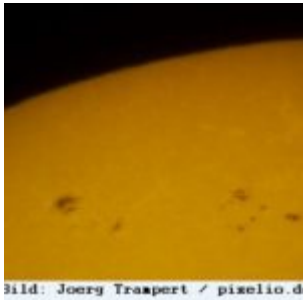


Neues vom Svensmark-Wolken-Solarverstärker



Im November 2014 berichteten M. Kancirova und K. Kudela in [Atmospheric Research](#) über eine Studie zur Entwicklung der Wolkenbedeckung und der kosmischen Strahlen auf einem 2634 m hohen Berg in der Slowakei für den Zeitraum 1982–2010. Die Autoren fanden dabei eine stabile Korrelation zwischen Wolken und kosmischer Strahlung, wenn auch schwach ausgeprägt. Hier der Abstract:

Wolkenbedeckung und Variationen der kosmischen Strahlung auf einem 2634 Meter hohen Berg in der Slowakei

*Wir untersuchten die **Relation zwischen der Wolkenbedeckung und kosmischen Strahlen** im Zeitraum 1982 bis 2010, wie sie auf dem Lomnický štít genannten Berg (in Richtung von 49,40°N und 20,22°E. Geomagnetische cut-off rigidity [?] für kosmische Strahlen ~3,85 GV). Tägliche Mittelwerte wurden verwendet. Man erkennt, dass die Korrelationen signifikant sind für kürzere Zeiträume als ein Jahr. **Wir haben eine schwache positive Korrelation gefunden im längerfristigen Zeitmaßstab.** Der Unterschied der Intensität kosmischer Strahlen zwischen den Tagen mit wolkenlosem und bedecktem Himmel bei $\alpha = 0,05$ findet sich in den Daten. Neben den Experimenten und der Klärung der physikalischen Prozesse hinter den hier untersuchten Relationen sind längere Zeitintervalle und Analysen an anderen Messpunkten unter Berücksichtigung der cut-off rigidity wichtig wie Ozean/Kontinent zusammen mit den Satellitendaten zu Fortschritten im Verständnis der Fragen hinsichtlich der Relation zwischen Wolken und kosmischen Strahlen, zumindest vom Standpunkt der empirischen Beschreibung der Abhängigkeiten aus.*

Im Januar 2015 legten Badruddin & Aslam dann im [Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics](#) nach. Sie studierten den Einfluss der kosmischen Strahlung auf den Indischen Sommermonsun. **Und sie wurde fündig:** Dürrephasen ereigneten sich überwiegend wenn die kosmische Strahlung abnahm, während feuchte Phasen mit zunehmender kosmischer Strahlung gepaart waren. Zudem fanden sie einen Zusammenhang mit der Temperatur. Hier die Kurzfassung:

Einfluss der Variabilität kosmischer Strahlen auf den Monsunregen und die Temperatur

Wir untersuchen die Rolle der Variabilität kosmischer Strahlen (GCR) hinsichtlich deren Einfluss auf die Variabilität der Regenmengen des

indischen Sommermonsuns (ISMR). Wir kommen zu dem Ergebnis, dass bei ‚Dürren‘ (geringe ISMR) in Indien der **GCR-Fluss abnimmt** und während ‚Fluten‘ hohe ISMR) zunimmt. Die Ergebnisse unserer Analyse zeigen, dass möglicherweise der abnehmende GCR-Fluss während des indischen Sommermonsuns die Regenausbeute unterdrücken kann. Andererseits kann ein zunehmender GCR-Fluss den Regen verstärken. Wir denken, dass zusätzlich zu realen Umweltbedingungen eine signifikante Anhebung/Ausbreitung von tiefen Wolken und der daraus folgenden Unmöglichkeit der Bildung größerer Tröpfchen in den Wolken die Regenmenge während abnehmender GCR-Flüsse in der Monsun-Jahreszeit unterdrückt. Andererseits kann verstärkte Tröpfchenkollision und -koaleszenz während zunehmender GCR-Flüsse zur Verstärkung der Regenfälle beitragen. Auf der Grundlage dieser Beobachtungen stützt dies unseren Gedanken, dass unter geeigneten Umweltbedingungen der sich ändernde GCR-Fluss den Niederschlag beeinflussen kann. **Außerdem haben wir bemerkt, dass die Variabilität der Regenmenge umgekehrt korreliert ist zur Temperatur-Variation während der ISMR-Jahreszeit..** Wir bieten eine Erklärung an, wenngleich spekulativ, wie sich ändernde GCR-Flüsse jeweils die Regenmenge und die Temperatur beeinflussen können. Wir spekulieren, dass die angebotene Hypothese auf der Grundlage der indischen Klimadaten auf den gesamten Bereich der Tropen und Subtropen ausgeweitet werden kann, und dass sie **auf signifikante Weise Auswirkungen auf die globale Temperatur hat. Falls dies korrekt ist, enthält unsere Hypothese eine wichtige Implikation, die den Link zwischen Sonne und Klima betrifft.**

Weiterhin erwähnenswert ist eine Arbeit von L.Z. Biktash im Dezember 2014 in [Advances in Space Research](#). In dieser Studie geht es ebenfalls um die kosmische Strahlung und ihr Bezug zur globalen Temperatur. Für die Phase 1965–2012 sollen sich die Temperaturmaxima während der Minima der kosmischen Strahlung ereignet haben. Hier die Kurzfassung:

Entwicklung des Dst-Index, kosmischer Strahlen und globaler Temperatur während der Sonnenzyklen 20 bis 23

Wir haben die Bedingungen im interplanetaren Weltraum untersucht, welche einen Einfluss auf die galaktische kosmische Strahlung (CR) und den Klimawandel haben könnten. In diesem Zusammenhang wurden Variationen die Sonnenwindparameter, der Parameter des interplanetaren magnetischen Feldes und der kosmischen Strahlung untersucht und verglichen mit der geomagnetischen Aktivität, die durch den Dst-Index am Äquator von Anfang 1965 bis Ende 2012 repräsentiert werden. Der Dst-Index wird allgemein angewendet als ein Charakteristikum der Wechselwirkungen zwischen Magnetosphäre, Sonnenwind und Ionosphäre. Die bedeutenden Treiber im interplanetaren Medium, welche Auswirkungen auf kosmische Strahlen haben, sind CMEs (koronale Massenejektionen) und CIRs (ko-rotierende Wechselwirkungs-Regionen), welche sehr starke Änderungen auf ihrem Weg zur Erde durchlaufen. Darum reflektieren diese CMEs, koronale Löcher und die Anzahl der Sonnenflecken nicht angemessen die Besonderheiten im Zusammenhang mit der Ankunft des Sonnenwindes an 1 AU. [?] Darum haben die geomagnetischen Indizes einige unschätzbare Vorteile als kontinuierliche Reihe unabhängig vom Dst-Index und den unregelmäßigen Messungen des Sonnenwindes. Wir haben die jährlichem mittleren Variationen des Ds-Index‘ und die Sonnenwind-Parameter mit Daten der kosmischen Strahlung

aus Neutronen-Monitoren in Moskau, Climax und Haleakala während der Sonnenzyklen 20 bis 23 verglichen. Während der abnehmenden Phasen dieser Sonnenzyklen kam es häufig zu Hochgeschwindigkeits-Strömen des Sonnenwindes. Sie waren der primäre Beitrag zu den wiederholten Dst-Variationen. Sie hatten auch Auswirkungen auf Variationen der kosmischen Strahlung. Wir zeigen, dass langfristige Dst-Variationen während dieser solaren Zyklen korreliert waren mit der Rate der kosmischen Strahlung und zu Untersuchungen von Variationen der kosmischen Strahlung verwendet werden können. **Variationen der globalen Temperatur in Zusammenhang mit der Entwicklung des Dst-Index' und Variationen der kosmischen Strahlung werden behandelt.**

Im Text der Arbeit heißt es:

Wir zeigen, dass die trendbereinigten jährlichen Mittelwerte der globalen Temperatur von 1965 bis 2010 Maxima zeigen während der Maxima der kosmischen Strahlen und der Minima des Dst-Index' des Sonnenwindes. Dies beweist, dass kosmische Strahlen eine wesentliche Rolle beim Klimawandel spielen, und wesentliche Teile der Klima-Variationen können erklärt werden von [Pudovkin and Raspopov's \(1992\)](#) und deren Erklärung der Art und Weise, mit der kosmische Strahlen moduliert werden durch die Sonnenaktivität und deren Auswirkung auf meteorologische Parameter sowie die untere Atmosphäre. Nachfolgend müssen wir nach anderen Wegen suchen, um den Gründen für die globale Erwärmung auf den Grund zu gehen.

Eine Gruppe um Nicolas Huneeus überraschte im Mai 2014 im [Journal of Geophysical Research](#) mit einer etwas versteckten Bestätigung des Sonne-Wolken-Bezugs. Im Rahmen von Modellierungen fanden sie eine bedeutende Beeinflussung der Wolken durch solare Aktivitätsschwankungen. Lesen Sie selbst im Abstract:

Treiber und Rückkopplungen im GeoMIP-Ensemble für eine Reduktion der Sonneneinstrahlung und zunehmendem CO₂-Gehalt

Die wirksamen Strahlungsantriebe (einschließlich rapider Adjustierungen) und Rückkopplungen, die einhergehen mit einer augenblicklichen **Vervierfachung der vorindustriellen CO₂-Konzentration und einer gegenläufigen Reduktion der Solarkonstante** werden untersucht im Zusammenhang mit dem Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP). Die Treiber- und Rückkopplungs-Parameter des Gesamt-Energieflusses werden ebenso wie deren unterschiedliche Komponenten an der Oberfläche der Atmosphäre und am Boden mittels 10 Earth System Models untersucht, um die Einwirkung der Solarstrahlung auf den Energiehaushalt besser zu verstehen. Trotz ihrer sehr unterschiedlichen Natur sind die Rückkopplungs-Parameter und deren Komponenten an der Obergrenze der Atmosphäre für diese beiden Antriebs-Mechanismen fast identisch, nicht nur im globalen Mittel, sondern auch in ihrer geographischen Verteilung. Diese Schlussfolgerung gilt für jedes der individuellen Modelle trotz Unterschieden zwischen diesen hinsichtlich der Art und Weise, wie sie den Energiehaushalt beeinflussen. Dies zeigt, dass der Klimasensitivitäts-Parameter unabhängig vom Antrieb ist (wenn man ihn als einen effektiven Strahlungsantrieb misst). Wir zeigen auch die Existenz eines großen Beitrags der Wolkiger-Himmel-Komponente zum effektiven kurzwelligen Strahlungsantrieb an der Oberfläche der Atmosphäre. **Dies führt zu rapiden Änderungen der Bewölkung bei Änderungen**

der Sonneneinstrahlung. Zusätzlich präsentieren die Modelle eine signifikante Diversität der räumlichen Verteilung der kurzwelligen Strahlungsparameter in wolkigen Gebieten, was auf persistente Unsicherheit bzgl. der Wolken-Rückkopplung hinweist.

Hoch interessant ist auch die Studie einer Forschergruppe um Mai Mai Lam, die ihre Ergebnisse im September 2014 in den [Geophysical Research Letters](#) publizierte. Die Wissenschaftler untersuchten die Atmosphäre über der Antarktis und fanden deutliche Hinweise darauf, dass solar-modulierte kosmische Strahlung über das atmosphärische elektrische Feld die Wolken der unteren Troposphäre beeinflussen können. Lam und Kollegen sehen den Wolken-Solarverstärker parallel operierend zum UV-Solarverstärker der Stratosphäre. Anbei die Kurzfassung:

Vom Sonnenwind getriebene Anomalien geopotentieller Höhe haben ihren Ursprung in der unteren Troposphäre über der Antarktis

*Wir verwenden Re-Analyse-Daten der National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research, um die Abhängigkeit von Höhe und Zeitverzögerung der Korrelation zwischen der interplanetarischen magnetischen Feldkomponente B_y und der Anomalie der geopotentiellen Höhe **über der Antarktis** abzuschätzen. Die Korrelation ist innerhalb der Troposphäre höchst signifikant. Der Spitzenwert der Korrelation wird mit größeren Zeitverzögerungen (6 bis 8 Tage) an der Tropopause und in der mittleren Troposphäre (~4 Tage) als in der unteren Troposphäre (~1 Tag) erreicht. **Dies stützt eine Auswirkung, bei der die Tätigkeit des globalen atmosphärischen elektrischen Kreislaufes ins Spiel kommt, modifiziert durch Variationen des Sonnenwindes, auf tiefe Wolken in der Troposphäre. Die zunehmende Zeitverzögerung mit zunehmender Höhe ist konsistent mit der Aufwärtsbewegung konventioneller atmosphärischer Prozesse der vom Sonnenwind induzierten Variabilität in der unteren Troposphäre. Dies steht im Gegensatz zu der Abwärtsbewegung atmosphärischer Vorgänge in die untere Troposphäre aus der Stratosphäre aufgrund von der Variabilität des Sonnenwindes getriebenen Mechanismen, wobei auch ultraviolette Strahlung oder der Niederschlag energetischer Partikel eine Rolle spielt.***

Die American Geophysical Union (AGU) fand das Paper so bemerkenswert, dass sie es in einem Nachrichtenbeitrag in ihrer [Mitgliederzeitschrift Eos](#) vorstellte:

Wie der Sonnenwind Wetter und Klima beeinflussen könnte

Der Einfluss der Sonne auf das Klima der Erde ist kompliziert, aber die Forscher machen Fortschritte bei der Erforschung der Art und Weise, wie der Sonnenwind indirekt die Bewölkung über den Polen beeinflusst. Die Sonne spielt eine große Rolle bei der Versorgung der Erde mit Licht und Wärme, aber deren subtilere Auswirkungen auf Wetter, Klima und atmosphärische Prozesse auf der Erde sind immer noch mysteriös. Verwirrt sind die Wissenschaftler vor allem durch die Frage, wie der Sonnenwind das Klimasystem der Erde beeinflusst.

Weiterlesen [in Eos](#).

Licht und Schatten für Svensmark-Freunde findet sich auch in einem Paper in [PNAS](#) im März 2015. Dort veröffentlichte eine Gruppe um Anastasios Tsonis eine Untersuchung zum Zusammenhang zwischen kosmischer Strahlung und der globalen Temperatur. Zwar konnten die Forscher die Erwärmung des 20. Jahrhundert nicht in Einklang mit der kosmischen Strahlung bringen, jedoch fanden sie im Maßstab von einigen Jahren einen bedeutenden Zusammenhang zwischen kosmischer Strahlung und Temperatur. Hier der Abstract:

Dynamische Beweise einer Kausalität zwischen kosmischen Strahlen und jährlichen Temperaturvariationen

Bereits im Jahre 1959 wurde die Hypothese aufgestellt, dass ein indirekter Link zwischen Sonnenaktivität und Klima durch Prozesse kontrolliert werden könnte, die den Fluss kosmischer Strahlen kontrollieren (CR) [Ney ER (1959) *Nature* 183:451–452]. Obwohl die Verbindung zwischen CR und Klima kontrovers bleibt, gab es eine bedeutende Zahl von Laborbeweisen bei der European Organization for Nuclear Research [Duplissy J, et al. (2010) *Atmos Chem Phys* 10:1635–1647; Kirkby J, et al. (2011) *Nature* 476(7361):429–433] and elsewhere [Svensmark H, Pedersen JOP, Marsh ND, Enghoff MB, Uggerhøj UI (2007) *Proc R Soc A* 463:385–396; Enghoff MB, Pedersen JOP, Uggerhøj UI, Paling SM, Svensmark H (2011) *Geophys Res Lett* 38:L09805]. Sie zeigen den theoretischen Prozess hinter diesem Link. **In diesem Artikel präsentieren wir eine Analyse auf der Grundlage konvergenter Cross-Mappings [?], wobei gemessene Zeitreihen von Daten herangezogen wurden, um den kausalen Link zwischen CR und den Änderungen der globalen Temperatur von Jahr zu Jahr direkt zu untersuchen.** Trotz einer großen Korrelation finden wir keinen messbaren Beweis eines kausalen Effektes, der CR mit dem Erwärmungstrend im 20. Jahrhundert in Verbindung bringt. Allerdings **finden wir im kurzfristigen Zeitmaßstab von Jahr zu Jahr einen bedeutenden, wenn auch moderaten kausalen Effekt zwischen CR und der kurzfristigen Variabilität von Jahr zu Jahr bei der globalen Temperatur**, der konsistent ist mit der Gegenwart interner Nicht-Linearitäten im System. Obwohl also die CR nicht messbar zum globalen Erwärmungstrend des 20. Jahrhunderts beigetragen hat, scheint CR doch als ein nicht-traditioneller Antrieb im Klimasystem im Kurzfristzeitraum hervorzutreten.

Ein komplettes Modell zur klimatischen Wirkungsweise kosmischer Strahlung beschrieb N.A. Kilifarska im August 2015 im [Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics](#). Ihr Prozess läuft im Maßstab von zwei Jahrzehnten ab und umfasst das Sonnenmagnetfeld, das die kosmische Strahlung moduliert, welche wiederum das Ozon und Wasserdampf in der unteren Stratosphäre verändert. Hier die Kurzfassung:

Bi-dekadischer solarer Einfluss auf das Klima, modifiziert durch das Ozon nahe der Tropopause

Der solare Beitrag zu Klimavariationen ist in jüngster Zeit sehr in Frage gestellt worden. **In dieser Studie zeigen wir, dass sich eine bi-dekadische Variabilität des solaren Magnetfeldes, der die Intensität der kosmischen Strahlen (GCR) an der äußeren Grenze der Heliosphäre moduliert, bis zur Erdoberfläche verfolgen lässt. Der Modulator dieses Einflusses ist das Ozon in der unteren Stratosphäre. Der Prozess der Signalübertragung enthält: (i) GCR-Einfluss auf das Gleichgewicht des Ozons in der unteren Stratosphäre,**

(ii) Modulation von Temperatur und Feuchtigkeit nahe der Tropopause infolge der Ozon-Variationen, (iii) Zu- oder Abnahme des Treibhaus-Effektes, abhängig vom Signal der Feuchtigkeits-Änderungen. Die Effizienz eines solchen Prozesses hängt entscheidend ab vom Niveau der maximalen sekundären Ionisation durch die GCR (d. h. Pfozter-Maximum) – bestimmt wiederum durch das heterogene Erdmagnetfeld. Folglich begünstigt die Position des Pfozter-Maximums in der trockensten untersten Stratosphäre auto-katalytische Ozon-Erzeugung in der außertropischen Nordhemisphäre, während auf der Südhemisphäre keine geeigneten Bedingungen für die Aktivierung dieses Prozesses existieren. Als Konsequenz wird die geomagnetische Modulation der herab regnenden energetischen Partikel – heterogen über den ganzen Globus verteilt – der Relation zwischen Ozon und Feuchtigkeit in der unteren Stratosphäre aufgedrückt. Der angewendete Test zur [Überprüfung der] Kausalität enthüllt, dass während des Untersuchungszeitraumes von 1957 bis 2012 zwei Hauptzentren der Aktivität auf der winterlichen Nordhalbkugel existieren mit enger und fast stationärer Ozon-Kontrolle der Feuchtigkeit nahe der Tropopause. Indem sie indirekt durch die solaren Protonen beeinflusst wird, ist die Variabilität des Ozons in der unteren Stratosphäre über der Südhalbkugel dagegen viel schwächer. Als Konsequenz findet der Kausalitäts-Test, dass das Ozon in der Wechselwirkung mit der Feuchtigkeit nur in sommerlichen außertropischen Gebieten dominiert.

Eine spannende Entdeckung machte eine Gruppe um Il-Hyun Cho, die sie im August 2012 im [Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences](#) beschrieben. Sie analysierten fünf solare Zyklen über gut 50 Jahre und fanden, dass die globale Temperatur jeweils geringer war, wenn die Nordhalbkugel der Sonne aktiver war als die solare Südhalbkugel. Die Autoren schlagen einen Mechanismus über die kosmische Strahlung vor. Hier der Abstract:

Die globale Temperatur-Anomalie und die solare Nord-Süd-Asymmetrie

Wir untersuchen, ob die **globale Temperatur-Anomalie** in Zusammenhang steht mit der solaren Nord-Süd-Asymmetrie. Dazu verwenden wir Daten, die etwa über **fünf solare Zyklen** archiviert worden sind. Zwei Dinge motivieren uns hierzu: die sich mehrenden Beweise für die Verbindung zwischen kosmischer Strahlung (GCR) und der Bewölkung sowie die jüngst gefundene Verbindung zwischen dem Einfall kosmischer Strahlen und der solaren Nord-Süd-Asymmetrie. Wir haben die Daten der beobachteten Sonnenflecken analysiert, den an der Station in Moskau gemessenen Einfall der GCR sowie die globale Temperaturanomalie. **Es zeigte sich, dass die mittlere globale Temperaturanomalie systematisch kleiner ist** (um $\sim 0,56$ Einheiten ihrer Standardabweichung) **während der Perioden, in denen die solare Nordhemisphäre aktiver ist als die solare Südhemisphäre.** Die Differenz des mittleren Wertes der globalen Temperaturanomalie für die beiden Datensätze bzgl. der solaren Nord-Süd-Asymmetrie ist groß und statistisch signifikant. Wir zeigen, dass die solare Nord-Süd-Asymmetrie in Relation steht zur globalen Temperaturanomalie **mittels Modulation der Menge der einfallenden GCR.** Und schließlich diskutieren wir die diesbezüglichen Implikationen auf ein Klimamodell und die Stoßrichtung zukünftiger Arbeit.

Zuguterletzt noch einen Hinweis auf das Erdmagnetfeld, das sich derzeit in einigen Teilen der Erde rapide abschwächt. Kommt bald die Umpolung? Hier ein Auszug aus einem Artikel in [Spiegel Online](#) vom 19. Juni 2014:

Dennoch hat sich das Magnetfeld der Erde in einem Tempo verändert, das Wissenschaftler stutzig gemacht hat. In den vergangenen 100 Jahren ist es global gesehen um rund fünf Prozent schwächer geworden. In bestimmten Gebieten, etwa im [Atlantik](#) vor der Küste Brasiliens, hat es noch deutlich mehr an Kraft verloren. Im Bereich dieser sogenannten Südatlantischen Anomalie war ein Minus von fünf Prozent in zehn bis fünfzehn Jahren zu beobachten. Drei europäische [Satelliten](#) haben nun in ungekannter Genauigkeit vermessen, wie schnell der Wandel vonstatten geht. Die "Swarm"-Satelliten fliegen [seit vergangenem Herbst](#) um die Erde. Die Europäische Weltraumorganisation (Esa) hat die ersten Ergebnisse der "Swarm"-Mission am Donnerstag auf einem Kongress in Kopenhagen vorgestellt. "Generell konnten wir eine Abschwächung beobachten", berichtete Nils Olsen von Dänemarks Technischer Universität (DTU), "aber in manchen Bereichen gab es auch einen Anstieg". So hat das Magnetfeld vor allem über [Nord-](#) und [Südamerika](#) innerhalb der sechs Monate der Mission an Stärke verloren, kräftiger geworden ist es über dem Indischen Ozean.

Ganzen Artikel auf [Spiegel Online](#) lesen.

Link: <http://www.kaltesonne.de/neues-vom-svensmark-wolken-solarverstarker/>

Beitrag zuerst erschienen bei „die Kalte Sonne“. Übersetzung der englischen Passagen durch [Chris Frey](#) EIKE.

Hierzu aber ein Hinweis: Viele dieser im Original englischsprachigen Abschnitte gingen inhaltlich an die Grenze des Verständnisses des Übersetzers oder sogar darüber hinaus. Falls jemand fachliche Übersetzungsfehler findet, bitte ansagen.