die in den Emulsionsschichten gespeicherten Spuren sämtlicher Ereignisse wurden nach Abschluß der Datennahme mittels automatisch arbeitender Videokameras vermessen, dreidimensional rekonstruiert und einzelnen Ereignissen zugeordnet. Zusätzlich waren in elektronischen Zählern hinter dem Sandwich geladene Teilchen registriert worden. Gesucht wurde nach etwa millimetergroßen Spuren, die einen Knick hatten und so den Zerfall eines kurzlebigen Teilchens in ein anderes geladenes signalisierten. Aus 6 Millionen Reaktionen im Detektor blieben nach der drei Jahre dauernden Analyse 4 als sicher angesehene Spuren, die die Erzeugung eines Tauons durch Neutrinos entsprechend der theoretisch erwarteten Häufigkeit belegen.

Damit ist die Existenz aller Bausteine des "Standardmodells" der Teilchenphysik gesichert. Aber gerade die Neutrinos stellen sich als interessante und rätselhafte Objekte heraus. Seit zwei Jahren scheint gesichert zu sein, daß sie nicht masselos sind und sich in einander verwandeln können.

Detecting a Tau Neutrino

