

Kataklysmische Variable II

Institut für Astronomie und Astrophysik-Abteilung Astronomie
 Akkretionsscheibengruppe (Leiter: K. Werner)

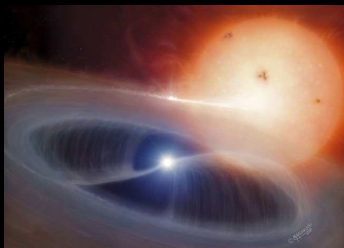
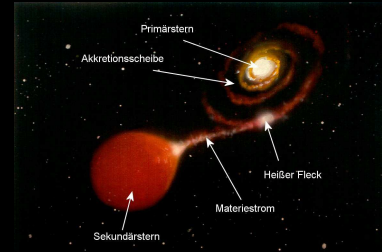
Markus Kromer, Daniel-Jens Kusterer, Thorsten Nagel, Thomas Rauch, Klaus Werner



Die meisten Sterne im Universum sind keine Einzelgänger wie unsere Sonne, sondern vielmehr Partner in einem Doppel- oder Mehrfachsternsystem. Der Grund hierfür ist, dass Sterne üblicherweise in Gruppen in den interstellaren Molekülwolken entstehen.

Unter den Doppelsternen nehmen die **Kataklysmischen Variablen (CV)** eine besondere Stellung ein. Es sind enge Doppelsternsysteme - ein gesamtes derartiges System hätte innerhalb unserer Sonne Platz - mit einem Weißen Zwerg als Primärkomponente und einem kühlen Hauptreihenstern als Sekundärkomponente. Überschreitet das Volumen des Sekundärsterns eine bestimmte, von den Massen- und Geometrieverhältnissen des Gesamtsystems abhängige Grenze (Roche-Volumen), dann strömt Materie von der Sekundärkomponente auf den Primärstern über. Dieser Vorgang ist der Namensgeber dieser Objekte, denn das griechische Wort $\kappa\alpha\tau\alpha\kappa\lambda\upsilon\sigma\mu\delta\zeta$ bedeutet Überschwemmung.

Auf Grund der Drehimpulserhaltung fällt die überströmende Materie meist nicht direkt auf den Primärstern, sondern sammelt sich in einer **Akkretionsscheibe** um ihn herum an. Der Auftreffpunkt des Materiestrahs auf der Akkretionsscheibe wird auf Grund seiner hohen Temperatur als „Heißer Fleck“ bezeichnet, es handelt sich aber eher um eine Region als um einen eng abgegrenzten Fleck. Innerhalb der Akkretionsscheibe bewegt sich die Materie langsam auf den Primärstern zu und wird schließlich von ihm akkretiert.



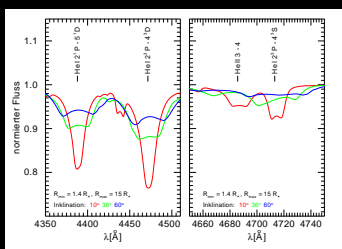
Eine mit den Kataklysmischen Variablen verwandte Klasse wechselwirkender Doppelsternsysteme sind die **Röntgendoppelsterne**. Anstelle eines Weißen Zwerges besitzen diese einen Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch als akkretierende Primärkomponente. Auch in diesen Systemen kommt es im Falle von Massenüberstrom von der Sekundärkomponente zur Ausbildung einer Akkretionsscheibe um den Primärstern. Hat der Neutronenstern allerdings ein sehr starkes Magnetfeld, wird die überströmende Materie entlang der Magnetfeldlinien direkt auf die Pole des Neutronensterns akkretiert.

Im Falle eines stark magnetischen Weißen Zwerges in einem CV verläuft die Akkretion ebenfalls entlang der Feldlinien auf die Pole des Weißen Zwerges, wie in nebenstehendem Bild von M. Garlick gezeichnet. Man spricht dann von einem Polar.

Methodik

Im Mittelpunkt unserer Forschungen auf dem Gebiet der wechselwirkenden Doppelsternsysteme steht die **Akkretionsscheibe**. Wir versuchen für verschiedene Objekte zum Beispiel herauszufinden, wie ausgedehnt die Akkretionsscheibe jeweils ist, unter welchem Neigungswinkel (Inklination) wir sie von der Erde aus sehen, wie groß die Akkretionsrate der Materie auf die Akkretionsscheibe und wie ihre chemische Zusammensetzung ist. Mit dem so gewonnenen Wissen kann man Rückschlüsse ziehen auf die Entwicklungsgeschichte des Systems und so einen Beitrag auf dem Gebiet der Sternentwicklung leisten.

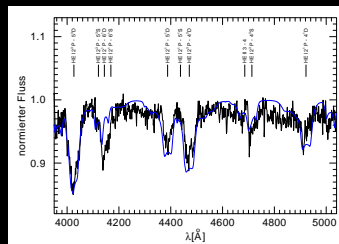
Um diese Fragen zu beantworten, bilden wir mit Hilfe von **Computermodellen** die Physik, die sich in Akkretionsscheiben abspielt, möglichst exakt nach und gewinnen dadurch synthetische Spektren der Akkretionsscheibe. Hierzu ist es notwendig, ein komplexes System gekoppelter Differentialgleichungen zu lösen, die beispielsweise das Energiegleichgewicht und den Strahlungstransport beschreiben. Wichtig sind auch die Ratengleichungen, die die Besetzungen der atomaren Niveaus der beteiligten Elemente bestimmen. Größen wie die chemische Zusammensetzung oder der Neigungswinkel gehen hierbei als Annahmen (Parameter) in die Rechnungen ein. Variationen dieser Parameter haben mitunter große Auswirkungen auf die Form der **Spektrallinien**, wie dieses Beispiel zeigt:



Die physikalischen Bedingungen sind in allen drei Akkretionsscheibenmodellen dieselben, lediglich der Neigungswinkel ist unterschiedlich.

Anwendung

Diese berechneten Spektren vergleichen wir mit Spektren, die mit Teleskopen wie zum Beispiel dem europäischen VLT in Chile oder dem Hubble Weltraumteleskop HST gewonnen worden sind. Die folgende Abbildung zeigt den Vergleich eines berechneten (blau) und eines beobachteten (schwarz) Spektrums des Kataklysmischen Variablen **AM CVn**:



AMCVn ist der Prototyp einer Unterklasse von Kataklysmischen Variablen, den sogenannten Helium-Kataklysmischen. Seine Akkretionsscheibe enthält keinerlei Wasserstoff, sondern besteht im Wesentlichen aus Helium. Mit Hilfe dieser sogenannten **Spektralanalyse** erhalten wir somit Antworten auf die oben gestellten Fragen.

Neben der Gruppe der **AM CVn Sterne** konzentrieren wir uns dabei auch auf eine besondere Klasse der Röntgendoppelsterne, den **ultrakompakten Röntgendoppelsternen**. Diese Systeme bestehen aus einem Neutronenstern und einem Weißen Zwerg. Die geometrische Ausdehnung eines solchen Doppelsterns ist so gering, dass er problemlos innerhalb des Systems Erde-Mond Platz hätte. Interessant macht diese Objekte insbesondere die Tatsache, dass die Akkretionsscheiben kein Wasserstoff oder Helium enthalten, sondern weitgehend aus Kohlenstoff, Sauerstoff und anderen Metallen bestehen. Dies liegt daran, dass der Materie abgebende Begleitstern der Kern eines Weißen Zwerges ist. Man hat hier die einmalige Gelegenheit, direkt die chemische Zusammensetzung des Kerns eines Weißen Zwerges zu beobachten.

Zwergnovae

Ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschungen ist die Untersuchung der zeitlichen Änderung des Spektrums während eines **Zwergnova-Ausbruches**. Hierzu berechnen wir Spektren für unterschiedliche Stadien des Ausbruches. Durch den Vergleich mit beobachteten, zeitaufgelösten Spektren einer Zwergnova können wir herausfinden, ob die Annahmen, die wir bezüglich des Ablaufs und der physikalischen Bedingungen eines Zwergnova-Ausbruches gemacht haben, korrekt sind. So gilt es z.B. zu klären, ob der starke Temperaturanstieg zuerst am inneren oder am äußeren Rand auftritt und sich dann nach außen bzw. innen fortsetzt.

Scheibenwind

Einige beobachtete Spektren Kataklysmischer Variablen zeigen eine besondere Form von Spektrallinien, sogenannte P Cygni Profile. Diese kennt man auch von Sternen mit starkem Sternwind, z.B. OB Riesen. Man deutet dies dahingehend, dass von der Akkretionsscheibe ein strahlungsdruckgetriebener Wind abweht. In einem unserer Projekte versuchen wir, diesen Akkretionsscheibenwind mit Hilfe von Monte Carlo-Methoden zu simulieren, um damit unsere berechneten Akkretionsscheibenspektren noch realitätsnaher zu bekommen.

Das Thema Akkretionsscheibenphysik wird in der aktuellen Forschung aus verschiedenen Richtungen, mit verschiedenen Ansätzen, bearbeitet, um die diversen Aspekte des Problems auf möglichst breiter Basis zu erforschen. Dieses Vorgehen erfordert eine intensive Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen. Wir kooperieren zum Beispiel mit Kollegen an der Universität Potsdam und dem Astrophysikalischen Institut Potsdam.

Interessiert? Als Student können Sie mithelfen, unsere Forschungsarbeiten im Rahmen einer Diplom- oder Zulassungsarbeit voranzutreiben. Weitere Informationen sowie dieses Poster finden Sie im Internet: <http://astro.uni-tuebingen.de/>
 Telefon: (07071) 29-78612 (T. Nagel)