

Abstract

The outer planets Uranus and Neptune have long challenged the planetary science community with their highly different measured intrinsic heat fluxes. I have developed a new planetary modelling and evolution computer program in order to investigate the thermal evolution of these planets more closely. Here, I present the principles by which this code works, as well as study the influences different parameters have on Uranus' and Neptune's possible evolution. Standard adiabatic evolution calculations using state-of-the-art equation of state data are shown and the influence of different assumptions regarding the energy balance of the planet with the solar irradiation, as well as that of equation of state data, on the cooling behaviour is discussed. I confirm the previous findings of a large difference in Uranus' and Neptune's calculated cooling times using the adiabatic assumption, but find generally lower cooling times for both Uranus and Neptune. Furthermore, Uranus and Neptune evolution models under the assumption of a thermal boundary layer are shown, that separates an ice- and rock-rich inner envelope and a hydrogen- and helium rich outer envelope and traps primordial heat inside the planet for a portion of the planet's evolution. I have investigated a wide range of parameters for this thermal barrier and was able to show that this mechanism can influence the planet's evolution drastically, making it appear either fainter or brighter than the adiabatic case. Thus, the possibility of a thermal boundary layer allows for an explanation of both Uranus' and Neptune's luminosities within the same framework.

Zusammenfassung

Die beiden äußersten Planeten des Sonnensystems, Uranus und Neptun, haben die Planetenwissenschaft seit langem mit ihren hochgradig verschiedenen gemessenen intrinsischen Wärmeflüssen vor Herausforderungen gestellt. Ich habe ein neues Computerprogramm zur Berechnung von Struktur- und Evolutionsmodellen von Planeten erstellt, um die thermische Entwicklung dieser beiden Planeten näher zu untersuchen. In dieser Arbeit präsentiere ich die Prinzipien, nach denen das Programm arbeitet, und studiere die Einflüsse verschiedener Faktoren auf die mögliche Entwicklung von Uranus und Neptun. Evolutionsrechnungen mit der Standardannahme eines adiabatischen Inneren, die aktuelle Zustandsgleichungen verwenden, werden vorgestellt und der Einfluss verschiedener Annahmen bezüglich Zustandsgleichung und Energiebilanz mit der Sonne wird diskutiert. Damit bestätige ich die früheren Ergebnisse eines deutlich unterschiedlichen Abkühlungsverhaltens für Uranus und Neptun mit diesen Annahmen, aber erhalte insgesamt niedrigere Kühlzeiten für beide Planeten. Darüber hinaus werden Evolutionsmodelle für Uranus und Neptun unter der Annahme einer thermischen Grenzschicht vorgestellt. Diese Grenze trennt den eis- und gesteinsreichen inneren Mantel vom wasserstoff- und heliumreichen äußeren Mantel des Planeten und hält für einen Teil der Planetenevolution die Wärme aus dem Entstehungsprozess im Inneren fest. Ich habe eine Reihe von Parametern bezüglich dieser thermischen Barriere untersucht und konnte zeigen, dass dieser Mechanismus die Abkühlung des Planeten drastisch beeinflussen kann und diesen zum heutigen Zeitpunkt entweder heller oder dunkler als den adiabatischen Fall erscheinen lassen kann. Daher erlaubt die Annahme einer solchen thermischen Grenzschicht die Erklärung der Wärmeflüsse sowohl von Uranus als auch Neptun in einem gemeinsamen Rahmen.