

Forschung zu Strahlenschäden mit dem Stratosphärenballon-Experiment ASTRABAX

Thorsten Döhring*, Eva Stanik*, Jan Pregler*, Manfred Stollenwerk*, Georg Hildenbrand*

* Fakultät Ingenieurwissenschaften, TH Aschaffenburg, D-63743 Aschaffenburg

<mailto:thorsten.doehring@th-ab.de>

Das Stratosphärenballon-Experiment ASTRABAX ist als multimodale Plattform der Material- und Biowissenschaften für Untersuchungen bei extremen Strahlenbelastungen konzipiert, mit Fokus auf dem UV-C-Spektralbereich und der kosmischen Höhenstrahlung. Auswirkungen von Kombinationen aus hoch- und niederenergetischer Strahlung sind relevant, jedoch nicht ausreichend erforscht.

1 Einführung



Das für die Jahre 2024 bis 2026 geförderte Projekt ASTRABAX (Abb.1, „Aschaffener Stratosphärenballon-Experiment“) ist als multimodale Plattform der Material- und Biowissenschaften für Untersuchungen bei extremen Strahlenbelastungen in großer Höhe konzipiert [1].

Abb. 1 ASTRABAX-Logo.

Hierbei ist der UV-C-Spektralbereich für uns von besonderem Interesse und wird mit Miniatur-UV-Spektrometern untersucht (Abb. 2). Die Plattform des Ballonexperimentes umfasst eine gemeinsame Strahlungsdosimetrie, eine Stromquelle für die Bordelektronik und Abschirmungen für mehrere Bestrahlungskombinationen. Biologische Zellen werden Kombinationen aus Partikel-, Röntgen- und UV-Strahlung ausgesetzt. Nach dem Flug werden mögliche Veränderungen in der räumlichen Chromatinorganisation mittels hochauflösender Mikroskopie untersucht. Auswirkungen von Kombinationen aus hoch- und niederenergetischer Strahlung sind bisher nicht ausreichend erforscht und beschrieben. Zusätzlich werden auch für Satellitenanwendungen relevante Materialproben bestrahlt. Untersuchungen unter solchen Bedingungen sind realistisch und relevant für Flüge in der Stratosphäre, für Raumflüge, sowie für vergleichbare Expositionen bei anderen Objekten des Sonnensystems oder bei Exoplaneten-Habitaten [1].

2 Ziele des Ballonexperimentes

Im ASTRABAX-Projekt erfolgt die Messung der extremen Strahlungsbedingungen in der oberen Atmosphäre, insbesondere von Spektren im UV-Bereich sowie der α -, β -, γ -Strahlung. Hiermit wird eine realitätsnahe und relevante Forschungsumgebung unter Einsatz eines Stratosphärenballons für

wissenschaftliche Versuche erschlossen. Ein biologisches Experiment beinhaltet die Niedrigdosis-Bestrahlung biologischer Zellen zur Erforschung der Biosphäre in der oberen irdischen Atmosphäre. Solche Umgebungsbedingungen sind insbesondere durch deren Ähnlichkeit mit Habitaten auf anderen Planeten des Sonnensystems interessant. Ein weiterer Versuch sind Tests der Strahlungsbeständigkeit von Beschichtungen für satelliten-gestützte röntgenastronomische Teleskopspiegel.

3 Spektroskopie und Strahlungsmessungen



Abb. 2 Links: GAMMA-SCOUT Detektor (α -, β -, γ -Strahlung); rechts: Miniatur UV-VIS Spektrometer.

Das Spektrum der von der Sonne emittierten elektromagnetischen Strahlung wird überwiegend von infraroter, sichtbarer und ultravioletter Strahlung dominiert. Der ultraviolette Spektralbereich zwischen 100 nm und 400 nm wird üblicherweise in drei Wellenlängenbänder unterteilt: UV-A (315 nm bis 400 nm), UV-B (280 nm bis 315 nm) und UV-C (100 nm bis 280 nm). Der überwiegende Teil der solaren UV-Strahlung, welche die Erdoberfläche erreicht, liegt im UV-A-Spektralbereich. Nur ein kleiner Teil des UV-B kann in die Atmosphäre eindringen. Kurzwelliges UV-C hat den größten Einfluss auf Strahlenschäden, es ist jedoch eine allgemein anerkannte Aussage, dass solares UV-C vollständig von atmosphärischem Ozon absorbiert wird. Unser besonderes Interesse sind spektrale Messungen im UV-C-Bereich der Sonnenstrahlung in der Stratosphäre. Molekularer Sauerstoff und Ozon haben hier zwar starke Absorptionsbanden, es wird jedoch oberhalb

einer Flughöhe von 30 km eine erhöhte UV-C Strahlungstransmission in der „Absorptionsquerschnittslücke“ bei ca. 210 nm erwartet (Abb. 3) [2].

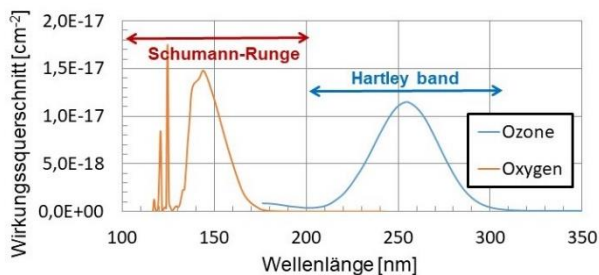


Abb. 3 Übergang zwischen den Absorptionsbanden von Sauerstoff (O_2) und Ozon (O_3) im UV-C Bereich [2].

Zur Untersuchung dieses relevanten Spektralbereichs werden zwei Miniatur-Spektrometer verwendet (Abb. 2). Die optische Anordnung enthält optischen Diffusoren, welche die UV-VIS-Anteile des Sonnenlichts in der oberen Atmosphäre sammeln und aus einem Sichtfeld von zweimal 180° über Quarzglasfasern zu den Spektrometern übertragen. Der Aufbau der Ballonplattform für den im Herbst 2024 geplanten ASTRABAX-Erstflug ist derzeit in Vorbereitung. Eine Spektrometer-Testmessung im Hochschullabor ist in Abbildung 4 dargestellt.

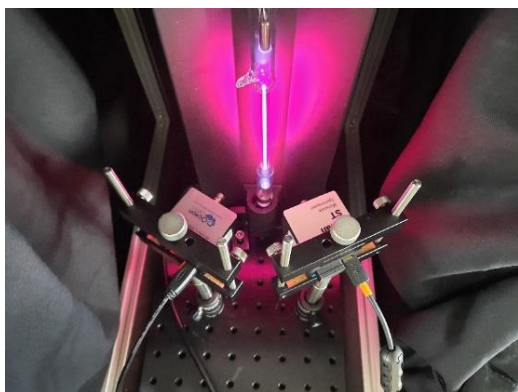


Abb. 4 Aufbau zur Validierung der Wellenlängenkalibrierung und Überprüfung der Auflösung der Spektrometer.

4 Modul für die biologischen Experimente

Das ASTRABAX-Konzept baut auf dem FLASH-Ballonexperiment auf, welches im Jahr 2016 als studentisches Projekt im Rahmen der BEXUS-Kampagnen der europäischen Raumfahrtbehörde ESA durchgeführt wurde [3]. Die damaligen biologischen Experimente sollen nun reproduziert und mit moderneren Analyseverfahren untersucht werden.

Ein zentrales Element ist ein Biomodul, welches lebende Zellen menschlichen Ursprungs enthält. Angepasste Abschirmungen ermöglichen dort Versuche mit Kombinationen aus Partikel-, Röntgen- und UV-Strahlung, welche sich so nur sehr schwer im Labor durchführen lassen. Das Biomodul aus der FLASH-Kampagne ist in Abbildung 5 gezeigt und wird derzeit modifiziert nachgebaut. Nach

dem Flug erfolgt im Labor die Untersuchung einer möglichen räumlichen Umorganisation des Chromatins, welche auf Niedrigdosis-Strahlenschäden hinweist, mit neuen und etablierten Methoden.

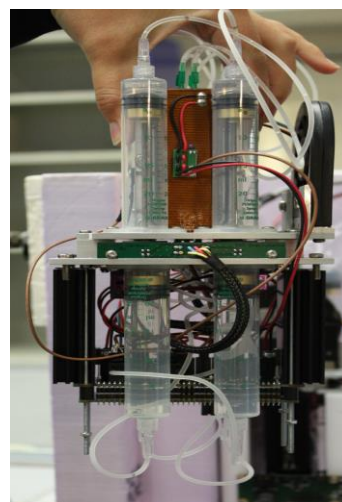


Abb. 5 Biomodul der FLASH-Kampagne 2016 [3].

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Stratosphärenballon-Experiment ASTRABAX ist eine multimodale Plattform der Material- und Biowissenschaften für Untersuchungen bei extremen Strahlenbelastungen. Spektroskopische Messungen in der oberen Atmosphäre untersuchen hierbei den UV-C Spektralbereich bei ca. 210 nm und betrachten damit die kritische Absorptionslücke zwischen den Absorptionsbanden von O_3 und O_2 .

In Teilerperimenten wird der Einfluss der Höhenstrahlung auf biologische Zellen und technische Materialien untersucht. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen sind relevant für zukünftige Weltraummissionen (Satelliten, Raumflüge, Exoplaneten), aber auch für die Krebsforschung auf der Erde.

Danksagung

Das Projekt ASTRABAX („Aschaffenburg Stratosphärenballon Experiment“) wird durch Fördermittel des Bayerischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst unterstützt.

Literatur

- [1] Eva Stanik et al.: „Spectral measurements and life science experiments using extreme radiation exposures at high altitude“, Proc. SPIE 13024, 130240M (2024).
- [2] Thorsten Döhning: „Critical discussion on the UV absorption properties of Earth’s atmosphere“, Proc. SPIE 10453, 104530I (2017).
- [3] Katja Bigge et al.: „Flash for Biological Dosimetry Experiments- A BEXUS 16 Project.“ Proc. ‘22nd ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research’, 2015ESASP.730..251B (2015).