



Credit: HST/VLA/Effelsberg, R. Fletcher, R. Beck MPIfR; M. Brüggen et al.; SDO/NASA; U. v. Kusserow; VLT/ESO; U. v. Kusserow/ESA/NASA; HST/CHANDRA/NASA; U. v. Kusserow; CHANDRA/NASA/VLA/CFHT; U. v. Kusserow (2); HZDR

Magnetischer Kosmos - To B or not to B

Ulrich v. Kusserow, Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen

Kosmische Magnetfelder können heute fast überall im Universum nachgewiesen werden. Sie beeinflussen wesentliche Strukturbildungs- und Entwicklungsprozesse in galaktischen, stellaren und planetaren Systemen. Eine Vielzahl der durch sie vermittelten Prozesse ist deshalb Gegenstand der aktuellen astrophysikalischen Forschung. Von diesen Prozessen geht eine große Faszination nicht nur für Wissenschaftler und Amateurastronomen aus. Beispielsweise der Auswurf hochenergetischer solarer Materiewolken, spezielle Vorgänge in langgestreckten Kometenschweifen oder die dynamische Entwicklung farbenprächtiger Polarlichter gehören zu den magnetisch gesteuerten Phänomenen, die im Zeitalter hochentwickelter moderner Medien viele Menschen interessieren und begeistern.

Magnetfelder gehören zu den "radikalen Elementen" des Universums. In unterschiedlichen Sternen- und Galaxiensystemen zu beobachtende hochenergetische Prozesse wie Eruptionen oder die Beschleunigung kosmischer Materie werden wesentlich durch sie bewirkt. Sie unterstützen andererseits die Strukturbildungsprozesse fast überall im Kosmos. Ohne Magnetfelder wäre die Ausbildung von Sternen und Planeten gar nicht erst oder zumindest deutlich anders verlaufen. Ohne den Schutz der Magnetfelder hätte sich hochentwickeltes Leben auf der Erde nicht entwickeln können. Magnetische Prozesse bestimmen das Weltraumwetter in unserem Sonnensystem, nehmen dabei auch Einfluss auf das Klima nicht nur auf unserem Planeten.

Erst seit etwa einem Jahrhundert wird der vielfältige und teilweise besonders starke Einfluss kosmischer Magnetfelder auf die Vorgänge in den unterschiedlichen Himmelsobjekten mit stetig zunehmender Tendenz wirklich gewürdigt. Wie stark ist ihr Einfluss jeweils im Detail?

Wo spielt die mit dem Buchstaben **B** abkürzend bezeichnete magnetische Flussdichte wirklich eine wichtige, für das jeweilige Himmelsobjekt existentielle Rolle? In Abwandlung des berühmten Shakespeare-Zitats stellt sich also immer wieder die Frage "To **B** or not to **B**". Wie sind die noch relativ schwachen Magnetfelder des frühen Universums eigentlich entstanden? Wie lässt sich heute die Ausbildung der so extrem starken Felder in den als "Magnetare" bezeichneten Neutronensternen erklären? Weshalb polen sich beispielsweise solare oder planetare Magnetfelder um? Wie gelingt Magnetfeldern der Transport, die Bündelung und die Beschleunigung von Materie? Durch welche physikalischen Prozesse lässt sich magnetische Energie in Bewegungsenergie oder in Strahlungsenergie umwandeln? Wie vermitteln kosmische Magnetfelder die Wellenausbreitung, die Aufheizung der Materie, die dynamischen Prozesse in Stoßfronten nach Eruptionen oder bei Kollisionen unterschiedlichster Himmelsobjekte?

In diesem Vortrag soll anhand farbenprächtige Aufnahmen und Videosequenzen zum einen die so verbreitete Existenz magnetischer Felder im Universum belegt und veranschaulicht werden. Anhand von Animationen, Ergebnissen von Modellrechnungen, numerischen Simulationen aber auch im Labor durchgeführten "kosmischen" Analogexperimenten wird aber auch die Wirkungsweise der unterschiedlichen magnetischen Prozesse anschaulich erklärt. Es wird beispielsweise gezeigt, wie ein kosmischer Dynamo die Magnetfelder erzeugen kann, wie durch sogenannte magnetische Rekonnexion magnetische Energie freigesetzt und in andere Energieformen umgewandelt wird. Es wird unter anderem erläutert, wie der für die Ausbildung von Galaxien, Sternen und Galaxien so notwendige Abtransport des Drehimpulses magnetisch besonders effektiv unterstützt wird. Der Einfluss der Magnetfelder auf vielfältige hochenergetische kosmische Prozesse wird beschrieben.

Zum Inhalt des Vortrags

Im **ersten Teil** dieses Vortrags werden offensichtliche Indizien für die Existenz solcher Felder aufgezeigt, die historische Entwicklung ihrer Erforschung erläutert sowie geeignete Methoden zur Vermessung magnetischer Felder vorgestellt. Es wird auf die große Bedeutung kosmischer magnetischer Prozesse in der aktuellen astrophysikalischen Forschung aber auch für das Leben der Menschen eingegangen. Die Materie befindet sich im Universum fast überall im Plasmazustand. Unser Sonnensystem bietet den Astrophysikern "vor Ort" relativ gute Möglichkeiten zur Erforschung grundlegender magnetischer Prozesse in der ionisierten und geladenen turbulenten Materie.

Im **zweiten Teil** des Vortrags werden deshalb zunächst besondere Eigenschaften der Plasmamaterie vorgestellt. Es werden Dynamoprozesse zur Erzeugung kosmischer Magnetfelder, magnetische Rekonnexions- und Beschleunigungsprozesse zur Freisetzung gespeicherter magnetischer Energien, zur Aufheizung und Beschleunigung der Materie erläutert. Es werden die typischen Strukturen und Entwicklungen solarer und planetarer Magnetfelder beschrieben, der Einfluss heliosphärischer Magnetfelder auf das Weltraumwetter aufgezeigt.

In den vielfältigen Entwicklungsstadien unterschiedlich massereicher Sterne, insbesondere bei der Sternentstehung und bei hochenergetischen Prozessabläufen am Ende ihres Lebens, spielen kosmische Magnetfelder eine zentrale Rolle. In **dritten Teil** des Vortrags werden zunächst die magnetischen Einflussfaktoren in den frühen Phasen der Sternentwicklung in Molekülwolken und in den protostellaren Scheiben-Jet-Strukturen erläutert. Es wird die nachfolgende "magnetische" Entwicklung der Sterne und Sternsysteme unterschiedlicher Masse beschrieben. Es wird auf die besondere Bedeutung magnetischer Prozesse in kompakten Objekten wie Weißen Zwergen, Neutronensternen und stellaren Schwarzen Löchern, in Doppelsternsystemen sowie bei Supernova-Explosionen und Gammastrahlen-Ausbrüche eingegangen.

Kosmische Magnetfelder werden heute in den unterschiedlichsten Galaxientypen, innerhalb als auch in der Umgebung von Galaxienhaufen nachgewiesen. Offensichtlich wurden sie bereits in den frühen kosmologischen Entwicklungsphasen des Universums in unterschiedlichen Prozessabläufen erzeugt. Im **vierten Teil** des Vortrags werden zunächst die typischen Eigenschaften und magnetischen Strukturen der unterschiedlichen Galaxienansammlungen, beispielsweise der Milchstraße, elliptischer, irregulärer und aktiver Galaxien beschrieben. Es werden mit den frühen primordialen Magnetfeldern und den im sogenannten Biermann-Batterie-Prozess erzeugten Magnetfeldern die Saatfelder vorgestellt, die die Erzeugung protogalaktischer und später auch stärkerer galaktischer Felder durch Dynamoprozesse möglich machten. Abschließend werden die aus aktiven Galaxienkernen austretenden magnetischen Jets sowie dynamische Prozessabläufe in Sterngeburtengalaxien erläutert, mögliche kosmologische Magnetfeldeinflüsse erörtert.

Neue Erkenntnisse über den Ablauf magnetischer Prozesse gewinnen die Astrophysiker üblicherweise durch die Auswertung von Beobachtungsdaten, anhand der Modellierung theoretischer Einsichten und durch Modellrechnungen sowie numerische Experimente mit Hilfe leistungsfähiger Computer. Zunehmend häufiger werden heute aber auch erfolgreiche analoge Laborexperimente durchgeführt, die entfernte und komplexe kosmische Vorgänge "vor Ort" nachahmen. Im **fünften Teil** des Vortrags werden zu Beginn die Prozessabläufe zur Erkenntnisgewinnung vorgestellt. Dabei wird insbesondere auch die besondere Rolle "magnetischer" Laborexperimente herausgestellt. Danach werden neue und geplante Sonnentelkope, Satelliten, Radio- und Weltraumteleskope vorgestellt, die in Zukunft insbesondere auch die Erforschung kosmischer Magnetfelder überall im Universum noch wirkungsvoller voranbringen sollen. Trotz der besonderen Faszination, die von der großen Bedeutung und Einflussnahme dieser Felder ausgeht, wird es dennoch auch in diesem Bereich immer wieder Grenzen der Erkenntnisgewinnung für uns Menschen geben. Abschließend wird auch dieser Aspekt beleuchtet.

Inhaltsangabe

1. Magnetfelder im Universum
2. Das Sonnensystem als Plasmalabor
3. Sternentwicklung und Magnetfelder
4. Magnetische Galaxien und Galaxienhaufen
5. Magnetische Erkenntnisgewinnungsprozesse

Nähere Informationen zum Vortrag können Sie erhalten durch:

Ulrich v. Kusserow

Besselstraße 32-34

28203 Bremen

Tel.: 0421-75160

E-mail: uvkusserow@t-online.de

Internet: <http://uvkusserow.magix.net/website/>

Dipl. - Phys. Ulrich v. Kusserow, Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen



Ulrich v. Kusserow unterrichtete nach dem Studium der Astrophysik (Diplomarbeit zum Thema „Stationäre sphärische $\alpha\omega$ -Dynamos und das Erdmagnetfeld“) als Gymnasiallehrer für Mathematik und Physik. Er war viele Jahre Vorsitzender der Bremer Olbers-Gesellschaft, ist Mitglied der Astronomischen Gesellschaft (AG) sowie der Deutsch Physikalischen Gesellschaft (DPG). Mehrere Jahre hat er zum Thema „Lernen über Kosmische Magnetfelder“ am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Potsdam mitgewirkt. Er betreut heute Praktikumsversuche der Universität Bremen zur Sonnenphysik, schreibt Artikel und hält Vorträge, unter anderem auch bei Veranstaltungen zur Lehrerfortbildung, schwerpunktmäßig über didaktische Aspekte der modernen Astrophysik zu den Themenbereichen solare und kosmische Magnetfelder, Weltraumphysik, Planeten-, Stern- und Galaxienentstehung sowie Umwelt- und Klimaprobleme. Den Bremer PALAZZI-Verlag unterstützt er bei der Erstellung des jährlich in Zusammenarbeit mit der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ herausgegebenen „Sternzeit“-Kalenders.

Im Herbst 2013 erscheint beim Springer Spektrum Verlag ein Buch mit gleichnamigem Titel.



Ergänzendes Material zum Vortrag und Buch finden Sie im Internet unter <http://kosmischemagnetfelder.wordpress.com/>.