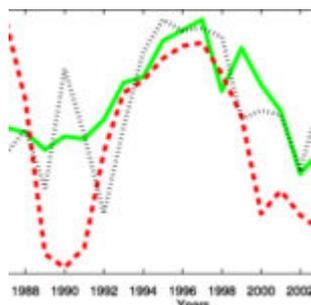


# Neue Studie: Wolken durch Sonnenwind getrieben



## Vom Sonnenwind getriebene Wolken

M Voiculescu et al 2013 *Environ. Res. Lett.* **8** 045032 bei:

[doi:10.1088/1748-9326/8/4/045032](https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/045032)

## Abstract

In diesem Brief untersuchen wir mögliche Beziehungen zwischen der Wolkenbedeckung (CC) und dem interplanetarischen elektrischen Feld IEF. Dieses wird moduliert durch die Geschwindigkeit des Sonnenwindes und dem IEF. Wir zeigen, dass die CC in mittleren und hohen Breiten systematisch mit einem positiven IEF korreliert, was einen eindeutigen energetischen Input in die Atmosphäre zur Folge hat; jedoch nicht mit einem negativen IEF, was ganz allgemein übereinstimmt mit den Vorhersagen des mit dem GEC zusammenhängenden Mechanismus'. Folglich zeigen unsere Ergebnisse, dass die Wolken in mittleren und hohen Breiten über das GEC durch den Sonnenwind beeinflusst sein könnten. Da das IEF unterschiedlich auf die Sonnenaktivität reagiert als beispielsweise der kosmische Strahlenfluss oder die Solar-Gesamtstrahlung zeigen wir auch, dass es eine solche Studie erlaubt, einen solar getriebenen Mechanismus der Wolkenentwicklung via GEC von anderen [Mechanismen] zu unterscheiden.

## Introduction

Heute besteht hohes Interesse daran, den solaren Beitrag zur Klimaänderung zu quantifizieren. Trotz der Fortschritte hinsichtlich des Verständnisses der Prozesse, die das Erdklima steuern, bleibt die Quantifizierung der natürlichen Quellen der Klimavariabilität besonders hinsichtlich solarer Effekte schwer fassbar (Solomon et al 2007, Gray et al 2010).

Obwohl die Klimamodelle sehr weit entwickelt sind und viele Auswirkungen einschließen, sind sie nicht perfekt, und beobachtete Beweise sind bescheiden und unklar. Empirische Beweise zeigen eine kausale Beziehung zwischen der solaren Variabilität und dem Klima, vor allem im vorindustriellen Zeitalter (Bond et al 2011), aber mögliche Mechanismen sind unklar und qualitativ. Das Gleichgewicht zwischen der aus dem All kommenden und von der Erde mit

unterschiedlichen Wellenlängen reflektierten Strahlung trägt signifikant zu Temperaturänderungen bei (Hartmann *et al* 1992). Folglich spielt die Wolkenbedeckung eine tragende Rolle im terrestrischen Strahlungshaushalt. Das Modellieren des Beitrages der Wolken zum Klima in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Scales ist möglicherweise die größte Herausforderung im Bereich von Klimastudien (Vieira und Da Silva 2006). Trotz der zunehmenden Zahl von Studien bzgl. der Beziehung zwischen Sonne und Wolken versteht man noch nicht eindeutig solare Effekte auf die Wolkenbedeckung. Indirekte Mechanismen werden hier vorgeschlagen, die den relativ kleinen solaren Input verstärken und die die solarbezogene, in unterschiedlichen Zeiträumen von Tagen bis zu Jahrzehnten) beobachtete Variabilität verschiedener Wolkenparameter erklären können (Udelhofen und Cess 2001, Marsh und Svensmark 2000, Voiculescu und Usoskin 2012) oder Höhe der Wolkenuntergrenze (Harrison *et al* 2011, Harrison und Ambaum 2013).

Ein indirekter Mechanismus hängt mit der Tatsache zusammen, dass spektrale Einstrahlung der Sonne im UV-Band signifikant variiert, dessen Auswirkungen auf die Stratosphäre beschränkt sind. Daher muss es ein Zusammenspiel Stratosphäre – Troposphäre – Ozean geben, einen ‚top-down-Effekt‘ (Gray *et al* 2010, Meehl *et al* 2009, Haigh *et al* 2010). Ein anderer Mechanismus basiert auf möglichen Variationen der atmosphärischen Aerosol-/Wolken-Verhältnisse, was die Durchlässigkeit/Absorption der Atmosphäre beeinflusst und als Konsequenz die Menge der absorbierten Solarstrahlung. Zwei mögliche physikalische Zusammenhänge werden präsentiert: einer über die Ionen-induzierte/gesteuerte Bildung von Aerosolen durch von kosmischen Strahlen ausgelöste Ionisation (CRII) (Dickinson 1975, Svensmark und Friis-Christensen 1997, Carslaw *et al* 2002, Kazil und Lovejoy 2004, Yu und Turco 2001), der andere via GEC-Auswirkungen auf die Aerosol-/Wolkenverhältnisse (Tinsley 2000, Harrison und Usoskin 2010). Ersterer könnte nur sehr schwierig im allgemeinen Rauschen erkennbar sein, besonders in kurzfristigen Zeiträumen, wie in-situ-Laborexperimente (e.g., Carslaw 2009, Kulmala *et al* 2010, Enghoff *et al* 2011, Kirkby *et al* 2011) sowie statistische Studien (Calogovic *et al* 2010, Dunne *et al* 2012) gezeigt haben. Im Gegensatz dazu haben Studien von Svensmark *et al* (2009), Enghoff *et al* (2011), Svensmark *et al* (2013), Yu *et al* (2008) gezeigt, dass es einen Einfluss der Ionisierung auf die Bildung neuer Partikel gibt und dass Wolken-Kondensationskerne (CCN) existieren. Folglich kann es sein, dass der CRII-Partikelbildungs-Prozess nur längerfristig wirksam wird. Außerdem könnte er räumlich auf die polare Stratosphäre begrenzt sein (Mironova *et al* 2012). Andererseits kann auch der mit dem GEC zusammen hängende Mechanismus wichtig sein (Tinsley 2000, Harrison und Usoskin 2010, Rycroft *et al* 2012), besonders für tiefe Wolken. Und es wurden einige Verbindungen aufgezeigt zwischen den atmosphärischen elektrischen Eigenschaften und der Wolkenbildung und –entwicklung (Harrison *et al* 2013).

Da alle solaren Treiber bis zu einem gewissen Grad korrelieren, ist es möglicherweise schwierig zu evaluieren, welcher Treiber oder welche Kombination derselben am meisten zur Modulation der Wolken beiträgt. Ein Versuch, zwischen Solarstrahlung (gesamt oder UV) und CRII-Effekten auf die Wolkenbedeckung zu unterscheiden, wurden von Kristjánsson *et al* (2004), Voiculescu *et al* (2006, 2007), Erlykin *et al* (2010) durchgeführt, die

zeigten, dass zahlreiche Mechanismen in verschiedenen Höhen und verschiedenen geographischen Gebieten unterschiedliche Auswirkungen zeitigen können. Allerdings wird der GEC durch die Sonnenaktivität in anderer Weise beeinflusst, nämlich via das IEF, so dass nur das positive IEF eine Rolle spielt, das negative IEF aber nicht. Ein positives IEF korrespondiert mit einem interplanetarischen magnetischen Feld (interplanetary magnetic field IMF) mit einer südwärts gerichteten oder negativen z-Komponente, welche einen direkten Energietransfer vom Sonnenwind zur Magnetosphäre und der Ionosphäre begünstigt. Für das negative IEF (positive z-Komponente des IMF) ist der Transfer viel weniger effizient, und nur ein sehr kleiner Prozentsatz der Sonnenwind-Energie wird in die Magnetosphäre transferiert (e.g. Dungey 1961, Papitashvili und Rich 2002, Singh et al 2005). Folglich wird vom IEF im Gegensatz zu anderen potentiellen solaren Treibern, von denen man erwartet, dass sie einen monotonischen Einfluss ausüben, erwartet, dass die Wolkenverhältnisse nur dann beeinflusst werden, wenn das IEF positiv ist. Dieses Feature hat das Potential, die Auswirkungen des IEF von denen anderer Treiber zu unterscheiden. Hier präsentieren wir die Ergebnisse von Korrelations-Studien zwischen dem IEF und der Wolkenbedeckung, welche den höchst möglichen Mechanismus zeigt, der die Wolkenbedeckung beeinflussen könnte. Wir diskutieren hier hauptsächlich die Ergebnisse für die Bedeckung mit tiefen Wolken (LCC), beziehen uns aber auch auf mittelhohe und hohe Wolken.

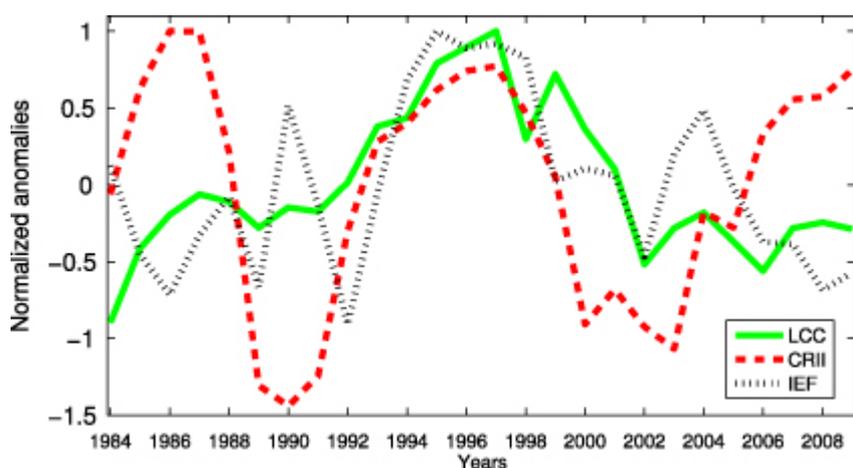


Abbildung: Variation der mittleren Bedeckung mit tiefen Wolken in mittleren und hohen Breiten ( $30^\circ$  bis  $75^\circ$  N und S) (grüne durchgezogene Linie), dem interplanetarischen elektrischen Feld (schwarze Punkte) und die durch kosmische Strahlen ausgelöste Ionisierung (CRII) im 700-hPa-Niveau (rot gestrichelt). CRII wird berechnet mittels des atmosphärischen Ionisations-Modells von Usoskin et al 2010.

### Schlussfolgerung:

**Wir zeigen hier ein Ergebnis einer empirischen Studie, der zufolge es eine schwache, aber statistisch signifikante Beziehung gibt zwischen der Bedeckung mit tiefen Wolken in mittleren und hohen Breiten in beiden Hemisphären der Erde und dem interplanetarischen elektrischen Feld, das einen bestimmten Mechanismus des Einflusses der indirekten Sonnenaktivität auf das Klima begünstigt: der globale elektrische Kreislauf beeinflusst die Wolkenbildung. Wir zeigen, dass alle Charakteristiken dieser Beziehung auf einer Linie mit**

der Erwartung liegen, falls das interplanetarische elektrische Feld via den globalen elektrischen Kreislauf beeinflusst:

(1) Die Bedeckung mit tiefen Wolken zeigt eine systematische Korrelation im jährlichen Zeitmaßstab mit einem positiven interplanetarischen elektrischen Feld in mittleren und hohen Breiten in beiden Hemisphären.

(2) Es gibt keine Korrelation zwischen der Bedeckung mit tiefen Wolken und dem interplanetarischen elektrischen Feld in tropischen Regionen.

(3) Es gibt keine Korrelation zwischen der Bedeckung mit tiefen Wolken und einem negativen interplanetarischen elektrischen Feld auf dem ganzen Globus.

Als zusätzlicher Faktor kann der kosmische Strahlenfluss beim Vorhandensein eines positiven IEF die Wolkenbildung beeinflussen. Dagegen wurde kein eindeutiger Effekt des Flusses kosmischer Strahlen während Perioden eines negativen IEF gefunden.

Ähnliche, aber statistisch weniger signifikante Ergebnisse fanden sich auch für mittelhohe und hohe Wolken, was zeigt, dass sich die primären Auswirkungen bei tiefen Wolken zeigen. Die Tatsache, dass die gefundene statistische Relation nur für Zeiten eines positiven IEF existiert und nicht bei einem negativen IEF stellt andere potentielle Mechanismen der Beziehung zwischen Sonne und Wolken in mittleren und hohen Breiten in den Schatten, wie der Aerosolbildung durch Ionen oder ein UVI-Einfluss. Allerdings könnte letzterer in tiefen und mittleren Breiten wirksam sein. Obwohl diese statistische Studie keinen Hinweis auf einen genauen physikalischen, die Wolken beeinflussenden Mechanismus vermittelt wie oben beschrieben, begünstigt sie einen bestimmten solaren Treiber, nämlich den Sonnenwind mit einem eingefrorenen IEF, der das globale elektrische Stromsystem auf der Erde beeinflusst. Das Ergebnis zeigt, dass sich weitere Forschungen des solar-terrestrischen Einflusses ebenfalls in diese Richtung orientieren sollten.

Die Studie ist offen verfügbar, und zwar hier:

<http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/4/045032/article>

Related: [No increase of the interplanetary electric field since 1926](#) (Sager and Svalgaard 2004)

Link:

<http://wattsupwiththat.com/2013/12/26/new-paper-clouds-blown-by-the-solar-wind/>

Übersetzt von Chris Frey EIKE, der diesen Artikel inhaltlich nicht verstanden hat.