



Credit: A. Schaller/NASA, Leonardo da Vinci, Millennium Sim. Proj., U. v. Kusserow, NASA/ESA/R. Gendler, U. v. Kusserow/NASA, NASA/NSF/NRAO/VLA, J. Charbonneau/Univers. of Boulder, NASA/A. Cunningham u.a., U. v. Kusserow, E. I. Vorobyov u.a., NASA, Ch. Federrath u. a.

Turbulenz und Selbstorganisation im Universum

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

Mit modernen Teleskopen gewonnenes, hochaufgelöstes Bildmaterial veranschaulicht die **Existenz** von sich dynamisch entwickelnden **chaotischen Strukturen** in vielen Bereichen des Universums. Den **Ablauf turbulenter Prozesse** unterstellt man beispielsweise schon den Entwicklungen im frühen Universum nach einem Urknall. Solche Prozessabläufe können in Molekül- und Staubwolken innerhalb von Sternentstehungsgebieten, in den Akkretionsscheiben um junge Sterne, in der Umgebung von Supernova-Explosionen, in der heißen Sonnenkorona und in Sternwinden oder in den Atmosphären von Gasplaneten wie dem Jupiter beobachtet werden. Andererseits findet man überall im Kosmos sehr geordnet erscheinende, mehr oder weniger **symmetrisch strukturierte Himmelsobjekte**. In vielen Galaxien haben sich prägnant ausgebildete Spiralstrukturen entwickelt. Kompakte Objekte wie Protosterne, Weiße Zwerge, Neutronensterne oder Galaxienkerne sind häufig in systematischer Weise von charakteristischen scheibenförmigen Staub- und Gasscheiben sowie von beidseitig polwärts ausströmenden, mehr oder weniger stark gebündelten Materie-Jets umgeben. Auch die Umlaufbahnen von Planeten in den unterschiedlichen Sonnensystemen lassen ein grundlegendes **kosmisches Ordnungsprinzip** erkennen. Wie gelingt es unserem Universum, aus einem verwirbelt erscheinenden, in komplexer Weise **turbulenten Medium** offensichtlich fast überall **selbstorganisierte Ordnung** zu schaffen, mit Galaxien, Sternen und Planeten wohlgeformte globale Strukturen zu bilden, innerhalb derer sich zumindest auf der Erde intelligentes Leben hat entwickeln können?

Unterstützt durch anschauliche Abbildungen, Animationen und reale Videoaufnahmen sollen die grundlegenden Prinzipien der in systematischer Weise erfolgenden, selbstorganisierten Entstehung geordneter Strukturen, also des „Zusammenbaus“ unseres Universums, aufgrund nichtlinearer Wechselwirkungsprozesse in einem ursprünglich turbulenten Medium plausibel gemacht werden. Dies erfordert zum einen die Auseinandersetzung mit den fraktalen, selbstähnlichen Eigenschaften chaotischer Systeme sowie mit den in systematischer Weise kaskadenförmig, von außen räumlich betrachtet

großskalig angeregt, hin zu zunehmend kleineren Skalen sich entwickelnden, schließlich durch lokale Reibungsprozesse dissipierenden turbulenten Strukturprozessen. In chaotischen Systemen ist die zeitliche Entwicklung dabei extrem sensibel von den Anfangsbedingungen abhängig. In turbulenten Systemen treten auf kleinsten Raum- und Zeitskalen mehr oder weniger starke Variationen unterschiedlichster physikalischer Messgrößen wie beispielsweise Geschwindigkeit, Dichte, Temperatur oder Magnetfeldstärke auf. Noch immer ist die Turbulenztheorie zwar nicht vollständig verstanden. Laborexperimente, Messungen von Satelliten aus sowie Modellrechnungen und numerische Simulationen ermöglichen heute aber doch ein sehr viel tiefere Erkenntnisse darüber, wie turbulente Prozesse einen so wesentlichen Einfluss auf die Vorgänge im Universum nehmen.

Zum anderen soll es in diesem Vortrag vor allem aber auch um die grundsätzliche Klärung der Einflussnahme physikalischer, chemischer oder biologischer Prozesse gehen, durch die in Form einer inversen Kaskade, umgekehrt und in selbstorganisierter Weise, großskalige Ordnungsstrukturen vermittelt durch nichtlineare Wechselwirkungsprozesse in einem turbulenten Medium erzeugt werden können. Die Möglichkeit des Abtransports der den Ordnungsgrad in offenen, von außen durch Energiezufuhr versorgten kosmischen Systemen messenden Entropie ist dabei von besonderer Bedeutung. Neben der **Gravitationskraft** spielen dabei in unserem Universum, das sich aufgrund der häufig elektrisch geladenen Partikel zu mehr als 95% im sogenannten Plasmazustand befindet, vor allem auch **magnetohydrodynamisch vermittelte Kraftwirkungen** eine zentrale, auslösende Rolle in kosmischen Selbstorganisationsprozessen.

In einem Teil des Vortrags wird erläutert, wie turbulente Plasmaströmungen die in sie eingefrorenen kleinskaligen Magnetfeldstrukturen verwirbeln, wie dadurch in **kosmischen Dynamoprozessen** großskalige Magnetfelder erzeugt werden können. Solche Felder ermöglichen den für Strukturbildungsprozesse im Universum unbedingt erforderlichen effektiven Abtransport von „störendem“ Drehimpuls. Es werden **magnetische Rekonnexionsprozesse** im turbulenten Medium vorgestellt, die kosmische Explosionen auslösen, die ihrerseits die Entwicklung von strukturbildenden energetischen Turbulenzkaskaden im Universum initiieren. Mit der **Bildung der ersten Sterne und Galaxien**, den Sternentstehungsprozessen in **turbulenten Gaswolken**, den dynamisch erfolgenden Aufheizungs- und Beschleunigungsprozessen in **Sternatmosphären** sowie mit der **Entwicklung von Planetensystemen** werden astrophysikalische Themenbereiche angesprochen, in denen selbstorganisiert die für unser **Leben im Kosmos** grundlegenden Strukturbildungsprozesse ablaufen. Welche physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse sind insbesondere dafür verantwortlich? Wie konnte sich in einem ungeordneten frühen Universum Materie bilden, aus der schließlich nach langen Entwicklungszeiten wir Menschen entstanden sind?

Inhaltsverzeichnis des Vortrags

1. Chaotische und wohlstrukturierte kosmische Himmelsobjekte
2. Unordnung, Chaos und Turbulenz
3. Selbstorganisation, Ordnung und Struktur
4. Magnetohydrodynamische Turbulenz und Selbstorganisation
5. Astrophysikalische Strukturbildungsprozesse
6. Entwicklung von Leben im Universum

Näheres zum Referenten

Dipl. - Phys. Ulrich v. Kusserow

Besselstraße 32-34

28203 Bremen

Tel.: 0421-75160

E-mail: uvkusserow@t-online.de

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

<http://kosmischemagnetfelder.wordpress.com/>



Ulrich v. Kusserow wurde 1950 in Lüneburg geboren. Nach dem Gymnasiumsbesuch in seiner Heimatstadt studierte er bis zum Vordiplom Physik und Mathematik an der Universität in Clausthal-Zellerfeld, danach Physik und Astrophysik an der Georg-August-Universität in Göttingen. Das Studium

beendete er 1974 mit einer Diplomarbeit im Bereich der theoretischen Physik zum Thema „Stationäre sphärische $\alpha\omega$ -Dynamos und das Erdmagnetfeld“. Danach begann er seine Lehrerausbildung für die Fächer Mathematik und Physik, arbeitete seit 1994 als Gymnasiallehrer für Mathematik und Physik in verschiedenen Schulen in Göttingen, Lingen (Ems) und Bremen. Er war viele Jahre Vorsitzender der Bremer Olbers-Gesellschaft, ist langjähriges 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. Seit 2013 arbeitet er im Bildungsausschuss der Astronomischen Gesellschaft mit, bemüht sich um eine didaktisch begründete Einbindung astrophysikalischer Unterrichtsinhalte in den Physikunterricht an deutschen Schulen.

21. November 2014