



Im Strom der Gezeiten

Auf der Suche nach stellaren Gezeitenströmen um nahe Spiralgalaxien sind ein Wissenschaftler und ein Amateurastronom gemeinsam auf der Pirsch. So verbinden sie beste Beobachtungstechnik mit aktuellen Computermodellen.

Sterne und Weltraum: Herr Martínez-Delgado, Herr GaBany, es ist nicht alltäglich, dass ein Wissenschaftler und ein Astrofotograf, der eine Privatsternwarte betreibt, gemeinsame Sache machen. Wie kam Ihre Kooperation zu Stande?

David Martínez-Delgado: Als ich während meiner Forschungsarbeiten nach Gezeitenströmen in Galaxien suchte, merkte ich, wie schwierig das ist: Mit einem Teleskop wie dem 2,5-Meter-Spiegel in La Palma und dem Acht-Meter-Teleskop, dem VLT in Chile, waren diese lichtschwachen Strukturen kaum zu finden. Denn die Sensorkalibrierung, die mittels eines Weißbilds erfolgt, war bei diesen Teleskopen sehr schlecht und hat in den Aufnahmen viele Artefakte erzeugt. Daraufhin sah ich mir Bilder von Astrofotografen aus der Amateurszene an. Damals fingen sie an, Bilder zu machen, auf denen ganz neue Dinge zu sehen waren.

SuW: Wie kam es zu diesem Fortschritt bei den Hobbyfotografen?

Martínez-Delgado: Es kam eine neue Generation von CCD-Chips auf den Markt. Mit einer Größe von 35 Millimetern wurde es

möglich, mit kleineren Teleskopen ein Gesichtsfeld von einem halben Grad bis zu zwei Grad im Durchmesser aufzunehmen. Damit lassen sich auch ausgedehnte Strukturen in einem Stück darstellen. Die CCD-Chips in einem größeren Profiteleskop dagegen haben ein viel kleineres Gesichtsfeld, etwa sieben Bogenminuten. Daher sind für die Aufnahmen mehrere Chips zusammengefügt und wir erhalten etwa die Bilder einer Galaxie als Mosaik. Das führt zu Artefakten, etwa einem inhomogenen Hintergrund, was gerade bei der Untersuchung von lichtschwachen Strukturen hinderlich ist. – Bei meiner Recherche bin ich dann auf Jay GaBany gestoßen und nahm 2006 Kontakt zu ihm auf.

SuW: Herr GaBany, Sie sind leidenschaftlicher Astrofotograf. Was ist Ihr beruflicher Hintergrund? Hatten Sie zuvor schon etwas mit Astronomie oder Informatik zu tun?

R. Jay GaBany: Eigentlich bin ich Unternehmer. Ich habe einen Abschluss in Betriebswirtschaft von einer kleinen Universität in West Virginia, wo ich aufgewachsen bin. Seit fast 30 Jahren bin ich in der Reisebranche tätig. Zuerst habe ich große Unternehmen gemanagt, die Geschäftsreisen organisierten. Ende der 1990er Jahre fing ich dann bei einem Start-up-Unternehmen in Kalifornien an, das es Firmen ermöglichte, Reisen online zu buchen. Offiziell bin ich sozusagen ein Projektmanager für Internet-Unternehmen im Reisesektor.

Aber bereits in meiner Kindheit habe ich mich für Astronomie interessiert. Mein Vater zeigte mir Sputnik – das ist meine erste Erinnerung daran. Ich bin in den 1960er Jahren aufgewachsen, in der Zeit des Apollo-Raumfahrtprogramms. Mein erstes Teleskop bekam ich, als ich ungefähr 13 war. Damit schaute ich den Mond an, während Neil Armstrong darauf herumlieft! Da war mein Interesse für Astronomie und Raumfahrt entfacht. Dann brachte ich mir selber bei, durch mein Teleskop Bilder aufzuneh-

www.cosmotography.com



Auf der Homepage von R. Jay GaBany findet sich eine breite Palette seiner Astrofotografien. Die American Astronomical Society verlieh dem Projektmanager aus San Jose in Kalifornien 2011 den Chambliss Amateur Achievement Award. Dieser Preis wird jährlich an Amateurastronomen vergeben, die in besonderem Maße zur wissenschaftlichen Forschung beitragen. Das Nachrichtenmagazin Time wählte ihn 2012 zu einer der 25 einflussreichsten Personen in den Weltraumwissenschaften.



D. Martínez-Delgado (MPIA, IAC) / R. J. GaBany (Blackbird Observatory) et al.

men. Schließlich fotografierte ich einen Kometen und gewann dafür in der Highschool einen Wissenschaftspreis. Während meiner Zeit am College verlor ich aber zunächst das Interesse daran und kam erst in den 1980er Jahren wieder darauf zurück, als der Halleysche Komet auftauchte.

SuW: *Herr Martínez-Delgado, und was waren Ihre ersten Erfahrungen mit der Astronomie?*

Martínez-Delgado: Bevor ich in die Forschung ging, war ich selber ein Amateurastronom. Ich habe damit begonnen, als ich zehn Jahre alt war. Ich konnte die Milchstraße von zu Hause aus sehen. Das ist eine Motivation, Astronomie zu studieren, der Himmel ist eben sehr attraktiv. Meine Leidenschaft war es, die lichtschwächsten Objekte – Galaxien, Planetarische Nebel oder auch Kugelsternhaufen – mit einem 20-Zentimeter-Reflektor und einer Aufsuchkarte zu finden. Dabei habe ich auch Skizzen angefertigt. Das ist auch heute noch mein Hobby. Im Jahr 1995 habe ich die amateurastronomische Gesellschaft in Cordoba gegründet, die auch heute noch aktiv ist. Ich bin dann aber für meine Promotion an das Instituto de Astrofísica de Canarias auf Teneriffa gegangen.

SuW: *Herr GaBany, was war dann Ihr weiterer Weg zur Astrofotografie?*

GaBany: Ich kaufte mir damals ein 16-Zoll-Teleskop mit einer Kamera, verfolgte den Halleyschen Kometen mit dem Joystick und nahm ein paar Bilder von ihm auf. Aber mir wurde klar, dass das einfach zu viel Arbeit war – und überhaupt nicht romantisch. Um das Jahr 2000 herum brachte ich mir selbst bei, Bilder mit einer CCD-Kamera aufzunehmen. Dass David dann später auf meiner Website aufmerksam wurde, war reiner Zufall.

SuW: *Wann haben Sie angefangen, sich speziell für Galaxien zu interessieren?*

Das auffälligste Merkmal der rund 50 Millionen Lichtjahre entfernten Spiralgalaxie NGC 4651 ist die schmale Struktur, die sich von der Galaxie ausgehend über mehr als 50 000 Lichtjahre nach Osten erstreckt und in einem großen schirmartigen Gebilde endet. Ihm verdankt sie ihren Spitznamen: Umbrella Galaxy. Diese blauen Teile bestehen aus Sternen einer Zwerggalaxie, die vor sechs bis zehn Milliarden Jahren im Gravitationsfeld von NGC 4651 zerschreddert und eingefangen wurde: galaktischer Kannibalismus. Die Aufnahme von R. Jay GaBany entstand aus mehreren Belichtungen zwischen dem 20. und 30. August 2009 mit dem 0,5-Meter-Teleskop des Blackbird Observatory bei einer Gesamtbelichtungszeit von 802 Minuten.

GaBany: Das war eigentlich erst im Jahr 2004. Anfangs machte ich die Bilder von meinem Grundstück in Kalifornien aus. Dabei lernte ich einiges über die nächtlichen Lichtverhältnisse und die Belichtung der Bilder: Man macht keine Aufnahmen vor Mitternacht. Außerdem gibt es Rhythmen der Lichtverschmutzung, und die dunkelsten Nächte sind in der Regel sonntags. Der Himmel kann innerhalb einer Woche von Nacht zu Nacht heller werden. Bald bemerkte ich auch, dass ich umso einfacher mit dem Helligkeitsgradienten am Himmel umgehen konnte, je länger ich belichtete. Da man praktisch entlang der Teleskopspur belichtet, macht das den Hintergrund homogener.

SuW: *Wie sind Sie dabei auf die Gezeitenströme gestoßen?*

GaBany: Als ich beim Blackbird Observatory in New Mexico anfragte, Bilder bei diesem äußerst dunklen Himmel dort machen zu dürfen, behielt ich aus Gewohnheit die langen Belichtungszeiten bei, auch weil dies ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis lieferte. So belichtete ich meine Bilder mit dem 20-Zoll-Teleskop fünf oder sechs Stunden und begann, Dinge zu finden, die niemand anderes bis dahin sehen konnte. Als ich meine Bilder anderen Astrofotografen zeigte, lachten sie mich sogar aus, weil ich



Die Spiralgalaxie M94 im Sternbild Jagdhunde ist etwa 16 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt. Sie weist einen hellen inneren Ring leuchtkräftiger Sterne auf, deren Licht an Staubwolken reflektiert wird und dadurch blau erscheint. Außerhalb des Bereichs der Spiralarme zeigen sich auf dieser insgesamt 13 Stunden belichteten Aufnahme lichtschwache Ausläufer, die den Durchmesser der Galaxie verdoppeln. R. Jay Gabany kombinierte für sein LRGB-Bild 52 Aufnahmen mit dem 0,5-Meter-Teleskop von je 15 Minuten Dauer.

so lange belichtete. Damals war es üblich, etwa zwei Stunden zu belichten. – Mit den Jahren hat sich das aber geändert. Die Leute haben inzwischen gelernt, dass man bei längerer Belichtung mehr sehen kann, auch weil die Aufnahmen einen ausgeglicheneren Hintergrund haben. – Als David auf mich aufmerksam wurde, hatte ich gerade ein Bild von M94 aufgenommen: Davon wird üblicherweise das helle zentrale Gebiet gezeigt, bei dem eine deutliche Struktur zu erkennen ist und das von einem nebligen Ring umgeben ist. Ich habe herausgefunden, dass dieser Ring ebenfalls strukturiert ist.

Martínez-Delgado: Genau dieses Bild mit Messier 94 fiel mir auf. Das war der Beginn unserer Zusammenarbeit.

GaBany: Wir verglichen das Bild dann mit Aufnahmen des Sloan Digital Sky Survey, dem SDSS, und sogar mit Infrarot- und Ultraviolett-Aufnahmen der Weltraumteleskope Spitzer und GALEX. Was ich im sichtbaren Spektralbereich sah, stimmte mit den Beobachtungen aus den anderen Wellenlängenbereichen überein. Da war also etwas dran. Als David mich dann fragte, ob ich nicht mit ihm den Himmel beobachten wollte, war das einfach zauberhaft.

SuW: Was waren ihre ersten Erfolge?

Martínez-Delgado: Etwa die Aufnahme von NGC 4013 aus der Anfangszeit unseres Projekts. Es war das erste Bild, mit dem wir versuchten, die Gezeitenströme um Galaxien mit einem kleinen Teleskop wie dem 50-Zentimeter-Fernrohr im Blackbird Observatory nachzuweisen. Bereits seit mehr als zehn Jahren ist bekannt, dass diese Galaxie von einem Ring umgeben ist. Sie eignete sich also besonders gut als Testobjekt, um zu zeigen, dass mit kleinen Teleskopen Aufnahmen von flächigen lichtschwachen Strukturen möglich sind.

GaBany: Tatsächlich gab es zuvor nur Aufnahmen von Teilen des Rings. Unser Ziel war es, den vollständigen Gezeitenstrom abzulichten. Das ist uns gelungen.

Martínez-Delgado: Zudem haben wir Mehrkörpersimulationen dazu gemacht, um zu verstehen, wie diese Struktur entstanden ist. Diese haben gezeigt, dass es genau eine Satellitengalaxie in der Umgebung von NGC 4013 gibt, die den Gezeitenstrom erzeugt.

SuW: Sie arbeiten also auch mit Simulationen? Wie greifen hier Theorie und Beobachtung ineinander?

Martínez-Delgado: Anhand der Modellrechnungen lässt sich abschätzen, wie viele Galaxien Gezeitenströme aufweisen und welche Flächenhelligkeit diese haben sollten. Diese Modelle schließen die kalte dunkle Materie mit ein. Es zeigt sich, dass im Prinzip alle Galaxien, die unserer Milchstraße ähneln, Gezeitenströme besitzen sollten, die aber sehr lichtschwach sind. Um das Modell überprüfen zu können, brauchen wir eine möglichst große Stichprobe an Beobachtungen von verschiedenen Galaxien. Dazu wählen wir mit Jay und einem anderen Astrofotografen, der ein ähnliches Teleskop hat, Spiralgalaxien aus und beobachten sie. Dann zählen wir, wie viele von ihnen einen Ge-

zeitenstrom aufweisen und vergleichen das Ergebnis mit den kosmologischen Modellen. Es gibt Theorien, nach denen alle Galaxien, die unserer Heimatgalaxie ähneln, aus 100 bis 200 kleineren Sternsystemen entstanden sind. Die Überreste davon sollten noch in den Halos der Galaxien zu sehen sein.

SuW: Was kann man noch aus den Gezeitenströmen um Galaxien über die Galaxienentwicklung lernen?

Martínez-Delgado: Wir haben außerdem einen Strom bei einer irregulären Zwerggalaxie gefunden. Das heißt, dass Zwerggalaxien auf dieser kleinen Skala vielleicht auch kleine Galaxien erzeugen. Das ist interessant, weil es gerade im heutigen Universum passiert, und das könnte bedeuten, dass man dies für das Verständnis der Sternentstehung und der Geschichte der Zwerggalaxien mit einbeziehen müsste.

SuW: Was ist konkret Ihre Rolle bei diesem anspruchsvollen Projekt, Herr GaBany?

GaBany: David bittet mich, Aufnahmen zu machen und an einer bestimmten Stelle und einem bestimmten Objekt zu überprüfen, ob es dort etwas Interessantes zu sehen gibt. Denn ich habe unbegrenzten Zugang zu einem Teleskop und gute Beobachtungsbedingungen, und ich kann so weit schauen, das heißt, so lange belichten, wie ich will. Ich bin eine sehr geduldige Person: Es macht mir Spaß zu warten, und ich kann mich dann sehr über ein schönes, gelungenes Bild freuen.

SuW: Bis zu welchen Grenzhelligkeiten kann man mit den kleineren Amateuerteleskopen beobachten?

Martínez-Delgado: Es lassen sich lichtschwächere Strukturen aufnehmen, ohne dass hellere Hintergrundsterne den Chip bei langen Belichtungszeiten zum Überlaufen bringen. Wir kommen auf eine Flächenhelligkeit bis zu 28 oder 29 mag pro Bogenminute. Das sind zwei bis drei mag mehr, als etwa Surveys wie der SDSS messen. Dazu benötigt man aber sehr lange Belichtungszeiten,

nicht weniger als 12 Stunden. Damit können wir die hellsten der Gezeitenströme sehen.

SuW: Herr GaBany, welche Beobachtungsausrüstung benutzen Sie für die Astrofotografie?

GaBany: Das Teleskop ist ein Ritchey-Chrétien von RC Optical Systems mit 50 Zentimeter Öffnung auf einer Paramount-ME-Montierung. Für die Aufnahmen verwende ich eine Alta-16-Megapixel-Kamera sowie Filter der Astrodon-E-Serie.

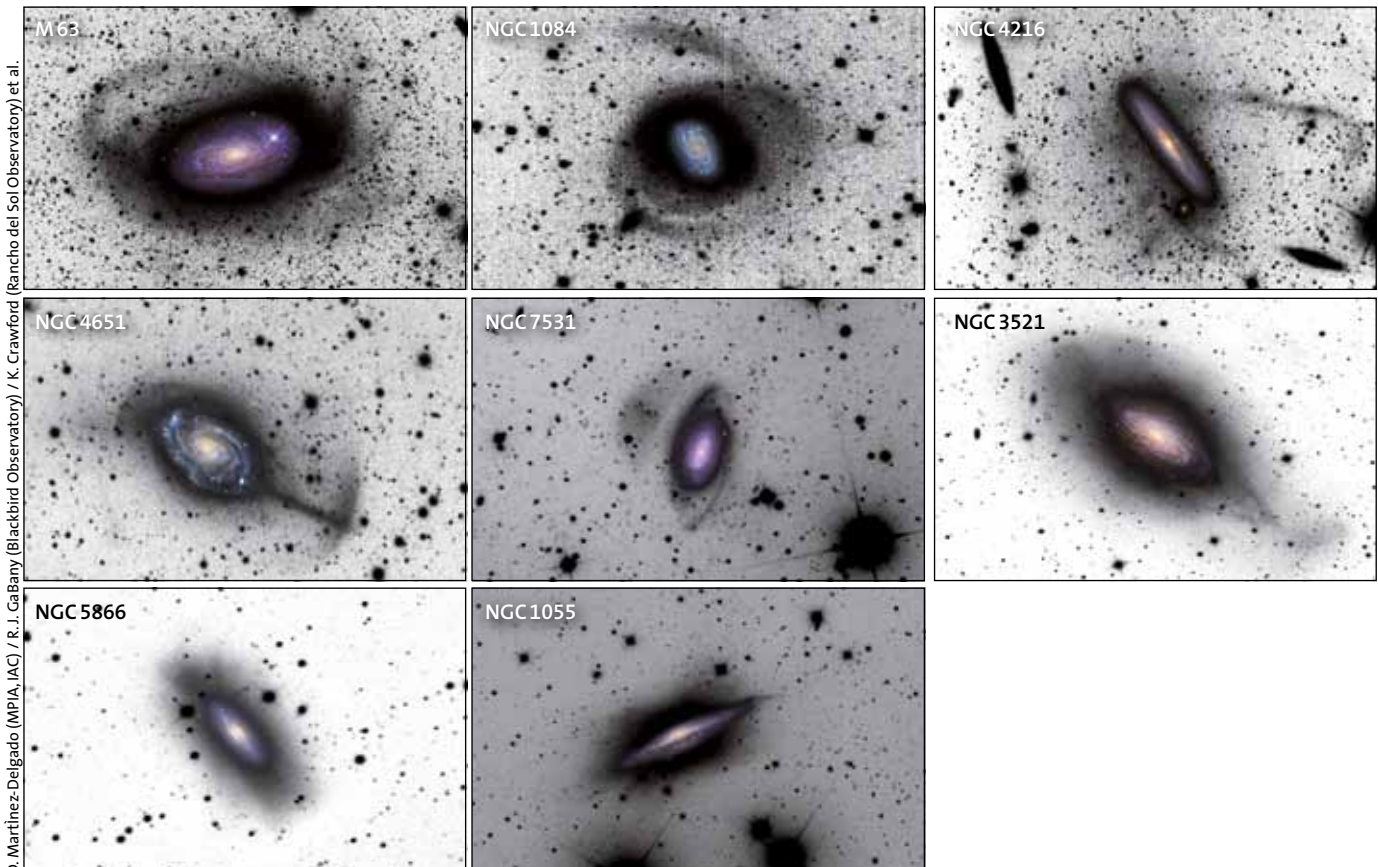
SuW: Wo steht Ihr Teleskop? Steht es einzeln, oder ist es in einer Astrofarm untergebracht?

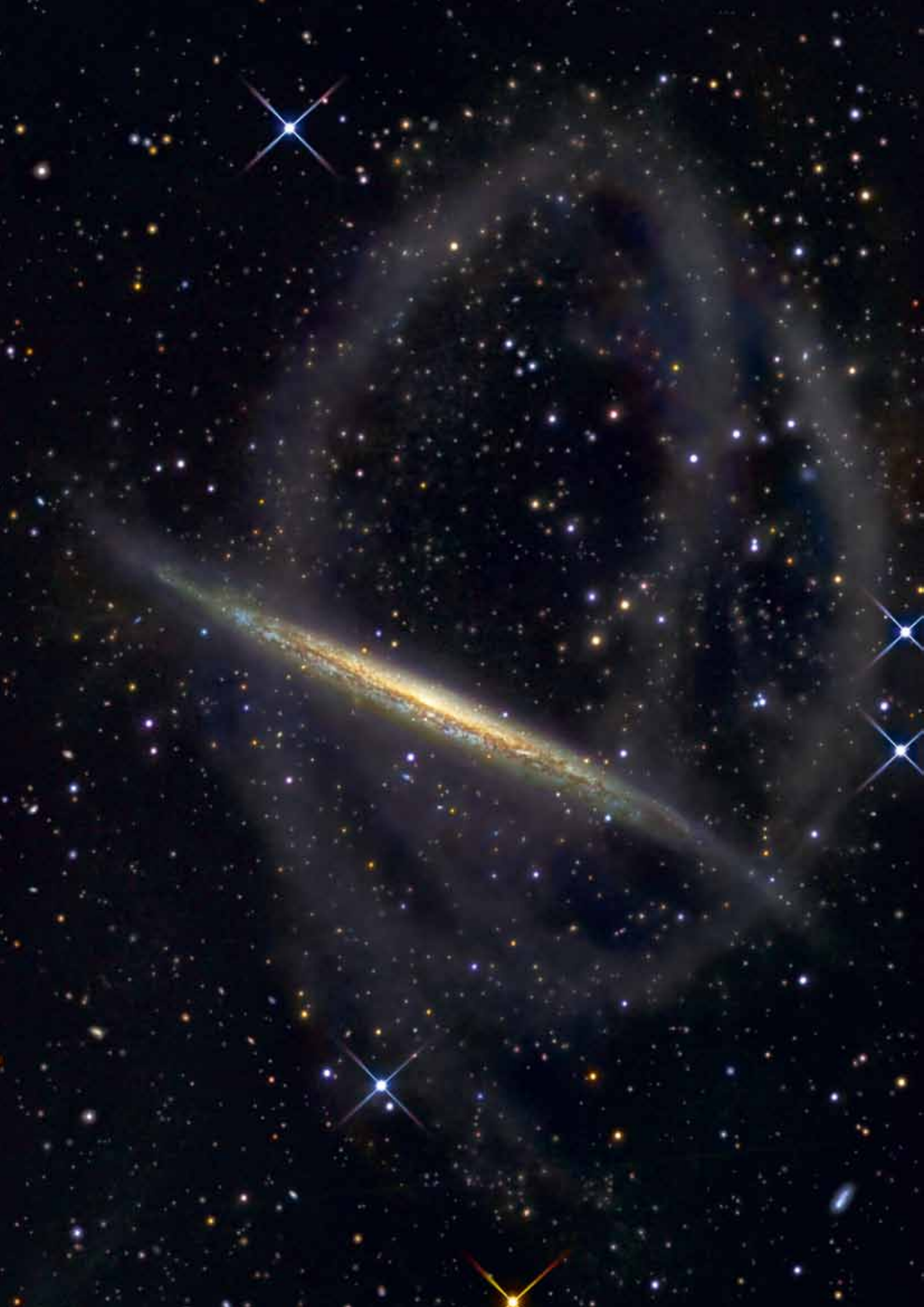
GaBany: Zuerst stand es in einem privaten Observatorium in New Mexico, doch dann habe ich es nach Kalifornien in die Nähe von Alder Springs in eine Astrofarm mit insgesamt acht kleinen Observatorien gebracht – das ist nun das Blackbird II Observatory. So bin ich näher dran. Ich musste einfach öfter am Teleskop sein, um es warten zu können. Außerdem wird dort Internetzugang, Strom und eine Überwachung der lokalen Wetterbedingungen zur Verfügung gestellt.

SuW: Sie fahren also nicht für jede Beobachtung dort hin?

GaBany: Um alles, was mit der Beobachtung zu tun hat, kann ich mich ganz gemütlich von zu Hause aus per Internet kümmern. Ich fahre aber in der Regel zweimal im Jahr dort hin, um nach dem Rechten zu sehen und es zu warten.

Die Kollage zeigt acht Beispiele von Spiralgalaxien, die kleine Satellitengalaxien verschlingen. Sie entstammen einer Durchmusterung von David Martínez-Delgado, Hans-Walter Rix, R. Jay GaBany und weiteren Teammitgliedern. Der Zentralteil der Bilder zeigt jeweils ein normales Positivbild, die äußeren Regionen sind als Negativ dargestellt. Dort sind die Überreste von durch Gezeitenkräfte zerrissenen Zwerggalaxien zu sehen.





Die Spiralgalaxie NGC 5907 in rund 40 Millionen Lichtjahren Distanz zeigt sich uns von der Kante. Sie ist umgeben von schleifenförmigen Strukturen, die sich über mehr als 150 000 Lichtjahre erstrecken. Die Schleifen bestehen aus Sternen. Sie gingen aus einer Zwerggalaxie hervor, die vor rund vier Milliarden Jahren durch die Gezeitenkräfte im Gravitationspotenzial von NGC 5907 zerrissen wurde. Das Bild entstand zwischen dem 4. Juni und dem 16. August 2006 mit dem 0,5-Meter-Teleskop des Blackbird Observatory. Die Gesamtbelichtungszeit beträgt 801 Minuten.

SuW: Steht das Blackbird II Observatory auch anderen Amateurastronomen oder Astrofotografen zur Verfügung?

GaBany: Gelegentlich beobachten auch Freunde von mir dort, aber es ist nicht zugänglich für die Öffentlichkeit. Das ist in meinen Mietbedingungen nicht vorgesehen.

SuW: Es gibt aber sicher nicht viele Amateurastronomen, die über solche Möglichkeiten verfügen?

Martínez-Delgado: Viele gibt es nicht, und es ist auch noch aus einem anderen Grund schwer, Amateure für diese Art von Arbeit zu finden: Wissenschaftlich betrachtet, zeigt ein Objekt manchmal gar nichts oder nur wenig, und man muss erklären, dass eine bestimmte Galaxie nützlich ist, weil wir versuchen, Gezeitenströme in Galaxien zu zählen. Aber das ist nicht so spektakulär, und die Amateure sind frustriert ...

GaBany: Vielleicht noch ein Kommentar dazu: Viele wollen sofort eine Anerkennung. So stellen die meisten Astrofotografen ihre Bilder innerhalb von zwei Tagen nach der Aufnahme ins Internet. Manche glauben fälschlicherweise, Astrofotografie sei ein Wettbewerb darum, wer das schönste Bild macht. Für mich ist es ein Weg, den Kosmos zu erkunden, der uns umgibt, und dabei meine eigenen Fähigkeiten zu entdecken. Ich befinde mich nicht im Wettbewerb mit anderen Astrofotografen, sondern mit mir selbst.

SuW: Wie verhält es sich mit den Zeitskalen, wenn Sie mit den Bildern eine wissenschaftliche Publikation planen?

Martínez-Delgado: Möchte man wissenschaftlich arbeiten, ist das ein viel langwieriger Prozess: Wenn man einen Gezeitenstrom findet und darüber ein Paper veröffentlichen möchte, dauert das manchmal bis zu einem Jahr. Und die Astrofotografen möchten ihre Bilder sobald wie möglich ins Internet stellen. Es gibt eine große Konkurrenz darum, möglichst viele Bilder als »Astronomy Picture of the Day« der NASA einzustellen. Das ist eine völlig andere Welt.

GaBany: Im Gegenzug dazu: Wenn ich ein Bild mache, ist es mir lieber, auf eine wissenschaftliche Publikation zu warten, mit der ich es zusammen veröffentlichen kann. Unsere Arbeit beruht auf Gegenseitigkeit, sogar ziemlich offiziell. David kann auf beliebig viele Daten von mir zurückgreifen.

Martínez-Delgado: Manchmal gibt es auch Probleme. Wenn ich ihn etwa darum gebeten habe, ein Bild geheim zu halten, ein anderer Astrofotograf aber die gleichen Aufnahmen macht und sie an viele andere Astrofotografen verschickt, ist das eine schwierige Situation für mich.

GaBany: Auf diesem Bild mit M 94 saß ich zum Beispiel drei Jahre, auf einem anderen ein Jahr. Das ist Teil unserer Arbeit.

SuW: Es gibt gewiss auch Unterschiede bei der Bildverarbeitung, abhängig davon, ob man ein Bild wissenschaftlich veröffentlicht oder einfach als Astrofotografie publiziert?

Martínez-Delgado: Ja, die gibt es. Deshalb haben wir auch anderen Astrofotografen beigebracht, Bilder für astrophysikalische Fachzeitschriften zu machen. – Ich war einmal auf einer Konferenz, wo ich an einem Seminar eines berühmten amerikanischen Astrofotografen teilnahm. Am Ende dachte ich: Das war eine gute Lehre, was man nicht mit Bildern für wissenschaftliche Zwecke tun sollte. Geben Sie die unbearbeiteten Bilder fünf verschiedenen Astrofotografen und Sie werden fünf verschiedene Versionen aus dem gleichen Original machen. Sie benutzen sehr viele Tricks, filtern, passen an, aber ohne jegliche Regel, sie interpretieren das Bild. Das ist Kunst. – Deswegen versuchte ich zu Beginn des Projekts zu erklären, warum man das nicht tun darf, wenn man die Bilder in einem wissenschaftlichen Journal veröffentlichen will. Das hört sich erst einmal langweilig an, aber diese Regeln sind wichtig. Ich denke, dass ich damit Erfolg hatte.

SuW: Wie reagieren Ihre Kollegen darauf, dass Sie mit einem »Amateurastronomen« zusammenarbeiten?

Martínez-Delgado: Ich erinnere mich an die erste Konferenz, bei der ich ein Bild von Jay zeigte: Ein Astronom war davon überzeugt, dass wir diesen Gezeitenstrom mit Photoshop gefunden hätten. Das war also kein guter Anfang für unser Projekt, und für

mich war es ein Risiko. Wir legen darauf Wert zu zeigen, dass jedes Detail auf unseren Bildern echt ist, indem wir verschiedene Bilder mit mehreren Tele-

skopen machen, um Artefakte auszuschließen, und bei der Bildbearbeitung sehr vorsichtig sind.

GaBany: Ich selbst bearbeite die Bilder aus zwei verschiedenen Blickwinkeln. Wenn ich weiß, dass sie Teil der Forschung sind, bin ich sehr gewissenhaft. Aber ich benutze die Daten auch als Künstler, um etwas für die Öffentlichkeit zu machen.

Das Gespräch führten Axel M. Quetz, Martin Neumann und Tilmann Althaus. Bearbeitung: Felicitas Mokler.

Die Aufnahmen für wissenschaftliche Veröffentlichungen müssen nach strengen Regeln bearbeitet werden.



Der US-amerikanische Amateurastronom **R. JAY GABANY** hat sich auf Deep-Sky-Aufnahmen von Galaxien und deren unmittelbare Umgebung spezialisiert, die wegen ihrer Gezeitenströme für die aktuelle Forschung interessant sind. Er nutzt das Blackbird Observatory II bei Alder Springs in Kalifornien mit einem 0,5-Meter-Ritchey-Chrétien-Teleskop.



DAVID MARTÍNEZ-DELGADO forscht als Alexander von Humboldt-Stipendiat am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg. In Zusammenarbeit mit Amateurastronomen leitet er eine Durchmusterung zu stellaren Gezeitenströmen um nahe Spiralgalaxien.