

Weltraumplasmasimulationen

Plasmaelektrodynamische Simulationen für Weltraummissionen von ESA, JAXA und NASA

U. Motschmann, H. Comißel, M. Feyerabend, W. Exner, Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Braunschweig

Kurzgefasst

- Sonnenwindwechselwirkung mit Merkur und Pluto
- 3D-Simulationen von Weltraumplasmen mit Hybridcode A.I.K.E.F.
- Vergleich von Simulation zu Messungen von Messenger, BepiColombo und New Horizons

Weltraum-Missionen sind wissenschaftliche Großprojekte. Lange Laufzeiten und enorme finanzielle Aufwendungen fordern zum einen eine intensive Vorbereitung zur Optimierung des Missions-Designs, zur Reduzierung des hohen technischen Ausfallrisikos und zur optimalen Ausschöpfung der wissenschaftlichen Experimente. Zum anderen ist es wissenschaftliches Gebot, erfolgreiche Experimente, die in der Regel komplexes Datenmaterial liefern, tiefgründig und umfassend auszuwerten. Computer-Simulationen wie sie auch der Technischen Universität Braunschweig vorgenommen werden, leisten zu beiden Aspekten einen enorm wertvollen Beitrag. Weltraum-Missionen dringen in Regionen vor, die weitgehend unbekannt sind. Trotzdem muss die wissenschaftliche und technische Ausstattung vorbereitet sein. Zur Herausbildung der notwendigen Erwartungshaltung tragen Modell-Untersuchungen wesentlich bei. Ausgehend von den physikalischen Grundlagen und zugänglichen bekannten Parametern werden Modellgleichungen entwickelt, die für eine große Schar von Umgebungsparametern zu lösen sind. Das Institut für Theoretische Physik der TU-Braunschweig untersucht insbesondere die Weltraum-Umgebung von planetaren Körpern (Planeten, Monde), Kometen und Asteroiden, die von Missionen in-situ oder remote erforscht werden. Da jegliche Umgebung eines Objektes im Weltraum in einem gewissen Abstand in eine Plasma-Umgebung übergeht, sind unsere Modell-Entwicklungen recht universell anwendbar und durch die Erfolge bei vergangenen Missionen von den Weltraumagenturen gefragt. Die zugrunde liegenden Gleichungen entstammen der kinetischen Plasmatheorie (Vlasov- und Boltzmann-Gleichung) und der Elektrodynamik (Maxwell-Gleichungen). Realistische Szenarien, wie sie in den verschiedenen Weltraum-Regionen erwartet werden und auch auftreten sind

komplex und nur durch numerische Lösungsmethoden handhabbar. Der in der Arbeitsgruppe entwickelte Code A.I.K.E.F. (Adaptive Ion Kinetic Electron Fluid, 1) ist ein sehr effizientes Simulationswerkzeug, das in seinen Vorgängerversionen erfolgreich in den Missionen Giotto, Rosetta, Cassini, MarsExpress, VenusExpress eingesetzt wurde. Gegenwärtig laufen intensive Vorbereitungen der ESA-JAXA-Mission BepiColombo zum Planeten Merkur. Die TU-Braunschweig ist mit Hardware-Beiträgen (IGeP) und mit Modellstudien (eigene Arbeitsgruppe) beteiligt. Wichtiger Untersuchungsgegenstand ist die ionosphärisch/magnetosphärische Umgebung des Merkur, aber auch ein Blick „ins Innere“ des Planeten. Der erwartete ungewöhnlich metallische Kern ist natürlich nicht in-situ studierbar, aber er bildet sich insbesondere über das Magnetfeld in die magnetosphärische Umgebung von Merkur ab. Mit dem A.I.K.E.F.-Simulationscode ist es potentiell möglich, die magnetosphärischen Strukturen in Abhängigkeit von den inneren Parametern darzustellen. Destruktiv wirkt dabei das hoch variable Magnetfeld des Sonnenwindes, der nahe Merkur keinen Monitor besitzt. Sonnenwindmonitore gibt es in Erdnähe. In unseren Simulationen können jedoch ganz verschiedene Sonnenwind-Szenarien implementiert werden, so dass eine statisch begründete Erwartungshaltung entwickelbar ist. Weiterhin werden wir Daten von der New Horizons-Mission auswerten, womit mit unseren Simulationen den Sonnenwind in der Nähe des Zwergplaneten Pluto reproduzieren können.

WWW

<https://www.tu-braunschweig.de/theophys/plasma>

Weitere Informationen

- [1] Bagdonat, T., and U. Motschmann (2002), *J. Comput. Phys.*, doi:10.1006/jcph.2002.7203
- [2] Mehr zum Nachlesen: <https://www.tu-braunschweig.de/theophys/plasma/res1> und <https://www.tu-braunschweig.de/theophys/plasma/res5>

Projektpartner

Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik TU Braunschweig; Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen

Förderung

DFG Sonderforschungsbereich (SFB) 963 Astrophysikalische Strömungsinstabilität und Turbulenz

