



The Astrophysical Journal Supplement Series,
Special Issue on Sunrise,
März 2017

Kurze Zusammenfassungen der Veröffentlichungen

1. The Second Flight of the Sunrise Balloon-borne Solar Observatory: Overview of Instrument Updates, the Flight, the Data, and First Results

Autoren: S. K. Solanki, T. L. Riethmüller, P. Barthol, S. Danilovic, W. Deutsch, H.-P. Doerr, A. Feller, A. Gandorfer, D. Germerott, L. Gizon, B. Grauf, K. Heerlein, J. Hirzberger, M. Kolleck, A. Lagg, R. Meller, G. Tomasch, M. van Noort, J. Blanco Rodríguez, J. L. Gasent Blesa, M. Balaguer Jiménez, J. C. Del Toro Iniesta, A. C. López Jiménez, D. Orozco Suarez, T. Berkefeld, C. Halbgewachs, W. Schmidt, A. Álvarez-Herrero, L. Sabau-Graziati, I. Pérez Grande, V. Martínez Pillet, G. Card, R. Centeno, M. Knölker, and A. Lecinski

Zweimal hat das ballongetragene Sonnenobservatorium Sunrise seinen Blick auf unser Zentralgestirn gerichtet. Während des Erstflugs im Juni 2009 zeigte sich die Sonne von ihrer ruhigen Seite; während des Zweitflugs vier Jahre später wurde Sunrise Zeuge einer temperamentvolleren Phase und konnte Messdaten unter anderem von Sonnenflecken und aktiven Regionen, Gebieten hoher magnetischer Feldstärke, sammeln. Die Daten machen Strukturen auf der Sonne sichtbar, die nur 50 bis 100 Kilometer groß sind – und liefern die bisher präzisesten Messungen im ultravioletten Licht. Auf diese Weise entsteht ein einzigartiges Gesamtbild des komplexen Wechselspiels von Magnetfeldern, heißen Plasmaströmen und Wellen in der unteren Atmosphäre der Sonne.

2. A Tale of Two Emergences: Sunrise II Observations of Emergence Sites in a Solar Active Region

Autoren: R. Centeno, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, T. L. Riethmüller, M. van Noort, D. Orozco Suárez, T. Berkefeld, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

Auf den richtigen Ort zur richtigen Zeit blickten die beiden Instrumente von Sunrise, IMAx und SuFI, im Juni 2013 während des Zweitfluges von Sunrise. Beide Instrumente konnten beobachten, wie – als Teil der „Geburt“ einer aktiven Region auf der Sonnenoberfläche – kleine Bündel magnetischer Flussröhren entstehen, die Oberfläche durchbrechen und sich bis in die untere Atmosphäre der Sonne fortsetzen. Die beobachteten Strukturen sind nur einige hundert Kilometer groß. Die Sunrise-Daten liefern die bisher höchstaufgelösten Aufzeichnungen eines solchen Ereignisses.

3. Solar Coronal Loops Associated with Small-scale Mixed Polarity Surface Magnetic Fields

Autoren: L. P. Chitta, H. Peter, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, T. L. Riethmüller, M. van Noort, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker



Koronale Bögen sind gewaltige, bogenförmige Plasmaflüsse in der Atmosphäre der Sonne. Die Ausgangspunkte dieser Strukturen auf der Oberfläche der Sonne liegen oftmals innerhalb aktiver Regionen. Die Sunrise-Daten erlaubten einen genauen Blick auf diese Entstehungsorte. Es zeigte sich, dass sie Orte starker magnetischer Gegensätze sind: kleine Bereiche, in denen die magnetische Polarität der ihrer überwiegenden Umgebung entgegengesetzt ist. Die Wechselwirkung dieser Bereiche treibt den Masse- und Energietransport in die Atmosphäre an. Bisher hatten Forscher angenommen, dass die Entstehungsorte koronaler Bögen nur ein und dieselbe magnetische Polarität aufweisen. Diese Theorie muss nun überdacht werden. Zudem könnte diese Entdeckung helfen zu erklären, welche Prozesse die äußere Sonnenatmosphäre, die Korona, auf mehrere Millionen Grad aufheizen.

4. Photospheric Response to an Ellerman Bomb-like Event—An Analogy of Sunrise/IMaX Observations and MHD Simulations

Autoren: S. Danilovic, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, T. L. Riethmüller, M. van Noort, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

Besonderes Glück hatten die Forscher bereits am ersten Tag des Zweitfluges: Sie wurden Zeuge einer so genannten Ellermann-Bombe, eines explosionsartigen, lokalisierten Anstiegs der Strahlungsintensität und Temperatur. Die Hitzester treten in der Regel in entstehenden aktiven Regionen auf und gelten als Anzeichen dramatischer „Umbauarbeiten“ im Magnetfeld der Sonne. Dabei wird magnetische Energie unter anderem in Wärme umgewandelt. Die Simulationen, mit denen die Forscher die Beobachtungsdaten rekonstruierten, legen nahe, dass die Veränderungen der Magnetfeldarchitektur ihren Ursprung in der Photosphäre etwa 200 Kilometer über der sichtbaren Oberfläche der Sonne haben. Zudem boten die Beobachtungen die einmalige Möglichkeit, die Güte bisheriger Simulationen von Ellermann-Bomben zu überprüfen: Geben sie alle Aspekte eines solchen Ereignisses genau wieder? Besonders die sehr hohen Temperaturen innerhalb der Hitzester konnten die Simulationen nicht rekonstruieren. An dieser Stelle müssen die Modelle in Zukunft deutlich verbessert werden.

5. Morphological Properties of Slender Ca II H Fibrils Observed by Sunrise II

Autoren: R. Gafeira, A. Lagg, S. K. Solanki, S. Jafarzadeh, M. van Noort, P. Barthol, J. Blanco Rodríguez, J. C. del Toro Iniesta, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. Knölker, D. Orozco Suárez, T. L. Riethmüller, and W. Schmidt

In den UV-Daten von Sunrise zeigen sich feine, langgezogene, fibrillenartige Strukturen in der unteren Atmosphäre der Sonne. Sie finden sich vorwiegend in der Nähe von Sonnenflecken. Im Verlauf seines fünftägigen Fluges konnte Sunrise II fast 600 dieser veränderlichen Strukturen beobachten. Genaue Analysen erlauben es, die grundlegenden Eigenschaften dieses Phänomens so genau zu bestimmen wie nie zuvor: Die Strukturen haben eine durchschnittliche Breite von 180 Kilometern und eine Länge von 500 bis 4000 Kilometern; sie bleiben durchschnittlich etwas mehr als 6 Minuten lang stabil. Da sie Ausdruck des Magnetfeldes in der unteren Sonnenatmosphäre sind, helfen die Analysen, die magnetischen Eigenschaften unseres Sterns in dieser Region besser zu verstehen.

6. Oscillations on Width and Intensity of Slender Ca II H Fibrils from Sunrise/SuFI

Autoren: R. Gafeira, S. Jafarzadeh, S. K. Solanki, A. Lagg, M. van Noort, P. Barthol, J. Blanco Rodríguez, J. C. del Toro Iniesta, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. Knölker, D. Orozco Suárez, T. L. Riethmüller, and W. Schmidt



Sowohl die Intensität, als auch die Breite der fibrillenartigen Strukturen, die Sunrise II im UV-Licht der unteren Sonnenatmosphäre beobachtet hat, schwanken: Innerhalb von durchschnittlich etwas mehr als einer halben Minuten nehmen Intensität und Breite ab und wieder zu. Forscher werten dies als Ausdruck bestimmter magnetohydrodynamischer Wellen, die sich in der unteren Atmosphäre ausbreiten. Dieser wichtige Wellentyp wurde für die Sonne zwar theoretisch vorhergesagt, bisher aber noch nie direkt nachgewiesen.

7. Kinematics of Magnetic Bright Features in the Solar Photosphere

Autoren: S. Jafarzadeh, S. K. Solanki, R. H. Cameron, P. Barthol, J. Blanco Rodríguez, J. C. del Toro Iniesta, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. Knölker, V. Martínez Pillet, D. Orozco Suárez, T. L. Riethmüller, W. Schmidt, and M. van Noort

Beobachtet man, wie sich ein Stöckchen oder Blatt in einem Bach bewegt, bekommt man einen Eindruck von der Art der Strömung. Ist sie turbulent mit vielen Verwirbelungen? Oder ruhig und gleichmäßig? Ganz ähnlich erlauben die Bewegungen kleiner, heller Bereiche hoher magnetischer Feldstärke entlang der Oberfläche der Sonne Rückschlüsse auf die dortigen Plasmaströme. Die hochaufgelösten Daten der beiden Sunrise-Flüge zeigen, dass sich diese an verschiedenen Stellen der Sonnenoberfläche stark unterscheiden. Während sich die hellen magnetischen Strukturen mancherorts mit konstanter Geschwindigkeit bewegen, werden sie an anderen Stellen abgebremst, an wiederum anderen wechseln sie häufig abrupt ihre Richtung.

8. Transverse Oscillations in Slender Ca II H Fibrils Observed with Sunrise/SuFI

Autoren: S. Jafarzadeh, S. K. Solanki, R. Gafeira, M. van Noort, P. Barthol, J. Blanco Rodríguez, J. C. del Toro Iniesta, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. Knölker, D. Orozco Suárez, T. L. Riethmüller, and W. Schmidt

Ein weiterer genauer Blick auf die langgezogenen Strukturen, die SUNRISE im UV-Licht der unteren Sonnenatmosphäre erspähen konnte: Die Autoren berichten, dass sich transversale magnetohydrodynamische Wellen entlang der Längsachse der Strukturen blitzschnell mit einer Geschwindigkeit von rund 9 Kilometern pro Sekunde ausbreiten. Wellen dieser Art sind bereits aus der Region direkt unter der Oberfläche der Sonne bekannt. Die neuen Analysen deuten nun darauf hin, dass sich diese Wellen in die untere Atmosphäre fortsetzen und somit einen wichtigen Beitrag zur Heizung des Gases leisten können.

9. High-frequency Oscillations in Small Magnetic Elements Observed with Sunrise/SuFI

Autoren: S. Jafarzadeh, S. K. Solanki, M. Stangalini, O. Steiner, R. H. Cameron, and S. Danilovic

Mit rund einer Million Grad ist die Korona der Sonne deutlich heißer als die Oberfläche unseres Sterns. Seit Langem rätseln Forscher, auf welchem Wege die benötigte Energie für die so genannte Koronaheizung aus tieferen Schichten der Sonne ihre Atmosphäre erreicht. Wellenphänomene in magnetischen Strukturen könnten dabei eine wichtige Rolle spielen. Solche konnte Sunrise nun in kleinformatischen magnetischen Bereichen in der unteren Sonnenatmosphäre aufdecken. Besonders die hochfrequenten, energiereichen Wellen bewegten sich von innen nach außen, also in Richtung zur Atmosphäre.



10. Slender Ca II H Fibrils Mapping Magnetic Fields in the Low Solar Chromosphere

Autoren: S. Jafarzadeh, R. J. Rutten, S. K. Solanki, T. Wiegmann, T. L. Riethmüller, M. van Noort, M. Szydlarski, J. Blanco Rodríguez, P. Barthol, J. C. del Toro Iniesta, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. Knölker, V. Martínez Pillet, D. Orozco Suárez, and W. Schmidt

Die Magnetfelder in der so genannten Chromosphäre (der Schicht der Sonnenatmosphäre, die direkt über der sichtbaren Oberfläche unseres Sterns liegt) sind äußerst schwer zu messen. Mit Hilfe eines Umweges – und der Sunrise II-Daten – gelingt es dennoch, ihnen auf die Schliche zu kommen: In dieser Veröffentlichung konnten die Forscher zeigen, dass sich die langgezogenen fibrillenartigen Strukturen, die SUNRISE mit hoher Genauigkeit im UV-Licht der unteren Atmosphäre aufzeichnen konnte, entlang der magnetischen Feldlinien orientieren – ein wenig wie die Eisenspäne im klassischen Schulversuch zum Magnetismus. Die „solaren Eisenspäne“ offenbaren kleinskalige Magnetfelder, die sich unter anderem bogenförmig über die ruhigen Gebiete auf der Sonnenoberfläche wölben.

11. Brightness of Solar Magnetic Elements as a Function of Magnetic Flux at High Spatial Resolution

Autoren: F. Kahl, T. L. Riethmüller, and S. K. Solanki

Die Helligkeit der Sonne schwankt – auf Zeitskalen von einigen Tagen bis hin zu Jahrhunderten. Schwankungen dieser Art können das Erdklima beeinflussen. Welche Rolle spielen dabei kleinformatige, veränderliche Magnetfelder an der Sonnenoberfläche? Da Sunrise gleichzeitig die Magnetfeldstärke und die Helligkeit der Sonne in verschiedenen Wellenlängenbereichen misst, bietet die Mission optimale Voraussetzungen dieser Frage nachzugehen. In dieser Veröffentlichung berichten die Forscher von einem ausgeprägten Zusammenhang besonders im sichtbaren und ultravioletten Licht, das die Sonne abstrahlt. Dies ist die erste Studie, die räumlich so hochaufgelöste Magnetfeldmessungen mit der Analyse des UV-Lichtes kombiniert. Das UV-Licht ist von besonderem Interesse, da es direkt in der Erdatmosphäre absorbiert wird und diese aufheizen kann.

12. Moving Magnetic Features around a Pore

Autoren: A. J. Kaithakkal, T. L. Riethmüller, S. K. Solanki, A. Lagg, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. vanNoort, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

In der Umgebung von Sonnenflecken finden sich kleine magnetische Strukturen, die sich größtenteils radial nach außen bewegen. Die Daten des Zweitfluges von Sunrise boten die Möglichkeit, eine Vielzahl solcher Strukturen zu untersuchen und zu charakterisieren. Die Analyse zeichnet so erstmals ein umfassendes Bild dieses Phänomens in Bezug auf Geschwindigkeiten, Polarisation und Magnetfeldstärke.

13. Convectively Driven Sinks and Magnetic Fields in the Quiet-Sun

Autoren: Iker S. Requerey, Jose Carlos Del Toro Iniesta, Luis R. Bellot Rubio, Valentín Martínez Pillet, Sami K. Solanki, and Wolfgang Schmidt

Selbst in ruhigen Phasen, in denen die Sonne keinerlei Sonnenflecken und aktive Regionen zeigt, ist die Oberfläche unseres Sterns alles andere als gleichförmig. Gewaltige, heiße Plasmaströme, die aus der Tiefe des Sterns aufsteigen, sich abkühlen und wieder hinabsinken, erzeugen ein



charakteristisches Muster aus sogenannten Granulen. Innerhalb dieser Granulen finden sich kleinformatigere magnetische Muster. Das Zusammenspiel aus Magnetfeldern und Plasmaströmen solcher Muster konnten die Autoren dieser Veröffentlichung aus Daten des Erstfluges von Sunrise bestimmen.

14. Spectropolarimetric Evidence for a Siphon Flow along an Emerging Magnetic Flux Tube

Autoren: Iker S. Requerey, B. Ruiz Cobo, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, J. Blanco Rodríguez, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, T. L. Riethmüller, M. van Noort, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

Die Magnetfelder an der sichtbaren Oberfläche der Sonne entstehen in Form gekrümmter magnetischer Flussröhren, die die Oberfläche durchbrechen. Die Daten des Zweitfluges von Sunrise erlauben einen genauen Blick auf die „Geburtsstunde“ eines solchen Magnetfeldes. Dank der hohen räumlichen Auflösung lassen sich die beiden Fußpunkte einer magnetischen Flussröhre mit entgegengesetzter Polarität unterscheiden. Beide Bereiche sind durch gekrümmte magnetische Feldlinien mit einander verbunden. Entlang dieser fließt heißes Gas von einem Fußpunkt zum anderen. Angetrieben wird es durch ähnliche Kräfte, die auch einen Getränkesiphon antreiben, allerdings in gewaltigem Ausmaß. Dieses Phänomen konnte Sunrise erstmals direkt messen.

15. A New MHD-assisted Stokes Inversion Technique

Autoren: T. L. Riethmüller, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, M. van Noort, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

Das Licht, das die Sonne abstrahlt, ist Messungen gut zugänglich. Forscher versuchen deshalb, von seinen genauen Eigenschaften (wie etwa der Polarisierung bei verschiedenen Wellenlängen) auf weitere Merkmale unseres Sterns zu schließen (etwa auf Magnetfelder und thermische Vorgänge). Numerisch ist dies ausgesprochen anspruchsvoll. In dieser Veröffentlichung stellen die Autoren eine neue Methode vor, die genauere Ergebnisse liefert als frühere. Die Sunrise-Daten fungieren als eine Art Prüfstein der Methode.

16. Estimation of the Magnetic Flux Emergence Rate in the Quiet Sun from Sunrise Data

Autoren: H. N. Smitha, L. S. Anusha, S. K. Solanki, and T. L. Riethmüller

Die magnetischen Felder der Sonne entstehen in ihrer Tiefe; gewaltige Plasmaströme transportieren sie an die Oberfläche. Mit Hilfe der hochaufgelösten Messdaten des Erstfluges von Sunrise konnten die Autoren erstmals zeigen, dass kleine magnetische Strukturen auf der ruhigen Sonne maßgeblich zum gesamten magnetischen Fluss durch die Sonnenoberfläche beitragen. Solch kleine Strukturen konnten in früheren Analysen nicht berücksichtigt werden, so dass die Stärke des magnetischen Flusses bisher deutlich (um einen Faktor zwischen 10 und 100) unterschätzt wurde.



17. Magneto-static Modeling from Sunrise/IMaX: Application to an Active Region Observed with Sunrise II

Autoren: T. Wiegmann, T. Neukirch, D. H. Nickeler, S. K. Solanki, P. Barthol, A. Gandorfer, L. Gizon, J. Hirzberger, T. L. Riethmüller, M. van Noort, J. Blanco Rodríguez, J. C. Del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, W. Schmidt, V. Martínez Pillet, and M. Knölker

Theoretische Modelle erlauben es, aus den Eigenschaften an der sichtbaren Oberfläche der Sonne auf solche in der oberen Sonnenatmosphäre zu schließen. In dieser Veröffentlichung nutzen die Autoren die präzisen Messdaten von Sunrise, um ein solches Modell erstmals für die Korona, die äußere Sonnenatmosphäre, oberhalb einer aktiven Region vorzulegen.

Kontakt

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung
Dr. Birgit Krummheuer
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Tel.: 0551 384 979-462
E-Mail: Krummheuer@mps.mpg.de