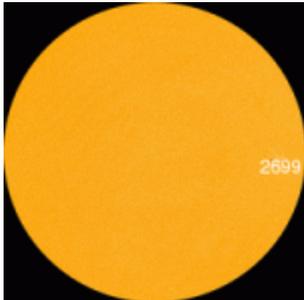


Wetter und Klima beim Übergang vom Solarzyklus 24 zum Zyklus 25



I. Introduction

Die Sonne ist die natürliche Wärme- und Lichtquelle für unseren Planeten. Ohne unsere Sonne würde die Erde als toter, kalter Planet durch das Weltall irren. Aber die Sonne ist nicht konstant. Subtile Änderungen auf der Sonne beeinflussen Klima und Wetter auf der Erde.

Am Ende des Solarzyklus' 23 hat die Sonnenaktivität auf ein Niveau abgenommen, wie es seit 1913 nicht mehr beobachtet worden ist (beim Vergleich der jährlichen mittleren Gesamt-Sonnenfleckenzahlen (1)). Während des Sonnenzyklus' 24 wurde Folgendes beobachtet:

1. Die Anzahl der Sonnenflecken über den gesamten Zyklus hat signifikant um 50% oder mehr abgenommen.

2. Es gab weniger solare Flares und koronale Massenauswürfe (CMEs), welche Solar-Protonen-Ereignisse (SPEs) und geomagnetische Stürme auf der Erde erzeugen. Während des Übergangs, der im Juli 2000 begonnen hatte, erzeugte die Sonne 6 massive Explosionen in rascher Aufeinanderfolge. Jede dieser Explosionen erzeugte solare Protonen-Ereignisse über 10.000 pfu @ >10 MeV. Diese ereigneten sich im Juli 2000, November 2000, September 2001, zwei im November 2001 und einen letzten im Oktober 2003. *Seitdem ist kein solches Ereignis dieser Größenordnung mehr aufgetreten (2).*

3. Das solare Magnetfeld hat sich signifikant abgeschwächt. Der Average Magnetic Planetary Index (Ap index) ist eine Proxy-Maßzahl für die Intensität der solaren magnetischen Aktivität, verändert diese doch das geomagnetische Feld der Erde. Man betrachtet es allgemein als Maßzahl der solaren magnetischen Aktivität. Ap-Messungen begannen im Januar 1932. Je ruhiger die Sonne in magnetischer Hinsicht ist, umso kleiner ist der Ap-Index. Während der 822 Monate zwischen Januar 1932 und Juni 2000 gab es nur einen Monat, in welchem der mittlere Ap-Index unter 4 sank. Aber während der 186 Monate zwischen Juli 2000 und Dezember 2015 sank der monatliche Ap-Index 15 mal auf 4 oder weniger (3).

4. Die Anzahl der auf die Erde treffenden galaktischen kosmischen Strahlen (GCRs) hat zugenommen. GCRs sind hochenergetisch geladene Partikel mit Ursprung außerhalb unseres Sonnensystems. Sie werden freigesetzt, wenn ein

Stern seinen Brennstoff aufgebraucht hat und als Supernova explodiert. Das Magnetfeld der Sonne moduliert die Rate der auf die Erde treffenden GCRs. Kosmische Strahlen werden durch das in den Sonnenwind eingebettete interplanetarische Magnetfeld abgelenkt und können daher kaum in das Innere des Sonnensystems vordringen. Die Auswirkungen des Sonnenwindes sind noch bis 200 AU [AU = Astronomische Einheit, also der mittlere Abstand der Erde von der Sonne. Anm. d. Übers.] von der Sonne entfernt erkennbar, und zwar in einer Region des Weltalls namens Heliosphäre. Mit der magnetischen Beruhigung der Sonne schrumpfte die Heliosphäre, und eine größere Anzahl dieser Partikel drang in die Erdatmosphäre ein. Das interplanetarische Magnetfeld der Sonne fiel auf einen Wert um 4 Nano-Tesla (nT) von einem typischen Wert von 6 bis 8 nT. Im Jahre 2009 steigerte sich die Intensität kosmischer Strahlen bis zu 19% über allem, was man seit Beginn von Satellitenmessungen vor fünfzig Jahren erlebt hat (4).

5. Im Allgemeinen variiert die Sonnenaktivität um etwa 0,1% im Laufe eines normalen Zyklus'. Aber diese Variation ist nicht linear im gesamten Strahlungsspektrum. Zwischen den Jahren 2004 und 2007 wurde beobachtet, dass die Abnahme der ultravioletten Strahlung (mit Wellenlängen von 400 nm) 4 bis 6 mal stärker war als erwartet, während das sichtbare Licht (400 bis 700 nm) eine leichte Zunahme zeigte (5). Dies ist bedeutsam, weil die solare UV-Strahlung ein Haupttreiber der Stratosphären-Chemie ist.

6. Die obere Atmosphäre der Erde kollabierte. Die Thermosphäre reicht von einer Höhe von 90 km bis über 600 km über der Erdoberfläche. Während des Höhepunktes des letzten solaren Minimums 2008-2009 zog sich die Thermosphäre so stark zusammen wie seit mindestens 43 Jahren nicht mehr. Die Größenordnung des Kollaps' war zwei bis drei mal größer als es durch die Sonnenaktivität allein erklärt werden kann (6).

7. Der solare Strahlungsfluss während des Höhepunktes des solaren Zyklus' nahm signifikant ab. Der 10,7-Index ist eine Maßzahl des solaren Strahlungsflusses pro Frequenz-Einheit bei einer Wellenlänge von 10,7 nm, also nahe dem Spitzenwert der beobachteten Strahlungs-Emission. Im Minimum des solaren Zyklus' trat der geringste F10,7-Fluss auf seit Beginn von Aufzeichnungen im Februar 1947 auf (7).

8. Sichtungen von Leuchtenden Nachtwolken erfolgen in niedrigeren Breiten. Diese Wolken bilden sich aus Eiskristallen in der obersten Atmosphärenschicht, der Mesosphäre. Berichte über Leuchtende Nachtwolken (NLCs) liegen von Europäern erstmals zum Ende des 19. Jahrhunderts vor. In jenen Tagen musste man sich deutlich über 50° Breite polwärts bewegen, um sie zu sehen. Jetzt jedoch breiten sie sich aus. Während der letzten Jahre gab es Beobachtungen derselben aus so weit südlich liegenden Gebieten wie Colorado und Utah in den USA.

II. Hintergrund – Sonnenzyklen

Sonnenflecken sind auf der Oberfläche der Sonne erscheinende dunkle Flecken. Sie finden sich dort, wo intensive magnetische Aktivitäten im Gange sind und markieren die Stellen sehr gewaltiger Explosionen, welche Sonnenstürme erzeugen.

Die Sonne durchläuft etwa alle 11 Jahre einen Zyklus. Er beginnt beim solaren Minimum, wenn es nur sehr wenige Sonnenflecken gibt und erreicht sein solares Maximum mit hunderten von Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche, bevor es zurückgeht zu einem ruhigen solaren Minimum. Das nennt man einen Sonnenzyklus. Gegenwärtig befinden wir uns im solaren Minimum zwischen den Zyklen 24 und 25. Der erste wissenschaftlich dokumentierte Sonnenzyklus datiert vom März 1755.

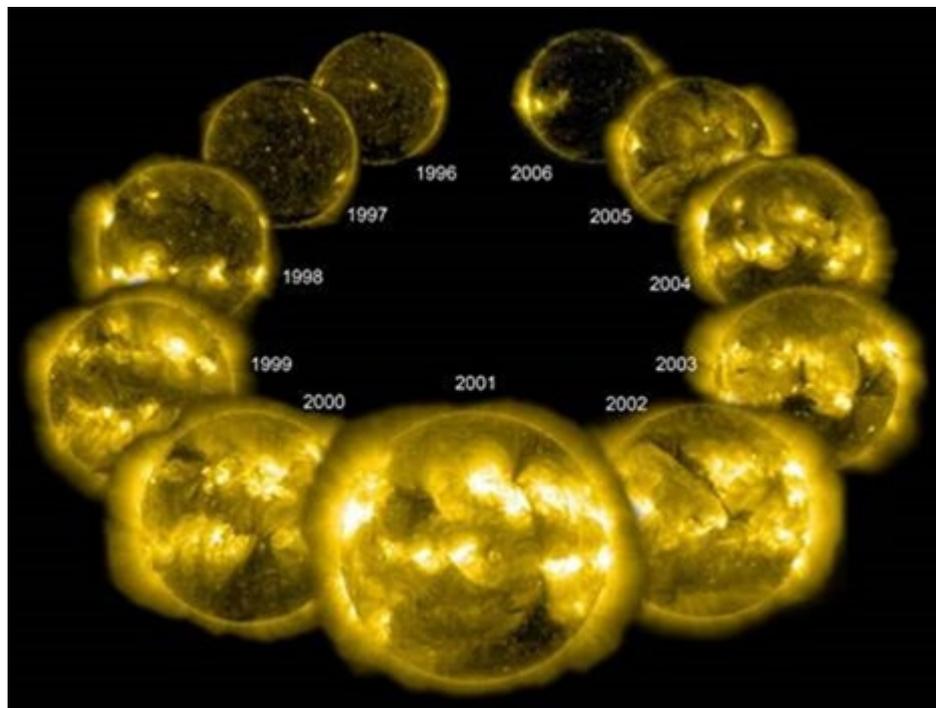


Abbildung 1: Bild des Sonnenzyklus' 23 vom Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) von Steele Hill (NASA GSFC)

Die Sonne zeigt hinsichtlich der Stärke eines jeden Sonnenzyklus' große Variabilität. Während einiger Solarzyklen bilden sich sehr viele Sonnenflecken, in anderen deutlich weniger. Wenn eine Gruppe von Zyklen zusammenfallen mit einer hohen Zahl von Sonnenflecken, spricht man von einem solaren *Grand Maximum*. Umgekehrt, d. h. bei nur wenigen Sonnenflecken spricht man von einem *Grand Minimum*. Usoskin unterteilt die Rekonstruktion der Sonnenaktivität während des Holozäns seit dem Jahr 10.000 v. Chr. bis heute (8). Man betrachte noch einmal Abbildung 2. Die roten Bereiche stehen für solare Grand Maxima, die blauen für ruhige solare Grand Minima.

Die Rekonstruktionen zeigen, dass das Gesamtniveau der beobachteten Sonnenaktivität Mitte des 20. Jahrhunderts eines der höchsten der letzten 10.000 Jahre ist. Im 20. Jahrhundert trat ein sehr starkes Grand Maximum auf. Typischerweise sind diese Grand Maxima relativ kurzlebig mit einer Größenordnung von etwa 50 Jahren. Die Rekonstruktion zeigt auch Epochen mit Grand Minima unterdrückter Aktivität. Derartige Minima unterschiedlicher Dauer sind wiederholt aufgetreten. Ein solares Grand Minimum ist definiert als eine Periode, wenn die (geglättete) Sonnenfleckenanzahl geringer als 15 ist über mindestens zwei aufeinander folgende Zyklen. Die Sonne befindet sich etwa über 17% der Zeit im Zustand von Grand Minima. Beispiele jüngster, extrem ruhiger Grand Minima sind das Maunder Minimum (etwa von 1645 bis 1715)

und das Spörer-Minimum (etwa von 1420 bis 1570).

Die Sonne hat eine Zustandsänderung durchlaufen. Sie ist von einem Grand Solar Maximum, welches im 20. Jahrhundert vorherrschend war, in eine magnetisch ruhige Periode nach Art eines Dalton Minimums übergegangen.

III. Detaillierte Vorhersage

Haftungsausschluss: Der folgende Abschnitt stellt meine nach bestem Wissen und Gewissen erfolgte Abschätzung des kommenden Sonnenzyklus' dar, ebenso wie dessen Auswirkungen auf ein chaotisches System, welches unter der Bezeichnung Klima/Wetter bekannt ist. Der Autor stellt alle Informationen auf die Grundlage „wie bekannt“ und „soweit verfügbar“. Die Abschätzung ist ausschließlich informativer Natur. Der Autor gibt keine Repräsentationen oder Garantien irgendeiner Art ab, weder expressiv noch implizit. Jeder Gewinn oder Verlust aufgrund der Anwendung dieser Information liegt ausschließlich in der Verantwortung des Nutzers.

Ich prognostiziere, dass die Intensität des Zyklus' Nr. 25 sehr ähnlich der Intensität des Zyklus' Nr. 24 sein wird. Diese Vorhersage mache ich aufgrund von zwei Beobachtungen:

1. Der Verlauf der Solarzyklen 22 bis 25 passt ziemlich gut zu dem historischen Verlauf der Zyklen 3 bis 6. Man betrachte Abbildung 3. Die Zyklen 4 bis 7 korrespondieren mit der unter dem Begriff Dalton-Minimum bekannten Periode. Das Dalton-Minimum war eine Zeit mit minimalen Sonnenflecken, einer ganzen Reihe schwacher Sonnenzyklen, aber noch nicht schwach genug, um als Solares Grand Minimum bezeichnet zu werden.

2. Sonnenzyklen treten paarweise auf. Ein Sonnenzyklus ist in Wirklichkeit ein halber Zyklus. Man braucht zwei solare Zyklen, um einen ganzen Zyklus zu vervollständigen. In einem Sonnenzyklus ist die magnetische Polarität der Sonne nordwärts, im nächsten südwärts ausgerichtet. Am Ende der beiden Zyklen ist die Sonne wieder dort, wo alles angefangen hat. Es sind also zwei Seiten der gleichen Münze. Die Intensität eines jeden Halb-Zyklus ist in etwa gleich.

Am interessantesten für mich ist die **Periode minimaler Sonnenflecken** vor dem nächsten Zyklus und nicht so sehr die Periode maximaler Sonnenflecken. Das Minimum repräsentiert das Extrem, den primären Akteur, der seinen Schatten kommender Wetterereignisse vorauswirft. Ein Vergleich der jetzt kommenden **Periode minimaler Sonnenflecken** mit der korrespondierenden **Periode minimaler Sonnenflecken** während des Dalton-Minimums (zwischen den Zyklen 5 und 6) brachte mich auf die folgende prädiktive Beobachtung: Die jetzt begonnene Periode minimaler Sonnenflecken wird vom Winter 2016/17 bis zum Winter 2024/25 dauern. Diese Periode ist analog des Zeitrahmens des Dalton Minimums vom Winter 1806/07 bis zum Winter 1814/15.

Ich prognostiziere, dass diese Periode minimaler Sonnenflecken länger und intensiver ausfällt als sein Vorgänger. Die Änderungen während dieses solaren Minimums sollten ausgeprägter sein als während des letzten solaren Minimums. Unter den Parametern sind Sonnenflecken, Average Magnetic Planetary Index (Ap

index), Galactic Cosmic Rays (GCRs)-Flussraten, Volumen der Heliosphäre, die interplanetarische magnetische Feldstärke der Sonne, Druck des Sonnenwindes, solare UV-Strahlung, Volumen der Thermosphäre der Erde und die geographische Breite des Auftretens von Leuchtenden Nachtwolken.

Die Theorie, dass die Intensität von Sonnenflecken mit Änderungen von Wetter und Klima auf der Erde korrespondiert, ist schon Jahrhunderte alt. Im Jahre 1801 stellte der große Astronom William Herschel fest, dass die Weizenernte in England während minimaler Sonnenflecken besonders schlecht ausfiel.

Im Jahre 1873 kam der russisch-deutsche Klimatologe Wladimir Peter Köppen zu dem Ergebnis, dass die in den Tropen beobachteten maximalen Temperaturen mit Sonnenflecken-Minima korrespondierten. Dazu sammelte er Daten von 403 Stationen auf der ganzen Welt. Im Jahre 1891 veröffentlichte Henry F. Blanford eine Reihe von Temperaturmessungen, welche Prof. S. A. Hill während der Jahre von 1875 bis 1885 in Allahabad durchgeführt hatte (auf 25,4°N). Dabei zeigte sich eine jährliche mittlere Temperaturdifferenz von 3,7°C zwischen Sonnenflecken-Minimum und -maximum. Im Jahre 1872 zeigte der schottische Meteorologe und Astronom Charles Meldrum, dass Perioden mit minimalen Sonnenflecken auch mit Perioden minimalen Regens an tropischen Wetterstationen einher gingen. Sir Norman Lockyer wies diesen Effekt auch an vielen Stationen in Ceylon und Indien nach (9).

Aber diese Relationen betreffen nicht den ganzen Globus gleichmäßig. Forschungen von Charles Chambers (1857), Frederick Chambers (1878), S.A. Hill (1879), E.D. Archibald (1879) und Henry F. Blanford (1879, 1880) zeigten interessante Ergebnisse. In niedrigen Breiten ist der Luftdruck während Perioden minimaler Sonnenflecken erhöht. Aber in mittleren Breiten ist der Luftdruck genau entgegengesetzt; er ist höher während solarer Maxima im Winter. Und in polaren Breiten ist der Luftdruck während solarer Minima im Sommer erhöht (9). Zu großen Stürmen kommt es allgemein, wenn Luftdruck-Extreme groß sind.

Im Jahre 1891 bemerkte H. F. Blanford, dass während solarer Flecken-Minima ein geringerer Anteil der tropischen Atmosphäre zu höheren Breiten auf der jeweiligen Winter-Hemisphäre transferiert wird.

Björn Helland-Hansen and Dr. Fridtjof Nansen found a similar correlation at the Lighthouse on Ona Island, Norway (Latitude 62.9° N). They compared the mean winter air temperature from 1 November to April 30 for the years 1875-1907 and showed that colder temperatures generally occurred during periods of minimal sunspots.⁵⁶

In den gemäßigten Breiten scheint die Sonnenflecken-Häufigkeit in Beziehung zu stehen mit sehr kalten Wintern. In Greenwich analysierte Alexander B. MacDowall für die Jahre 1841 bis 1895 die Daten jeweils von Oktober bis März. Geringe Sonnenflecken-Häufigkeit korrespondiert mit einer Zunahme der Tage mit kaltem Nordwind (48). Die Anzahl der Frosttage in London korreliert ebenfalls mit Perioden minimaler Sonnenflecken (9). H. Helm Clayton fand im Jahre 1895 eine sehr ähnliche Korrelation zwischen Frosttagen und Perioden minimaler Sonnenflecken sowohl in Paris als auch in Neuengland. In seinem Fall stellte er jedoch seine Ergebnisse auf die Grundlage eines vollen

Zyklus' (22 Jahre) (55).

Björn Helland-Hansen und Dr. Fridtjof Nansen fanden eine ähnliche Korrelation auf der Ona-Insel in Norwegen (62,9°N). Sie verglichen die mittlere Lufttemperatur im Winter jeweils vom 1. November bis zum 30. April der Jahre 1875 bis 1907 und zeigten, dass niedrigere Temperaturen allgemein während Perioden minimaler Sonnenflecken auftraten (56).

Oftmals kam es vor, dass eine bei der Analyse der Daten hervortretende Verbindung zwischen Klima und Solarzyklus widersprüchlich daherkam. Ich denke, der Hauptgrund hierfür war, dass man die Daten einer falschen Filterung unterzogen hatte. Aus seiner eigenen Natur heraus ist Wetter ein chaotisches System. Auch habe ich den Eindruck, dass die beobachteten Trends weniger ausgeprägt waren, einher gehend mit dem Umstand, dass **Perioden minimaler Sonnenflecken** kürzer und weniger extrem ausfielen, vor allem während der Grand Solar Maxima, wie sie für das 20. Jahrhundert typisch waren.

Viele Wissenschaftler, darunter Sir (Joseph) Norman Lockyer (Professor der astronomischen Physik und Gründer des Journals *Nature*), William James Stewart Lockyer, der amerikanische Professor F. H. Bigelow, Dr. Major Albert Veeder M.D., der amerikanische Professor C. J. Kullmer, der norwegische Professor Björn Helland-Hansen, Dr. Fridtjof Nansen (der Arktisforscher) und andere glaubten zunächst, dass die Klimavariationen der Erde aufgrund von Änderungen der Sonnenflecken-Aktivität primär von der Zirkulation der Erde getrieben werden und nicht von Auswirkungen der direkten Sonnenwärme. (11)

Die diese Korrelation stützenden wissenschaftlichen Grundlagen fehlten in historischen Zeiten. Erst kürzlich waren Wissenschaftler in der Lage, die verschiedenen bedeutenden solaren, Weltraum- und Erd-Metriken zu messen und Theorien zu entwickeln, welche diese Korrelation erklären. Im Jahre 2016 schrieb ich eine Studie mit dem Titel *Little Ice Age Theory*, womit ich alle diese Details und Relationen zu erklären versuchte (12).

In jener Studie fand ich zwei Haupttheorien mit der Bezeichnung *Cloud Theory* und *Wind Theory*. Die Wolkentheorie beschreibt einen langfristigen Klima-Treiber, während die Windtheorie einen kürzerfristigen Wetter-Treiber beschreibt. In beiden Theorien geht es um die solare Einwirkung auf die Wolkenbildung auf der Erde. Die Wolkentheorie befasst sich mit der Fähigkeit der tiefen Wolken, Temperaturen langsam zu verändern. Die Windtheorie befasst sich mit der Fähigkeit hoher Wolken, die atmosphärische Zirkulation zu verändern [?].

Wolkentheorie: *Mit der Abschwächung des solaren Magnetfeldes und dessen nach innen gerichteten Kollaps' kann eine größere Menge galaktischer kosmischer Strahlen in das Innere des Sonnensystems vordringen. Einige dieser Partikel weisen fast Lichtgeschwindigkeit auf und setzen bei ihrem Eindringen bis tief in die untere Atmosphäre der Erde eine Kaskade von Ionen frei. Diese Ionen versorgen die mikroskopischen Wassertröpfchen in der Luft mit elektrischer Ladung. Geladene Wassertröpfchen sind zehn bis einhundert mal effizienter beim Einfangen von Aerosolen als ladungsfreie Tröpfchen. Folglich klumpen diese mikroskopischen Wassertröpfchen zusammen, um die kleinen*

Wassertröpfchen zu bilden, aus denen die Wolken bestehen. Tiefe Wolken neigen dazu, optisch dick zu sein und Sonnenlicht effektiv zurück in das Weltall zu reflektieren. Eine ausgedehnte Periode mit einem schwachen solaren Magnetfeld erzeugt eine erhebliche Zunahme der Bewölkung über den Ozeanen und als Folge davon einen globalen Temperaturrückgang.

Ich prognostiziere, dass das jetzt kommende solare Minimum eine Zunahme der Bewölkung über den Ozeanen bewirkt sowie einen graduellen Rückgang der Temperaturen. Der Stillstand der globalen Erwärmung wird sich fortsetzen. (Den genauesten Satelliten-Temperaturdaten zufolge existiert dieser Stillstand ab dem Jahr 1998 (13)).

Die Wolkentheorie beeinflusst hauptsächlich das langfristige Klima der Erde. Als die Großen Solaren Minima (Spörer und Maunder Minimum) zu Ende gingen, war die extreme Kälte nicht über Nacht verschwunden. Vielmehr erfolgte die Änderung graduell, und die Erde brauchte viele Jahrzehnte, sich wieder zu erwärmen. Andererseits, als das für das 20. Jahrhundert typische Große Solare Maximum abrupt zu Ende ging, gleitet die Erde nicht über Nacht in eine weitere Kleine Eiszeit. Ursache hierfür ist die in den Landmassen und Ozeanen der Erde gespeicherte latente Wärme.

Windtheorie: *Mit der immer ruhiger werdenden Sonne geht eine signifikante Reduktion des emittierten Lichts im ultravioletten Bereich einher. Die beeinflusst die Bildung und Verteilung mikroskopischer Eiskristalle, aus welchen die Obergrenze der irdischen Wolkendecke besteht. Werden weniger Eiskristalle über die Polargebiete geweht, bedeutet dies, dass sich diese Regionen geringfügig erwärmen mit der Folge einer Abschwächung des Polarwirbels. Eiskristalle, die nicht vom Polarwirbel aufgenommen werden, neigen dazu, sich zu verklumpen und dichte kalte Regionen zu bilden im Bereich des Jet Streams, was zu blockierenden Hochdrucksystemen führt. Dies wiederum sorgt für eine Veränderung der Windzirkulation von einem zonalen mehr in ein meridionales Strömungsmuster.*

Während des nordhemisphärischen Winters wird ein meridional verlaufender Jet Stream aus kalten arktischen Gebieten weit südwärts in die Mittleren Breiten verfrachten (30° bis 60°N). Dies führt zu Rekord-Schneefällen und rekordtiefen Temperaturen. Der meridionale Jet Stream wird sehr heftige Winterstürme mit sich bringen. Zum Ende des Winters kann es zu großen Überschwemmungen kommen. Extreme Winter können die Wachstumsphase verkürzen und zu Knappheit und Hungersnot führen.

...

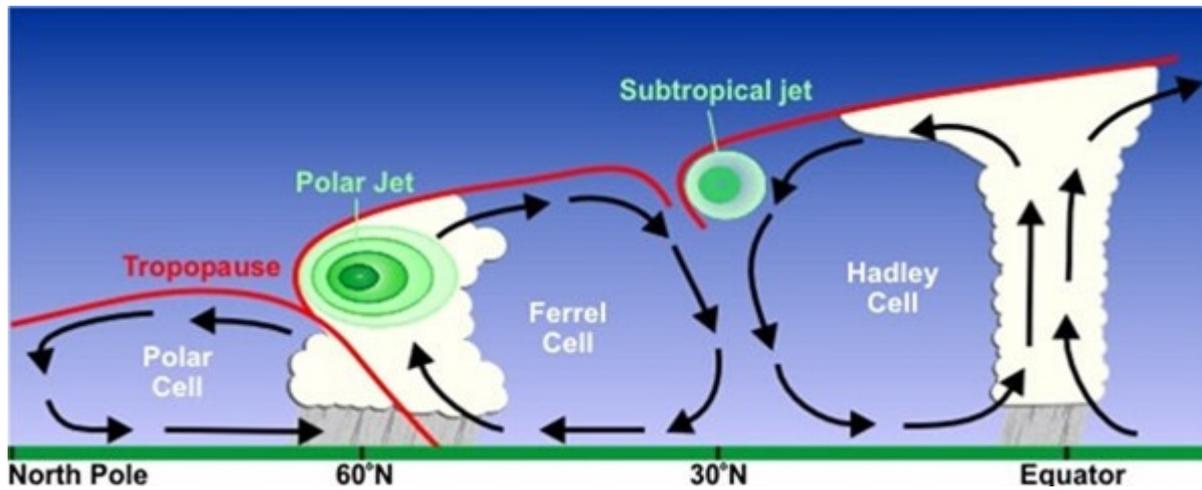


Abbildung 4: Jet Stream der Nordhemisphäre

...

Die gleichen Vorgänge finden auf der Südhalbkugel statt, aber die atmosphärische Zirkulation der Erde ist nicht symmetrisch. Dies liegt an der unterschiedlichen Verteilung der Landmassen, besonders der Bergketten. Die großen Zirkulationssysteme (Hadley-, Ferrel-Zelle) überdecken also verschiedene geographische Breiten auf der jeweiligen Hemisphäre.

In den Mittleren Breiten prognostiziere ich, dass die dem Solarzyklus 25 vorausgehende **Periode minimaler Sonnenflecken** folgende Phänomene zeitigen wird:

- Rekordtiefe Temperaturen im Winter
- Rekord-Schneefälle
- Starke, energiereiche Winterstürme
- Zufrieren von Flüssen und Seen
- Große Frühjahrs-Überschwemmungen
- Wetterbezogene Hungersnöte wegen verkürzter Wachstumszeiten und Extremwetter-Ereignissen.

In Niedrigen Breiten prognostiziere ich, dass die dem Solarzyklus 25 vorausgehende **Periode minimaler Sonnenflecken** folgende Phänomene zeitigen wird:

- Weniger Regen, höhere Temperaturen und Dürren
- Hungersnöte infolge von Dürren.

Jedwede meteorologische Theorie zur Beschreibung von Wetter und Klima sollte auf sicherem Wissen und Verstehen der Vorgänge in der Vergangenheit beruhen. Aus diesem Grunde habe ich im Folgenden Wetterereignisse gelistet, wie sie im analogen Zeitraum des Dalton-Minimums aufgetreten waren.

Diese sehr lange Liste wird hier nicht mit übersetzt. Der wesentliche Punkt dieses Beitrags ist angesprochen worden. Am Ende folgt dann noch eine ausführliche Referenzen-Liste. Wesentliches im Sinne des Themas wird aber nicht mehr gesagt, weshalb hier nur auf das Original verwiesen wird:

Link: <https://wattsupwiththat.com/2018/02/09/forecast-for-solar-cycle-25/>

Übersetzt von Chris Frey EIKE