

Astrophysik an der Karl-Franzens-Universität Graz

Arnold Hanslmeier

Von der Physik des nächsten Sterns, der Sonne, zu Exoplaneten, jungen Sternen mit Akkretionsscheiben bis hin zur Dunklen Materie erstreckt sich gegenwärtig das breite Spektrum der astrophysikalischen Forschung an der Karl-Franzens Universität in Graz.

Geschichte

Heute ist die Astrophysik in das Institut für Physik eingegliedert, das hat sich in den letzten Jahren mehrmals geändert. Begonnen hat es mit einem eigenständigen Institut für Astronomie. Es gab als Vorstand einen ordentlichen Professor sowie Assistenten, die sich habilitieren konnten und somit ebenfalls eigenständige wissenschaftliche Forschung betrieben. Spezialisiert war man in Graz schon länger auf das Sonnensystem. Die Sonne wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in dem angegliederten Sonnenobservatorium Kanzelhöhe erforscht, in Graz widmete man sich zunächst der Himmelsmechanik sowie der Untersuchung der kleinen Planeten. Im Bereich der Kleinplanetenforschung ist es früh gelungen, Beobachtungszeiten an internationalen Observatorien zu erhalten, so am Observatoire de Haute Provence sowie an Teleskopen der ESO – obwohl keine Mitgliedschaft zur ESO seitens Österreich bestand. Die Kleinplanetenforschung bestand vor allem in der Untersuchung der Lichtkurven dieser Objekte, da sich deren Helligkeit wegen ihrer von einer Kugelgestalt abweichenden Form infolge ihrer Rotation ändert. Im Bereich der Himmelsmechanik wurden Untersuchungen der Stabilität von Planetenbahnen sowie neu entwickelte Verfahren zur rascheren Berechnung von Planetenbahnen gemacht. Der Autor hat selbst an solchen Programmen mitgearbeitet und erinnert sich noch, als er vom Leiter des Uni-Rechenzentrums aufmerksam gemacht wurde, dass die verwendeten Rechenprogramme bereits 2 kByte am Speicher verbrauchen!

Mit der Emeritierung von Univ.-Prof. Haupt und weiteren personellen Änderungen fand unter Univ.-Prof. Hanslmeier eine Konzentration auf die Sonnenphysik statt sowie eine starke Internationalisierung der Kanzelhöhe. Hanslmeier leitete das Institut für Astronomie von 1994 bis 1999 als es mit dem Institut für Meteorologie und Geophysik unter dem Namen IGAM fusionierte. Seit 2004 ist das IGAM (Institutsbereich Geophysik-Astrophysik und Meteorologie) Teil des Instituts für Physik und die Kanzelhöhe wurde

ausgegliedert als Institut, welches unter der Leitung von Assoz. Prof. Veronig direkt dem Dekanat untersteht.

Ein wichtiges Datum war der Beitritt Österreichs zur ESO im Jahre 2007. Wegen der hohen Mitgliedsbeiträge sollten auch in Graz ESO-Aktivitäten betrieben werden, nach langem Ringen gelang es entsprechende Stellen zu bekommen. Damit werden neben der reinen Sonnenphysik, die in Graz und auf der Kanzelhöhe mit größtem Engagement und international sehr gut vernetzt durchgeführt wird, auch andere Forschungsfelder der modernen Astrophysik wie Exoplaneten-Sternentstehung und dunkle Materie behandelt. Dies ist wichtig, um den Studierenden auch eine breite Basis an forschungsnaher Grundausbildung mitzugeben.

Astrophysik ist zu einem beliebten Thema für Bachelor- und Masterarbeiten geworden.

Sonnenphysik

Die Erforschung unserer Sonne ist einerseits für uns auf der Erde von großer Bedeutung, andererseits ist die Sonne der einzige Stern, der wegen seiner Nähe Detailbeobachtungen ermöglicht. Folgende Bereiche der Sonnenphysik werden in Graz untersucht.

Dynamik der Photosphäre der Sonne

Die Sonne ist eine Gaskugel, nahezu 90% der gesamten Sonnenstrahlung stammt aus einer nur etwa 400 km dicken Schicht, der Photosphäre. Die Photosphäre ist nicht homogen: man beobachtet Sonnenflecken, die Granulation als zellförmiges Muster und andere Phänomene. Wir interessieren uns vor allem für die ruhige Sonne, also ohne Sonnenflecken, und stellen uns die Frage, wie die Energie an die Oberfläche der Sonne transportiert wird, ob dieser Energiebetrag sich mit dem 11-jährigen Sonnenzyklus ändert und was zur Aufheizung der oberhalb der 6000 K heißen Photosphäre liegenden Chromosphäre führt, wo die Temperatur auf mehrere 10000 K ansteigt. Die etwa 1000 km großen Zellen nennt man Granulen. Dort strömt die Materie nach oben, kühlt sich ab und sinkt in den dunklen intergranularen Bereichen nach unten. Da die Granulen sehr klein sind, benötigt man Teleskope mit einer hohen räumlichen Auflösung (Abb. 1).

Durch exzellente Kontakte haben wir Zugang zu den leistungsfähigsten Sonnenteleskopen auf den Kanarischen

Univ.-Prof. Dr. Arnold Hanslmeier, Institut für Physik, Karl-Franzens-Universität Graz. E-Mail: arnold.hanslmeier@uni-graz.at

Inseln, VTT, Gregor und auch zu Satellitendaten (Hinode, SOHO, SDO). Zur physikalischen Interpretation der Beobachtungen vergleicht man sie mit Simulationsrechnungen – im Wesentlichen Magnetohydrodynamik, da in der Photosphäre das Magnetfeld durch Plasmabewegungen beeinflusst wird. Neben Aufnahmen der Sonne in verschiedenen Wellenlängenbereichen werden auch spektropolarimetrische Daten verwendet, welche Aufschlüsse über Magnetfelder geben und durch ein Scannen entlang der Wellenlänge quasi eine Tomographie der Sonnenphotosphäre erlauben. Die tieferen Teile einer Spektrallinie entstehen in höheren Schichten als das nahe Kontinuum.

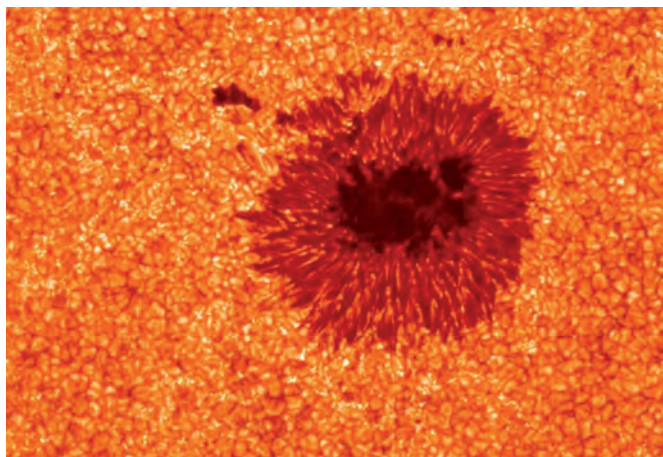


Abb. 1: Sonnenfleck und zellförmige Granulation auf der Sonnenoberfläche. Der Durchmesser der kleinen Zellen beträgt etwa 1000 km. (Aufnahme: SDO/NASA)

Flares und Spaceweather

Die Einflüsse der Sonne auf die Physik der Erde und des erdnahen Weltraumes werden als Weltraumwetter, Space Weather, bezeichnet. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die Auswirkungen bei einem Flareausbruch in der Chromosphäre bzw. der darüber liegenden Korona der Sonne. Innerhalb einiger Minuten werden dabei Energien von mehreren Millionen Wasserstoffbomben freigesetzt. Die Ursache ist die Verschmelzung anfangs gegenläufiger Magnetfeldlinien, ein Prozess, der als magnetische Rekonnexion bekannt ist. In der hohen Korona der Sonne kommt es durch ähnliche Prozesse zu koronalen Masseausbrüchen, CMEs. Beide Vorgänge sind wichtig für das Weltraumwetter. Dazu kommt noch der Sonnenwind, ein Strom geladener Teilchen von der Sonne. Die Häufigkeit und Intensität schwankt mit dem 11-jährigen Aktivitätszyklus der Sonne. Durch die Einbindung in internationale Projekte – oftmals von der Europäischen Union finanziert – haben wir Zugang zu den aktuellsten Satellitendaten und können Flares und CMEs in unterschiedlichen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums verfolgen, von der harten extrem kurzwelligen Röntgenstrahlung zur UV-Strahlung bis hin zu Radiobeobachtungen. Die energiereichsten Teilchen und Prozesse beobachtet man dabei im Röntgenbereich, die Radiostrahlung entsteht durch die Bewegung geladener Teilchen entlang Magnetfeldlinien (Synchrotronstrahlung).

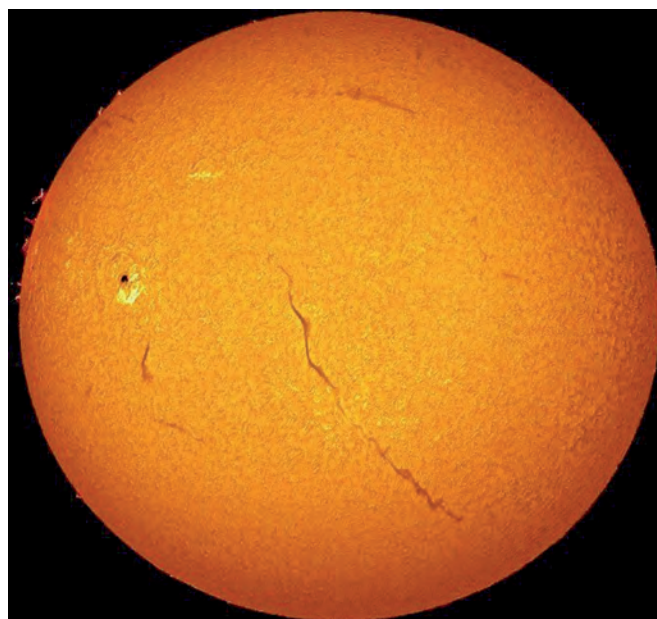


Abb. 2: Sonne. (Aufnahme: Kanzelhöhe)

Sonnenobservatorium Kanzelhöhe

Etwa 200 km westlich von Graz nahe Villach liegt Österreichs einziges Sonnenobservatorium, das auch Messungen im Umweltbereich durchführt. Die Instrumente erlauben ein Monitoring der Sonne (Abb. 2) und die Daten werden in Echtzeit an internationale Zentren weitergegeben, um Warnungen vor starken Sonnenausbrüchen zu ermöglichen. Hierzu ist eine weltweite Überwachung der Sonnenaktivität nötig und die Daten der Kanzelhöhe sind von sehr guter Qualität. Neben der einfachen Zählung der Sonnenflecken wird die Sonne im Bereich der Chromosphäre überwacht durch Aufnahmen im Licht der Wasserstofflinie H-Alpha. Die Aktivitäten werden durch EU-Projekte und Projekte der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA unterstützt. Die öffentlich zugänglichen Datenarchive dienen immer wieder als wertvolle Basis für Untersuchungen. Bodengestützte Beobachtungen sind sehr wichtig für die Überwachung der Sonne, da durch Satellitenmissionen immer wieder Lücken in den Datenreihen auftreten können bzw. es solche Missionen erst seit etwa 30 Jahren gibt.

Astrophysik

Neben der Sonnenphysik haben sich in den letzten Jahren in Graz auch Themen der modernen Astrophysik etabliert.

Exoplaneten und sonnenähnliche Sterne

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Weltraumforschung IWF (Gruppe um Priv. Doz. Lammer) werden Exoplaneten untersucht bzw. der Einfluss deren Muttersterne auf Lebensbedingungen. Hier dient unsere Sonne als Muster. Starke Ausbrüche auf der Sonne und das Studium der Auswirkungen der Teilchen und der Strahlung, die dabei

auf die Magnetosphäre bzw. Atmosphäre treffen, wobei geladene Teilchen größtenteils durch die Magnetosphäre der Erde abgeschirmt werden, erlauben Rückschlüsse darauf, was bei Planeten um aktive Sterne zu erwarten ist, wie sich solche Ausbrüche auf die Entwicklung der Planetenatmosphäre auswirken können. Auch die frühe junge Sonne war wesentlich aktiver als heute, an Leuchtkraft besaß sie allerdings nur ca. 70% des heutigen Wertes. Exoplaneten lassen sich durch Transits indirekt feststellen, wenn von uns aus gesehen ein Planet vor seinem Mutterstern vorbeigeht. Dann kommt es zu einem kleinen Helligkeitsabfall des Sternes der messbar ist. Um solche Messungen durchzuführen bedarf es keiner großen Teleskope und so werden Beobachtungen auch mit den kleinen Teleskopen am Observatorium Lustbühel gemacht, welches ebenfalls zum IGAM gehört. Außerdem werden Daten einschlägiger Satellitenmission wie Kepler oder Corot analysiert.

Akkretionsscheiben und junge Sterne

Junge Sterne sind noch umgeben von Gas- und Staubmassen, die teils noch in den Stern selbst hineinströmen oder durch den Sternwind bzw. Strahlungsdruck des Sternes aus dem System herausgeblasen werden (Abb. 3). Diese Vorgänge sind für die Entwicklung der frühen Planeten extrem wichtig. Beobachtungsdaten dazu stammen von den Teleskopen der ESO. Lücken in Akkretionsscheiben lassen sich auf Planeten zurückführen. In diesem Bereich gibt es auch Kooperationen mit anderen österreichischen Instituten in Innsbruck und in Wien.



Abb. 3: Künstlerische Darstellung eines Riesenplaneten, der sich in einer Staubscheibe bildet. (Bild: ESA/NASA)

Dunkle Materie

Die Existenz der Dunklen Materie folgt aus der Dynamik von Galaxien und Galaxienhaufen. Ein anderer wichtiger Hinweis auf Dunkle Materie kommt aus Langzeitstudien von Quasar-Gravitationslinsen. Quasare sind quasi sternförmige Objekte, die extrem weit von uns entfernt sind. Es handelt sich dabei um sehr aktive Kerne von Galaxien. Immer wieder kommt es vor, dass das Bild eines Quasars durch eine uns nähere Galaxie oder Galaxienhaufen abge-

lenkt wird, wir als Beobachter sehen dann zwei oder noch mehr Abbildungen desselben Quasars. Die Lichtablenkung hängt nur von der Massenverteilung der Galaxie ab und ist oft durch leuchtende Materie alleine nicht erklärbar. So gibt also die Abbildung von Quasaren als Mehrfachobjekte Aufschluss über den Anteil und die Verteilung der Dunklen Materie. Die Beobachtungsdaten stammen von Teleskopen des ENO, European Northern Observatory, Teneriffa und La Palma.



Abb. 4: Galaxienhaufen, der das Licht dahinter gelegener Galaxien durch den Gravitationslinseneffekt ablenkt bzw. verstärkt. (Aufnahme: Hubble Teleskop)

In diesem kurzen Abriss haben wir die Forschungsfelder im Bereich Sonnen-Astrophysik am IGAM vorgestellt. Die Physikstudierenden belegen die Einführung in die Astrophysik, sowie im Masterstudium die Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie. Eine Spezialisierung auf Astrophysik kann im Masterstudium der Physik erfolgen, aber die Absolventen sind dennoch ausgebildete Physiker mit allen Chancen, die sich auf diesem Gebiet ergeben.

Literatur

- Hanslmeier, A., Faszination Astronomie, Springer, 2013
- Hanslmeier, A., Einführung in Astronomie und Astrophysik, Springer, 2014
- Hanslmeier, A., Die Sonne der Stern von dem wir leben, Vehling, 2013