

## SmileEarth

SMILE satellite observations as a window into the Earth's past

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 15. Ausschreibung (2018)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.07.2020	<b>Projektende</b>	30.11.2023
<b>Zeitraum</b>	2020 - 2023	<b>Projektlaufzeit</b>	41 Monate
<b>Keywords</b>	Charge exchange, X-ray observations, magnetosphere		

### Projektbeschreibung

In diesem Projekt werden die nötigen numerischen Instrumente für die Simulationen und die Bearbeitung der Beobachtungsdaten von der gemeinsamen ESA-CAS Mission SMILE entwickelt. SMILE steht für „Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer“. Der Start des Satelliten wird im Jahr 2023 stattfinden. Wir werden in diesem Projekt die Röntgenstrahlung in der Magnetosphäre simulieren. Die Universität Wien ist in dieser Mission stark involviert, weshalb die Vorarbeit absolut nötig ist.

Der SMILE-Satellit wird uns wichtige Informationen über die Wechselwirkung zwischen der Erdmagnetosphäre und dem Sonnenwind geben, die auch auf die Bedingungen der frühen Erde extrapoliert werden können. SMILE wird sowohl Beobachtungen der Magnetosphäre und der Cusps in der weichen Röntgenstrahlung als auch gleichzeitige UV-Aufnahmen der Nordaurora zur Verfügung stellen. Der Satellit wird auch in-situ Instrumente für gleichzeitige Messungen der Eigenschaften der Sonnenwind- und Magnetosphärenplasmen tragen. Die Röntgenstrahlung der Erde wird hauptsächlich durch Ladungsaustausch zwischen hoch geladenen Ionen des Sonnenwinds und neutralen Teilchen der Atmosphäre generiert. Dieser Mechanismus ist ein idealer Indikator sowohl für die Wechselwirkung zwischen dem Sonnenwind und der Magnetosphäre, als auch für die Eigenschaften des Sonnenwindplasmas. Unsere Kenntnisse über die Rolle der Magnetosphäre für die Verluste und die Evolution der Atmosphäre sind beschränkt, weil keine kompletten Beobachtungen der Magnetosphäre als Ganzes existieren, was sich nach dem Start von SMILE ändern wird. Die Röntgenbeobachtungen der Erdmagnetosphäre und der Cusps werden uns helfen zu verstehen, wie die Sonne die Plasmaeigenschaften der Erdmagnetosphäre kontrolliert und Geostürme treibt.

In diesem Projekt benutzen wir bereits existierende ausführliche numerische Methoden, wie z.B. das kostenlos erhältliche Modell BATS-R-US, um die Eigenschaften der Geostürme auf der Erde so zu simulieren, wie sie vom SMILE-Satelliten beobachtet werden. Dieser Code kann die Reaktion der Magnetosphäre auf solare koronale Massenauswürfe vorhersagen und die elektrischen Ströme und Plasmaeigenschaften der Magnetosphäre rechnen. Wir werden auch den Kompot-Code, der an der Uni Wien entwickelt wurde, benutzen, um die Verluste der Atmosphäre während eines Sturmes zu abschätzen. Wir benutzen auch einen Direct Simulation Monte Carlo Code, der ebenfalls teilweise an der Universität Wien entwickelt wurde, um die beobachtbaren Spektren weicher Röntgenstrahlung zu simulieren. Diese Vorarbeit wird uns die Möglichkeit geben, die Beobachtungsdaten unmittelbar nach dem Satellitenstart in 2023 zu modellieren und zu interpretieren. Unsere Ergebnisse werden ausserdem für die Erforschung der Erdevolution behilflich sein, weil die modernen Extrembedingungen

stellvertretend für die Bedingungen der ruhigen jungen Sonne stehen können. Die Sonne war in der Vergangenheit viel aktiver.

## **Abstract**

In this project, we will set up the numerical and theoretical tools necessary to process the data obtained by the joint ESA-CAS mission SMILE: the Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer, which is scheduled for launch in 2023, and perform preliminary modeling of X-ray emission spectra as observed by the SMILE satellite. The University of Vienna is heavily involved with this mission, and we will have a direct access to the data, therefore, this preparation work is a necessity, as it will allow the university team to immediately model and interpret the data after the launch of the satellite in 2023.

The SMILE satellite will give us important knowledge about the interaction of the Earth magnetosphere with the solar wind, which can be extrapolated to the conditions of the early Earth. SMILE will provide soft X-ray imaging of the Earth's magnetopause and magnetospheric cusps with simultaneous UV imaging of the Northern aurora. The satellite will also carry in-situ instrumentation to monitor solar wind and magnetosheath plasma conditions simultaneously with X-ray observations. At Earth, the X-ray emission is primarily generated by charge exchange of heavily charged solar wind ions with atmospheric neutrals. Therefore, this mechanism is an ideal tracer of the solar wind - magnetosphere interaction and solar wind plasma properties. Our current understanding of the role of the magnetosphere in atmospheric escape and evolution is significantly hampered by an absence of magnetosphere observations as a whole, which will be changed after the launch of SMILE. X-ray observations of Earth magnetosphere and cusps will help us to develop a complete understanding of how the Sun controls Earth's plasma environment and drives geostorms.

In this project, we will tailor already existing sophisticated numerical tools such as the freely available BATS-R-US code to the conditions of storms observed by SMILE. This code can model the response of the magnetosphere to compression by coronal mass ejections, and calculate magnetospheric currents, and plasma parameters. We will also use the Kompot code, developed at the University of Vienna, to study the escape of various atmospheric species at storm conditions. Finally, we will use an existing Direct Simulation Monte Carlo code co-developed at the University of Vienna to simulate observable soft X-ray spectra. All this preparatory work will allow us to process and interpret the data immediately after the satellite is launched in 2023. Besides that, our results will be valuable for studies of the early Earth, because the extreme conditions of geostorms of today can be used as a proxy for a quiet conditions of the young Sun, which has been more active in the past.

## **Projektpartner**

- Universität Wien