Großes Minimum der solaren Gesamt-Strahlung führt zu der Kleinen Eiszeit

geschrieben von Chris Frey | 14. Januar 2017

Abstract

Die Quasi-zweijährige Variation der Energie der von der Erde absorbierten Solarenergie wird weiterhin nicht durch die Energieabstrahlung in den Weltraum kompensiert während eines Zeitraumes, der bestimmt wird durch die thermische Trägheit. Das ist der Grund, warum die Soll- und Haben-Anteile des mittleren jährlichen Energie-Budgets mit seiner Hülle aus Luft und Wasser immer in einem Zustand des Ungleichgewichts liegen, welches der grundlegende Status des Klimasystems ist. Das mittlere jährliche Gleichgewicht des thermischen Budgets des Systems Erde-Atmosphäre während langer Zeiträume wird zuverlässig Verhalten und Wert sowohl der durch die Erde akkumulierten überschüssigen Energie als auch das Energie-Defizit im thermischen Budget bestimmt. Dies wiederum kann unter Berücksichtigung der Daten der vorhergesagten Variationen der Gesamt-Solarstrahlung (TSI) in der Zukunft gut im Voraus Richtung und Amplitude bevor stehender Klimawandel mit hoher Genauigkeit vorhersagen. Seit Anfang der neunziger Jahre wurde sowohl eine Abnahme der TSI als auch des von der Erde absorbierten Energie-Anteils beobachtet. Die Erde als Planet wird in Zukunft ebenfalls ein negatives Gleichgewicht im Energiebudget aufweisen, weil die Sonne in die abnehmende Phase des Quasi-zweijährigen Zyklus‘ der TSI-Variationen eingetreten ist. Dies wird zu einem Absinken der Temperatur führen und zum Beginn einer Epoche der Kleinen Eiszeit etwa ab dem Jahr 2014. Die Zunahme der globalen Albedo und die Abnahme der Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre wird zu einer zusätzlichen Reduktion der absorbierten Sonnenenergie führen und den Treibhauseffekt reduzieren. Der Einfluss der ununterbrochenen Kette von Rückkopplungs-Effekten wird zu einem zusätzlichen Absinken der Temperaturen führen, die den Einfluss der TSI-Abnahme sogar noch überbieten kann. Der Beginn eines Minimums vom Typ Grand Mauder der TSI des quasi-zweijährigen Zyklus‘ kann um das Jahr 2043 ± 11 Jahre erwartet werden und der Beginn der Phase starker Abkühlung bis zum Niveau der 19. Kleinen Eiszeit während der letzten 7500 Jahre im Jahr 2060 ± 11 Jahre. Langzeitliche zyklische Variationen der TSI sind der Hauptgrund der damit einher gehenden Klimavariationen.

Introduction

Das Klimasystem wird beeinflusst durch einen quasi-zweijährigen zyklischen externen Vorgang im Zusammenhang mit korrespondierenden TSI-Variationen. Bedeutende zyklische Klimawandel sind eine erzwungene

Reaktion des Klimasystems auf diese externen Vorgänge. Die grundlegenden Merkmale der Klimavariationen hängen besonders zusammen mit Fluktuationen der Energie und der Geschwindigkeit sowohl der atmosphärischen Zirkulation als auch von Meeresströmen, einschließlich des thermischen Fließens des Golfstromes, welcher getrieben wird durch die Akkumulation von Wärme im Ozeanwasser der Tropen. Dies wird bestimmt durch die allgemeinen Vorgänge zwei- und elfjähriger zyklischer TSI-Variationen. Die bedeutenden Klimavariationen während der letzten 7,5 Jahrtausende zeigen, dass die zweijährige quasi-periodische TSI-Variation einen korrespondierenden zyklischen Mechanismus klimatischer Änderungen definiert, die von globalen Erwärmungen bis zu Kleinen Eiszeiten reicht, und der außerdem den Zeitrahmen von praktisch allen physikalischen Prozessen vorgibt, die im System Sonne-Erde vor sich gehen [1–3]. Gleichzeitig führt die zweijährige quasi-periodische TSI-Variation zu einer zusätzlichen Temperaturabnahme (mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung), die infolge klimatischer Rückkopplungs-Mechanismen über den direkten Einfluss der TSI-Variation hinausgeht. Diese Rückkopplungs-Mechanismen, namentlich der graduelle nichtlineare Anstieg der Oberflächen-Albedo der Erde (eine zusätzliche Abnahme des absorbierten TSI-Anteils) und die natürliche nichtlineare Abnahme der atmosphärischen Wasserdampf-Konzentration, Kohlendioxid und anderer Gase (Schwächung des Einflusses des Treibhausgas-Effektes) während des Prozesses der Abkühlung und umgekehrt.

Die beobachtete langzeitliche TSI-Abnahme und bevorstehende starke Abkühlung wird zunächst einmal klima-abhängige natürliche Ressourcen beeinflussen und folglich zuallererst wirtschaftliche Zweige mit enger Bindung an den Zustand des Klimas. Heutzutage ist das Problem einer zukünftigen globalen Abkühlung nicht nur ein hauptsächliches und bedeutendes wissenschaftliches Problem von planetarischen Ausmaßen, vor dem die gesamte Menschheit steht, sondern auch ein wirtschaftliches und politisches Problem, dessen Lösung die weiteren Aspekte der Entwicklung der menschlichen Zivilisation bestimmt. Eine bevorstehende globale Abkühlung wird die Richtung der Änderungen verschiedener natürlicher Prozesse auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre vorgeben ebenso wie die Bedingungen zur Bildung materieller und finanzieller Ressourcen für die Gesellschaft. Starke Abkühlung wird direkt die Entwicklung der wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Potentiale der modernen Zivilisation beeinflussen. Ein frühes Verständnis der Realität der bevorstehenden Abkühlung sowie die dafür ursächlichen physikalischen Prozesse bestimmt direkt die Wahl geeigneter und zuverlässiger Maßnahmen, welche es der Menschheit besonders in Ländern mit größerer Entfernung vom Äquator ermöglicht, sich an die zukünftige globale Abkühlung anzupassen. In der Praxis ist es am wichtigsten, die Tendenzen des erwarteten Klimawandels während der nächsten 50 bis 100 Jahre zu bestimmen, das heißt also bis Mitte oder Ende des 21. Jahrhunderts.

Wechselwirkungen zwischen Klimavariationen und orbitalen Antrieben der Erde

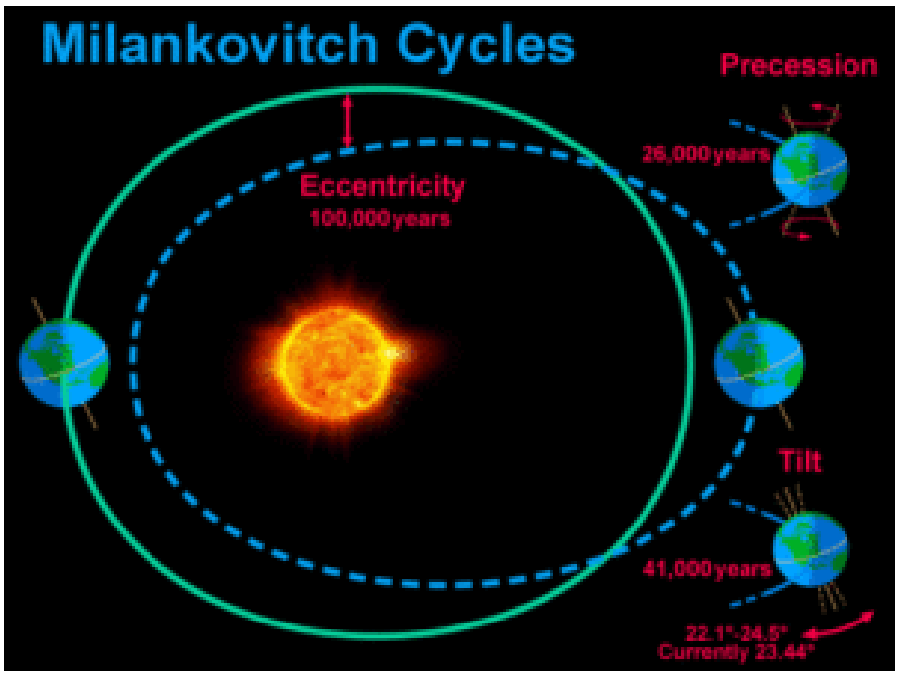


Abbildung 1: Allgemein bekannt sind die astronomichen Milankovitch-Zyklen [4, 5].

Bedeutende langfristige Variationen des jährlichen Mittels der TSI infolge Änderungen des Erdorbits, der Neigung der Erdachse relativ zur Orbitalebene und die Präzession sowie Präzession (Abbildung 1), bekannt als die astronomischen Milankovitch-Zyklen [4,5] führen zusammen mit sekundären Rückkopplungs-Effekten zu Großen Glazialen Perioden. Erhebliche Änderungen des jährlichen mittleren Abstandes der Erde von der Sonne mit einer Periode von etwa 100.000 Jahren und daraus resultierende TSI-Variationen führen zu wesentlichen Temperatur-Fluktuationen von den Erwärmungen zu den Großen Glazialen Perioden, ebenso wie zu variablen atmosphärischen Konzentrationen von Wasserdampf, Kohlendioxid und anderen Gasen. Die astronomischen Milankovitch-Zyklen führen zu einer Änderung der absorbierten Menge in verschiedenen Gebieten der Erde, und auf dem gesamten Planeten zu Änderungen der mittleren jährlichen Energie durch Sonnenstrahlen infolge Variationen des orbitalen Antriebs. Die TSI ist definiert als $S_{\odot}=L_{\odot}/4\pi R^2$, wobei $L_{\odot}^{-}$ = die solare Helligkeit – die Gesamtenergie des solaren Outputs (pro Zeiteinheit) in Gestalt elektromagnetischer Strahlung, $S_{\odot}^{-}$ = die solare Gesamt-Einstrahlung bei der mittleren jährlichen Distanz zwischen Sonne und Erde, R = die mittlere jährliche Distanz zwischen Sonne und Erde. Die astronomischen Milankovitch-Zyklen induzieren bedeutende Variationen der Temperatur und der atmosphärischen Konzentration von Kohlendioxid. Während der 420.000 Jahre gab es vier Große Glaziale Perioden (mit einer Periode von etwa 100.000 Jahren) und fünf Hochtemperaturphasen ebenso wie Variationen der atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentration um etwa 100 ppm und der Temperatur um etwa 10°C (Abbildung 2) [6–8]. Die ***ikaite*** Aufzeichnung unterstützt qualitativ, dass sowohl die Mittelalterliche Warmzeit als auch die Kleine Eiszeit des Maunder-Minimums sich bis zur Antarktischen Halbinsel auswirkten, was auf die globale Natur dieser

Änderungen hinweist [9].

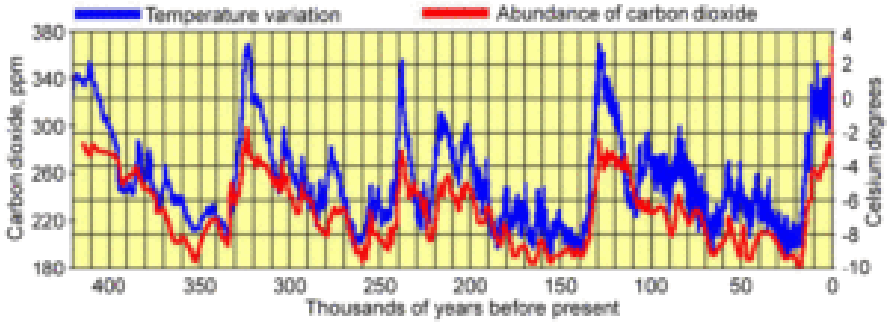


Abbildung 2: Erdklima und Kohlendioxid-Variationen während der Vergangenheit – für den Zeitraum von 420.000 Jahren (aus dem 3623 m-Eisbohrkern nahe Wostok [6, 7]

Antarktische Eisbohrkerne beweisen eindeutig eine enge Kopplung zwischen Variationen der Temperatur und der atmosphärischen Konzentration von Kohlendioxid während der glazialen/interglazialen Zyklen von zumindest den letzten 800 bis 1000 Jahren. Präzise Informationen über das relative Timing der Temperatur- und CO2-Änderungen können helfen, unser Verständnis der physikalischen Prozesse zu verbessern, die bei dieser Kopplung eine Rolle spielen. Analysen von Eisbohrkernen aus den antarktischen Eisschilden zeigen, dass die CO2-Konzentration in der Atmosphäre eng dem Anstieg der Temperaturen folgt, nämlich etwa 800 ± 400 Jahre später [6, 8, 10]. Bei keinem der glazialen/interglazialen Zyklen war eine Spitze der CO2-Konzentration vor einer Wärmespitze aufgetreten. In der modernen Ära wurde mittels Datenreihen des atmosphärischen CO2-Gehaltes und der Temperatur ebenfalls das Verhältnis der jeweiligen Phasen untersucht im Zeitraum Januar 1980 bis Dezember 2011 [11]. Die maximale positive Korrelation zwischen Kohlendioxid und Temperatur zeigt, dass Kohlendioxid um 11 bis 12 Monate der globalen Wassertemperatur hinterher hinkt, der Lufttemperatur um 9,5 bis 10 Monate und etwa 9 Monate der Temperatur der unteren Troposphäre.

Folglich laufen Änderungen des atmosphärischen CO2-Gehaltes hinter den korrespondierenden Temperaturen hinterher. Aus anthropogenen Quellen stammendes Kohlendioxid hat kaum einen Einfluss auf die beobachteten Änderungen des atmosphärischen CO2-Gehaltes, und Änderungen des atmosphärischen CO2-Gehaltes spiegeln keine Änderungen bei den menschlichen Emissionen [11]. Änderungen der Wassertemperaturen können einen substantiellen Anteil der beobachteten Änderungen des atmosphärischen CO2-Gehaltes seit Januar 1980 erklären [11]. Dies bedeutet, dass eine globale Erwärmung eine CO2-Zunahme als Konsequenz zur Folge hat. Folglich wurden messbare Änderungen der atmosphärischen CO2-Konzentration immer durch korrespondierende Temperatur-Fluktuationen in den Ozeanen der Welt bestimmt, der CO2 in einer Menge enthält, die über die in Wasser um etwa den Faktor 50 hinausgeht (erwärmtes Wasser absorbiert weniger CO2) [12]. Daher gibt es keinen Beweis, dass CO2 ein wesentlicher Faktor bei der Erwärmung der Erde sind (siehe unten). Messbare Änderungen der atmosphärischen Konzentration von CO2 werden

immer ausgelöst durch korrespondierende Temperatur-Fluktuationen der Welt-Ozeane. Folglich sind signifikante langzeitliche zyklische Variationen der jährlich im Mittel auf die Erde und hier auf die oberen Schichten der Erdatmosphäre einfallenden Gesamt-Sonnenenergie von den astronomischen Milankovitch-Zyklen bestimmt, die der wesentliche und fundamentale Grund korrespondierender Klimavariationen auf der Erde sind mit einer Periode von etwa 100.000 Jahren (selbst dann, wenn die solare Luminosität $L_{\odot}$ konstant bleibt).

Wechselwirkungen zwischen Klima und Sonnenaktivität

Die Korrelation zwischen Sonnenflecken-Aktivität uns Klima wurde zum ersten Man von dem berühmten englischen Astronom William Hershel im Jahre 1801 ins Spiel gebracht. Dieser hatte eine inverse Relation entdeckt zwischen den Weizenpreisen und dem Niveau der Sonnenaktivität vor und während einer Periode, die als das Dalton-Minimum bekannt ist [1]. Während hoher Niveaus der Sonnenaktivität stieg die Produktion von Weizen, was zu sinkenden Preisen führte. Nahmen die Sonnenflecken dagegen signifikant ab, stiegen die Preise wieder. Hershel vermutete, dass die Änderungen der Weizenpreise auf korrespondierende Klimaänderungen zurückzuführen waren, konnte aber die physikalische Natur des Phänomens nicht erklären. Später fand man eine Korrelation in Phase und Amplitude zwischen separaten Perioden merklicher Variationen der Sonnenfleckenbildungs-Aktivität und korrespondierenden großen Klimaänderungen während des gesamten vorigen Jahrtausends [2]. Während jedem der 18 Minima vom Maunder-Typ der solaren Aktivität mit dem quasi-zweihundertjährigen Zyklus , der während der letzten 7500 Jahre zu beobachten war, ging einher mit einer Periode starker Abkühlung, wohingegen die Perioden der Maxima der Sonnenaktivität mit Erwärmung korrespondierten [3]. Gegenwärtig ist allgemein akzeptiert, dass der quasi-zweihundertjährige Zyklus der Sonne einer der intensivsten solaren Zyklen ist. Allerdings werden starke Abkühlungen und Erwärmungen nicht nur durch den direkten Einfluss der quasi-zweihundertjährigen TSI-Variation ausgelöst, sondern auch durch deren sekundäre zusätzlichen Einflüsse in Gestalt nachfolgender Rückkopplungen. Die jüngsten Studien [13, 14] bestätigen unsere früheren Ergebnisse [15, 16], die den direkten zusammenwirkenden Effekt (mit einiger Verzögerung) der 11-jährigen (11 ± 3 Jahre) und der quasi-zweihundertjährigen (200 ±70 Jahre) zyklischen Variationen von TSI zeigen auf die Änderungen des Zustandes der Oberflächen-Schicht (zehner bis hunderte Meter tief) im tropischen Pazifik. Dies wiederum führt zu El Nino- und La Nina-Effekten, die einhergehen mit dem Auftreten warmen und kalten Wassers, was das Klima beeinflusst. Die Änderungen der gemessenen El-Nino-Parameter während der letzten 31 Jahre korrespondierten nicht mit den von den Klimamodellen prophezeiten Änderungen, welche von der dominanten Rolle von Treibhausgasen ausgehen. [13, 14]. Folglich sind die Oszillationen der El-Nino-Parameter hauptsächlich natürlichen Gründen geschuldet, nämlich den zyklischen TSI-Variationen.

TSI-Variationen und Rückkopplungs-Effekte

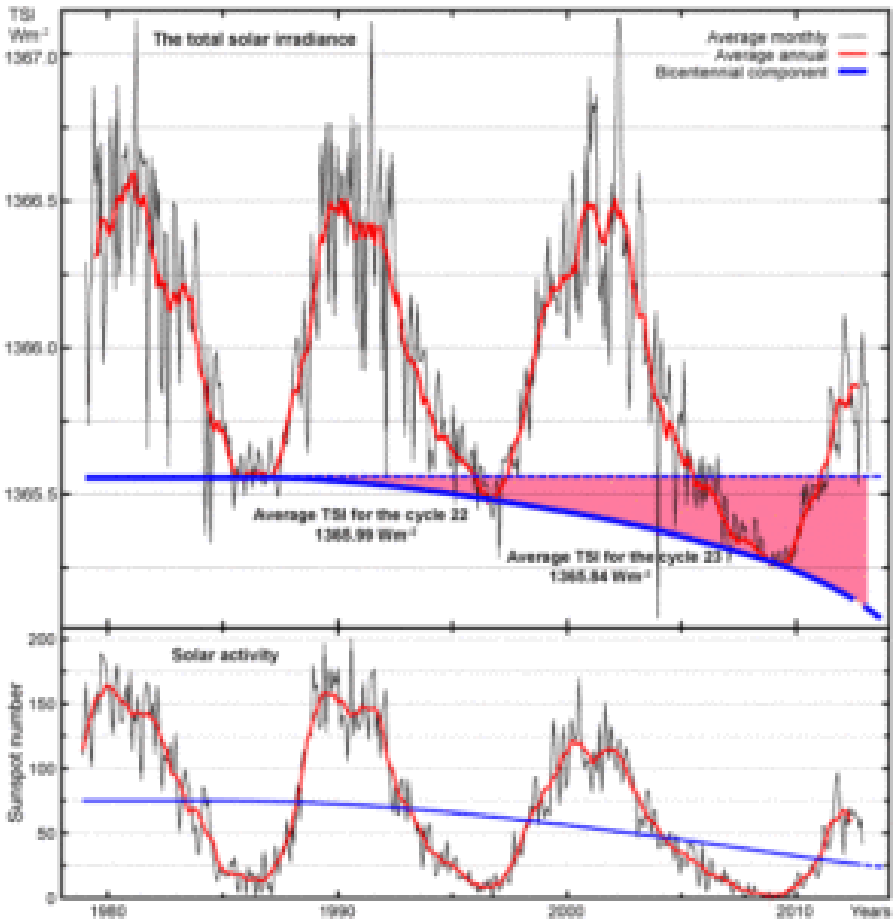


Abbildung 3: Variationen sowohl der Sonnenaktivität auf der Grundlage monatlicher Daten [27] und die Gesamt-Solarstrahlung TSI sowie deren Defizit seit 1990 auf der Grundlage täglicher Daten [21] zwischen 1978 und dem 4. Dezember 2012.

Die physikalische Natur großer Klimaänderungen im Verlauf der letzten 7500 Jahre war direkt korreliert mit Änderungen der TSI $S_{\odot}$. Wir haben gezeigt, dass die Variationen von TSI $S_{\odot}$ synchron verlaufen und korreliert sind (sowohl in Phase als auch in Amplitude) mit dem quasi-zweihundertjährigen und den 11-jährigen zyklischen Variationen des Sonnenflecken-Aktivitätsindex‘ (Abbildung 3) [15–20]. Wir zogen die PMOD-Komposit-Daten [21] heran, da das konstruierte „gemischte“ ACRIM-SATIRE-Komposit von 1986 bis 1996 keine Zunahme der TSI zeigte, im Gegensatz zum ACRIM-Komposit [22]. Dies gestattet es, eine relativ kurze Reihe (seit 1978) präziser außer-atmosphärischer Messungen [mittels Satelliten, der Übersetzer] von TSI $S_{\odot}$ [21] auf längere Zeiträume mittels langer Läufe des W-Index‘ der Sonnenaktivität [23–27] zu extrapolieren. Dies ermöglicht es, den Verlauf der TSI während vergangener Jahrhunderte und sogar Jahrtausende nachzuvollziehen und wie diese zu den korrespondierenden Klimaänderungen in der Vergangenheit passen, sowie die zukünftigen Variationen zu untersuchen.

Wir können also festhalten: alle 18 starken Abkühlungen und Erwärmungen während der letzten 7500 Jahre wurden verursacht durch die

korrespondierenden quasi-zweihundertjährigen zyklischen Variationen der TSI zusammen mit sekundären Nachfolge-Rückkopplungseffekten [17, 18, 20]. Allerdings sind die quasi-zweihundertjährigen TSI-Änderungen relativ klein (maximale Werte etwa 6,6 W m^{-2} oder ~0.5% der jüngsten rekonstruierten Daten [26], wobei die Autoren die Aufhellung spezifisch kleinräumigen Magnetfeldern zuordnen, die erzeugt werden durch turbulente Kaskaden im Netzwerk und dem Intranet-Netzwerk). Deren direkte Auswirkung ist unzureichend, um die korrespondierenden zyklischen quasi-zweihundertjährigen Temperaturänderungen der Erde zu erklären, von Perioden mit Erwärmung bis zur Kleinen Eiszeit. Ein zusätzlicher „Verstärker“ ist erforderlich, um die direkten Auswirkungen von TSI-Variationen auf beobachtete globale Klimaänderungen zu erklären. Derartige Verstärker der direkten Auswirkungen von TSI-Variationen auf Klimavariationen sind Rückkopplungs-Effekte: natürliche Änderungen der globalen Albedo der Erde als Planet (Bond-Albedo) sowie Änderungen der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre (Wasserdampf, CO2, Methan, usw.).

Die Bond-Albedo ist definiert durch die globalen optischen Eigenschaften der Erde als Ganzes mit seiner sie einhüllenden Atmosphäre und Wasser, gemittelt über die gesamte vertikale Erstreckung, von der Oberfläche durch die Atmosphäre. Die Bond-Albedo ist ein Anteil der reflektierten Sonnenstrahlungs-Energie zurück in den Weltraum durch das gesamte System Erde-Atmosphäre; sie ist ein besonders wichtiger physikalischer Parameter im Energiehaushalt der Erde als Planet. Die Albedo der Erde nimmt bis auf ihr Maximum zu während einer starken Abkühlung und sinkt auf ein Minimum bei Erwärmung, während die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre umgekehrt variiert, da diese hauptsächlich von den Temperaturen in den Ozeanen abhängig ist. Variationen der Parameter von Oberfläche und Atmosphäre der Erde, welche aufgrund der quasi-zweihundertjährigen zyklischen TSI-Variationen vor sich gehen, lösen weitere nachfolgende Temperaturänderungen aus infolge multipler Wiederholungen eines solchen ursächlichen Zyklus‘ der sekundären Rückkopplungs-Effekte, selbst wenn die TSI über einen bestimmten Zeitraum nachfolgend unverändert bleibt. Als Folge können globale Klimawandel weiter verstärkt werden durch einen Wert, der über den Einfluss der quasi-zweihundertjährigen TSI-Variation hinausgeht. Eine derartige Verteilung war zum Ende des 20. Jahrhunderts aufgetreten. Folglich haben während der letzten 7500 Jahre die quasi-zweihundertjährigen zyklischen TSI-Variationen zusammen mit nachfolgenden sekundären Rückkopplungseffekten korrespondierende zyklische Klimawandel von Erwärmungen bis zur kleinen Eiszeit kontrolliert und zu 100% bestimmt – und sie haben Zeiträume gesetzt für praktisch alle physikalischen Prozesse, die im System Sonne-Erde vonstatten gehen. Unglücklicherweise ist die Dynamik, die die Rate der Gesamt-Zunahme der mit Schnee und Eis bedeckten Flächen ebenso wie die Rate der Abnahme der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, eine nichtlineare Funktion des Temperaturrückgangs und fast unvorhersagbar. Von der natürlichen CO2-Konzentration in der Atmosphäre

weiß man, dass diese während der Großen Eiszeiten in der Erdgeschichte etwa zweimal so niedrig lag wie heute [6,7].

Quasi-zweihundertjährige TSI-Variation führt zu dem unausgeglichenen Energiehaushalt des Systems Erde-Atmosphäre

Die zeitweiligen Änderungen der von der Einhüllenden des Systems Erde-Atmosphäre in den Weltraum emittierten Energie in Gestalt langwelliger Strahlung hinken wegen der Enthalpie der Erde als Planet immer hinter Änderungen der Sonnenstrahlung hinterher. Die thermodynamische Temperatur, die das integrale Wärme-Gleichgewicht des Planeten spezifiziert, läuft Änderungen der Energie absorbierter Solarstrahlung merklich hinterher. Dies ist der thermischen Trägheit des Systems Erde-Atmosphäre geschuldet. Diese ist äquivalent dem Überschuss oder dem Defizit im Budget zwischen absorbierter und abgestrahlter Energie. Jede langzeitliche Änderung der von der Erde absorbierten solaren Strahlungsenergie, verursacht durch die quasi-zweihundertjährige TSI-Variation, die langsame Änderungen der Enthalpie im System zulässt definiert durch thermische Trägheit, verbleibt nicht kompensiert durch die Energie der in den Weltraum emittierten langwelligen Selbststrahlung. Dieser Prozess wird beschrieben durch ein Inkrement in der planetarischen thermodynamischen Temperatur, die sich langsam mit der Zeit ändert. Folglich ist das jährliche mittlere Energie-Gleichgewicht der Erde als Planet immer in einem Zustand des Ungleichgewichtes und oszilliert um den Gleichgewichts-Zustand, wobei die absorbierte und abgestrahlte Energie ungleich sind wegen der quasi-zweihundertjährigen TSI-Variation. Als Folge davon wird sich der Planet graduell erwärmen oder abkühlen. Die jährliche mittlere Differenz zwischen der auf die äußeren Schichten der Erdatmosphäre einfallende Sonnenstrahlungs-Energie

$$E_{in}=(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4 \qquad \textbf{(1)}$$

und die reflektierte Sonneneinstrahlung sowie die langwellige Ausstrahlungs-Energie in den Weltraum

$$E_{out}=(A+\Delta A)(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4+\varepsilon\sigma(T_p+\Delta T_p)^4 \qquad \textbf{(2)}$$

spezifizieren das Gleichgewicht des Energiebudgets des Systems Erde-Atmosphäre. Hierin sind $S_{\odot}$ die TSI, $\Delta S_{\odot}$ das Inkrement der TSI, A die Albedo der Erde als ein Planet (Bond-Albedo), ΔA ist das Inkrement der Bond-Albedo, ε ist die Emissivität des Systems Erde-Atmosphäre, σ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante und Tp die planetarische thermodynamische Temperatur. Der Faktor 1/4 auf der rechten Seite der Gleichungen **(1)** und **(2)** spiegelt die Tatsache, dass der Fluss der Solarstrahlung projiziert wird auf den Querschnitt der terrestrischen Sphäre (Kreis), während die Erde von der ganzen Oberfläche der Sphäre emittiert, die vier mal so groß ist. Die spezifische Energie ΔE der Enthalpie-Änderung des Systems Erde-Atmosphäre (Unterschied zwischen incoming E_{in} and outgoing E_{out}

radiation) wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$E=(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4-(A+\Delta A)(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4-\varepsilon\sigma(T_p+\Delta T_p)^4; \quad \textbf{(3)}$$

Hierbei ist E die spezifische Energie der Enthalpie-Änderung der aktiven ozeanischen und atmosphärischen Schicht [W/m²], C die spezifische Oberflächen-Wärmekapazität der aktiven ozeanischen und atmosphärischen Schicht im Verhältnis zur Gesamtfläche der Erdoberfläche [J/m²K] und t steht für die Zeit. Die spezifische Energie der Enthalpie-Änderung der Erde ist ein besonderer Indikator von Defizit oder Überschuss der thermischen Energie, welche angesehen werden kann als das Energie-Gleichgewicht des mittleren jährlichen Budgets bei Soll und Haben der thermischen Energie des Planeten.

Gleichzeitig folgt das Inkrement der effektiven Temperatur der Erde, die im Strahlungs-Gleichgewicht involviert ist, sofort nach der Änderung der absorbierten Energie im Gegensatz zur planetarischen thermodynamischen Temperatur, die im Wärme-Gleichgewicht involviert ist. Die relative Auswirkung von Variationen der TSI und der Bond-Albedo auf die effektive Temperatur der Erde kann berechnet werden aus dem Strahlungs-Gleichgewicht der Erde als Planet:

$$S_{\odot}/4=\sigma T^4_{ef}+AS_{\odot}/4$$
(4)

wobei T_{ef} die die effektive Temperatur der Erde ist.

Jetzt wollen wir das Inkrement der effektiven Temperatur einführen $\Delta t_{ef}=T_{ef}-T_{ef0}$, wobei T_{ef} der gegenwärtige Wert der effektiven Temperatur der Erde ist und T_{ef0} der initiale Wert. Man vermutet, dass dieses Inkrement den Inkrementen der TSI $\Delta S_{\odot}$ und der Bond-Albedo ΔA geschuldet ist. In diesem Falle bekommt die Gleichung der Strahlungsbilanz (Gl. **(4)**) folgende Form:

$$(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4=\sigma(T_{ef}+\Delta T_{ef})^4+(A+\Delta A)(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4 \qquad \textbf{(5)}$$

Da die Inkremente der effektiven Temperatur klein sind, also $\Delta T_{ef} << T_{ef0}$, wird die folgende Gleichheit mit einem hohen Grad von Genauigkeit erfüllt:

$$S_{\odot}/4+\Delta S_{\odot}/4=\sigma T^4_{ef}+4\sigma T^3_{ef}\Delta T_{ef}+AS_{\odot}/4+A\Delta S_{\odot}/4+\Delta A(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4 \quad \textbf{(6)}$$

Subtrahiert man Gl. **(4)** von Gl. **(6)**, erhält man

$$\Delta S_{\odot}/4=4\sigma T^3_{ef}\Delta T_{ef}+A\Delta S_{\odot}/4+\Delta A(S_{\odot}+\Delta S_{\odot})/4 \qquad \textbf{(7)}$$

oder

$$16\sigma T^3_{ef}\Delta T_{ef}=\Delta S_{\odot}-A\Delta S_{\odot}-\Delta AS_{\odot}-\Delta A\Delta S_{\odot}. \qquad \textbf{(8)}$$

Die Formel für das Inkrement der effektiven Temperatur der Erde infolge

der Inkremente der TSI und der Bond-Albedo kann man aus Gl. **(8)** ableiten:

$$\Delta T_{ef}=[\Delta S_{\odot}(1 - A - \Delta A) - \Delta A S_{\odot}]/(16\sigma T^{3}_{ef}). \quad \textbf{(9)}$$

Falls sich die TSI nicht ändert ($\Delta S_{\odot}=0$), erhalten wir aus Gl. **(9)**, dass

$$\Delta T_{ef}= - \Delta A S_{\odot}/(16\sigma T^{3}_{ef})$$
(10)

Unter Annahme der derzeit bekannten Werte der effektiven Temperatur der Erde und der TSI (T_{ef}=254.8 K bzw. $S_{\odot}$=1366 W/m²) erhalten wir aus Gl. (**10**) für $\Delta S_{\odot}$=0:

$$\Delta T_{ef}= - 91 \Delta A$$
(11)

Mit einer konstanten Bond-Albedo (ΔA=0) wird Gl. **(9)** zu

$$\Delta T_{ef}= - \Delta A S_{\odot}/(16\sigma T^{3}_{ef})$$
(12)

Unter der Annahme des bekannten Wertes der globalen Albedo der Erde, welcher gleich A = 0,30 ist, wie aus den jüngsten Daten hervorgeht [28], erhalten wir aus **(12)** für for ΔA=0:

$$\Delta\tau_{ef}=0{,}047\ \Delta S$$
(13)

Eine Abschätzung des Verhältnisses der relativen Beiträge der Inkremente $\Delta S_{\odot}$ and ΔA zum Inkrement ΔT_{ef} kann vorgenommen werden, indem man die Bedingungen ihrer gegenseitigen Kompensation übernimmt, während das Energiegleichgewicht erhalten bleibt [29]

$$\Delta S_{\odot}(1-A-\Delta A)-\Delta A S_{\odot}= 0$$
(14)

in Formel **(9)**. Aus **(14)** kann man das Verhältnis ableiten zwischen dem relativen Beitrag der Inkremente $\Delta S_{\odot}$ and ΔA einerseits sowie dem Inkrement ΔT_{ef} andererseits:

$$\Delta S_{\odot}/S=\Delta A/(1-A-\Delta A)$$
(15)

oder

$$\Delta S_{\odot}=1366\cdot\Delta A/(0.7-\Delta A)$$
(16)

Gleichung (13) zeigt, dass wenn die Bond-Albedo unverändert bleibt ($\Delta A=0$) und es nur die TSI ist, die um $\Delta S_{\odot}= - 6,6\ W/m^2$ abnimmt, die globale effektive Temperatur einschließlich der Einhüllenden aus Wasser und Luft abnimmt mit $\Delta T_{ef}= -0,31$ K (weil Schätzungen der Differenz zwischen den Inkrementen der globalen Lufttemperatur {angesichts der Dauer von dessen Verzögerung} und der effektiven Temperatur unbedeutend sind). Aus Gl. **(11)** folgt, dass die Abnahme der effektiven Temperatur der Erde mit $\Delta T_{ef}= - 0,31$ K eine Zunahme der globalen Albedo der Erde um $\Delta A= + 0,0034$ oder 1,13% bewirkt. Eine solche Zunahme der Bond-Albedo wird zu einem zusätzlichen Rückgang der effektiven Temperatur der Erde als Planet um etwa 0,3 K führen, was eine lange Aufeinanderfolge dieser Zyklen zeitigt.

Allerdings beschreibt die (radiative) Temperatur des Systems Erde-Atmosphäre den trägheitsfreien Prozess des radiativen Wärmeaustauschs in einem thermischen Regime im Gleichgewicht. Als Konsequenz wird das unmittelbare radiative Gleichgewicht erreicht mit dem zeitlichen Fortschritt relativ zum Gesamt-Energie (thermisch)-Gleichgewicht des Planeten (Gl. **(3)**, was eine langsame Änderung der Enthalpie des Systems Erde-Atmosphäre zulässt. Die effektive Temperatur ist die Strahlungstemperatur des Planeten. Sie zeigt den Trend der Klimaänderungen auf dem Planeten und reflektiert nicht so sehr zeitweilige planetarische Temperaturänderungen. Folglich betrifft die Änderung der Bond-Albedo merklich die effektive (radiative) Temperatur der Erde und ist (zusammen mit der TSI) der wichtigste Faktor zur Spezifizierung des stattfindenden Klimawandels. Die Welt-Ozeane sind eine träge Umgebung mit langsamen Änderungen im Klimasystem, die Atmosphäre ändert sich schneller. Allerdings führt das enge Zusammenwirken zwischen Atmosphäre und Ozeanen zu einer signifikanten Verzögerung der atmosphärischen Klima-Reaktion auf externe Anreize. Daher ändert sich die thermodynamische Temperatur der Erde nicht sofort auf Variationen der TSI und der Bond-Albedo; es gibt eine merkliche Zeitverzögerung, die bestimmt wird durch die konstante thermische Trägheit des Planeten [30]:

$$T=0,095(1+0,42\cdot l) \text{ Jahr} \qquad \textbf{(17)}$$

wobei 1 die Tiefe der aktiven Schicht in den Ozeanen ist. Falls diese Tiefe 300 bis 700 m beträgt, ist die konstante thermische Trägheit

$$t=20 \pm 8 \text{ Jahre} \qquad \textbf{(18)}$$

Wegen ihrer großen Wärmekapazität ändert sich die Enthalpie der Ozeane langsam, was man durch einen gegenwärtigen Wert der konstanten thermischen Trägheit im Gesamt-Wärmegleichgewicht berücksichtigt. Folglich ändert sich die thermodynamische planetarische Temperatur langsam (was die Emissivitäts-Fähigkeit, d. h. den Grad der Schwärze betrifft). Daher sind Soll und Haben im jährlichen mittleren

Energiehaushalt der Erde mit ihrer Einhüllenden aus Luft und Wasser infolge der 11-jährigen und der quasi-zweihundertjährigen Variationen der TSI immer im Ungleichgewicht ($E \neq 0$) und sind entweder positiv oder negativ im Gleichgewicht. Ein solcher jährlicher mittlerer Wärmehaushalt im Ungleichgewicht ist der Hauptzustand im Klimasystem Erde-Atmosphäre. Falls TSI über lange Zeiträume abnimmt, erweist sich die mittlere jährliche Änderung der Enthalpie von Erde-Atmosphäre als negativ ($E<0$). Nimmt dagegen TSI über lange Zeiträume zu, ist diese Änderung positiv ($E>0$). Die Variationen von TSI und Bond-Albedo spielen die wichtigste Rolle bei der Änderung des Energiegleichgewichtes bei Erde-Atmosphäre und deren thermodynamischer Temperatur. Das jährliche mittlere Gleichgewicht des Energiehaushaltes von Erde-Atmosphäre über einen langen Zeitraum wird zuverlässig Trend und Magnitude der überschüssigen Energie definieren, der sich durch die Erde akkumuliert, oder das Defizit im Wärmehaushalt. Folglich kann das langzeitliche Monitoring des mittleren jährlichen Energiegleichgewichtes der Erde als Planet mittels einer jetzt möglichen Prognose der TSI-Variationen zuverlässig im Voraus (10 bis 20 Jahre im Voraus) den Trend (Erwärmung bei $\Delta E>0$ oder Abkühlung bei $\Delta E<0$) sowie die Magnitude der bevorstehenden globalen Klimaänderung mit einem hohen Grad an Validität bestimmen und vorhergesagen.

Die Abnahme der TSI in der Abnahme-phase des quasi-zweihundertjährigen Zyklus führt zu einem Defizit des Energiehaushaltes der Erde sowie zu einer Kleinen Eiszeit

Die 11- und zweihundert-jährigen Komponenten der TSI nahmen seit Anfang der neunziger Jahre ab mit derzeit zunehmenden Raten (Abbildung 3). Selbst typische kurzfristige Variationen von 0,1% übersteigen die Gesamt-Solareinstrahlung aller anderen Energiequellen (wie etwa die natürliche Radioaktivität im Erdkern) zusammen. Folglich nimmt der Anteil der von der Erde absorbierten Energie mit den gleichen Raten ab [15, 16, 18, 19, 21, 28, 31]. Die untere einhüllende Kurve in Abbildung 3, welche die geglätteten Minimum-Werte des TSI-Niveaus in einigen aufeinanderfolgenden 11-Jahre-Zyklen miteinander in Verbindung bringt (allgemeines Niveau relativ zu dem die 11-jährigen zyklischen Variationen der TSI stattfinden), ist eine Komponente der quasi-zweihundertjährigen, quasi-periodischen Variation in der TSI [15–19, 29].

Die mittlere TSI war im 23. Zyklus um 0,15 W/m² niedriger als im 22. Zyklus. Der geglättete Wert der TSI während des Minimums zwischen den beiden Zyklen 23 und 24 (1365,27 ± 0.02W/m²) war jeweils um 0,23 und 0,30 W/m² niedriger als das Minimum zwischen den Zyklen 22 und 23 sowie auch den Zyklen 21 und 22. Allerdings wurde das Anfang der neunziger Jahre beginnende Defizit der einfallenden Sonnenstrahlung (siehe Abbildung 3) seitdem noch nicht kompensiert mittels der Abnahme der eigenen thermischen Energie, die von der Erde in den Weltraum emittiert wird. Diese thermische Energie verharrte auf fast dem gleichen höheren Niveau während 20 ± 8 Jahre infolge der thermischen Trägheit der Ozeane. Ein derartiges Ungleichgewicht im System ($\Delta E<0$) wird noch einige weitere

bevorstehende 11-Jahre-Zyklen bestehen bleiben, weil die Sonne in das quasi-zweihundertjährige Stadium geringer TSI eintritt (siehe [17–19, 32–34]). Als Folge wird die Erde als Planet ein negatives Gleichgewicht auch während der kommenden Zyklen 25 und 26 aufweisen. Diese periodische solare zyklische Transition zeigt, dass die Erde am Rande von deutlichen langfristigen Klimaänderungen steht. Eine solche graduelle Akkumulation von Sonnenenergie durch die Ozeane während fast des gesamten 20. Jahrhunderts wird mit Sicherheit zu einem Rückgang der globalen Temperatur 20 ± 8 Jahre später führen, und zwar wegen des negativen Energiegleichgewichtes im Energiehaushalt der Erde. Dies wiederum wird zu einer verstärkten Albedo der Erdoberfläche führen (infolge sich ausbreitender Schneedecke und Eisbedeckung usw.), einer reduzierten Konzentration von Wasserdampf, welcher ein dominanter Faktor beim Treibhauseffekt ist, ebenso wie Kohlendioxid und einigen anderen Komponenten der Atmosphäre [14, 15, 29, 31, 35]. Wir wollen anmerken, dass Wasserdampf rund 68% der integralen Energie der intrinsischen langwelligen Emission der Erdoberfläche absorbiert, während Kohlendioxid nur etwa 12% absorbiert (Abbildung 4).

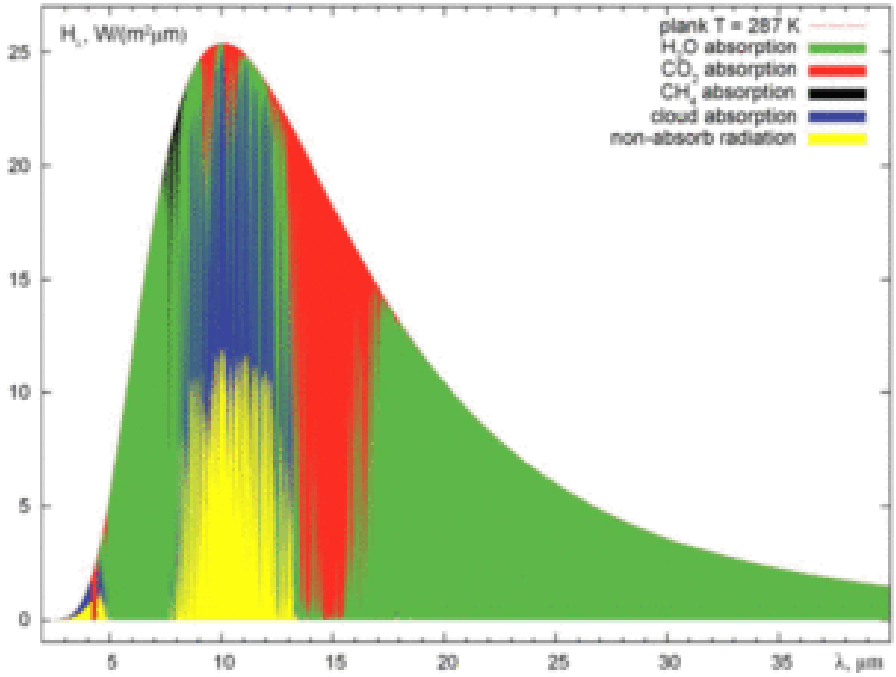


Abbildung 4: Die Spektraldichte des thermischen Flusses langwelliger Strahlung von der Erdoberfläche (als Schwarzkörper) [16]

Als Folge davon wird der Anteil der von der Erde absorbierten Solarstrahlungs-Energie weiter abnehmen, ebenso wie die Auswirkung des Treibhauseffektes wegen der sekundären Rückkopplungs-Effekte. Der Einfluss der aufeinanderfolgenden, immer zunehmenden Änderungen der Rückkopplungs-Effekte können zu einem weiteren Rückgang der globalen Temperatur führen, welcher sogar noch über die direkte Auswirkung der TSI-Abnahme hinausgehen kann. Folglich zeigt das Studium aller merkbaren Variationen des Erdklimas während der letzten 7500 Jahre, dass die

zweihundertjährige, quasi-periodische Variation der TSI (sowohl deren direkter als auch der Rückkopplungs-Effekte geschuldeten sekundären Auswirkung) verantwortlich ist für die korrespondierenden zyklischen Vorgänge von Klimaänderungen, von den Perioden mit Erwärmung bis zu Kleinen Eiszeiten. Außerdem spezifiziert sie die Zeitmaßstäbe fast aller physikalischen Prozesse, die im System Sonne-Erde vor sich gehen [2, 3, 16].

Da sich die Sonne in der Abnahme-Phase der quasi-zweihundertjährigen Variation befindet, nimmt eine mittlere jährliche Abnahme-Rate des geglätteten absoluten Wertes der TSI vom 22. Zyklus zum 23. und 24. Zyklus zu: eine mittlere jährliche Abnahme-Rate im 22. Zyklus betrug 0,007 W/m² pro Jahr, während sie im 23. Zyklus schon 0,02 W/m² pro Jahr betrug. Die mittlere TSI war im 23. Zyklus um 0,15 W/m² geringer als im 22. Zyklus. Der TSI-Wert während des Minimums zwischen dem 23. und dem 24. Zyklus war jeweils um 0,23 bzw. 0,30 W/m² geringer als zum Minimum zwischen den Zyklen 22 und 23 bzw. 21 und 22. Die gegenwärtige zunehmende Rate einer mittleren jährlichen TSI-Abnahme (mit Berücksichtigung der abrupten Abnahme ihrer 11-jährigen Komponente) beträgt fast 0,1 W/m² pro jahr (Abbildung 3) und wird im 25. Zyklus weiter abnehmen. Der beobachtete Trend der zunehmenden Rate einer mittleren jährlichen Abnahme der absoluten TSI-Werte lässt den Schluss zu, dass diese Abnahme als Ganzes korrespondieren wird mit einer analogen TSI-Abnahme während der Periode des Maunder-Minimums, jedenfalls der zuverlässigsten Rekonstruktion zufolge [26] (in der die Autoren die Aufhellung spezifisch kleinräumigen magnetischen Feldern zuordnen, erzeugt von den Turbulenzen im Netzwerk und Intra-Netzwerk). Wir wollen anmerken, dass das Maximum-Niveau der 11-jährigen TSI-Komponente während der vier Jahre des 24. Zyklus‘ um 0,7 W/m² abgenommen hat gegenüber dem Maximum-Niveau des 23. Zyklus‘. Als Folge davon wird als der wahrscheinlichste Zeitpunkt des Einsetzens des Solaren Großen Minimums vom Maunder-Typ das Jahr 2043 ± 11 Jahre erwartet [15–20, 29, 31–36]. Wir können eine weitere Abnahme der TSI prognostizieren aufgrund der sich weiter beschleunigenden Abnahme der 11-jährigen und der quasi-zweihundertjährigen Komponenten, die seit Beginn der neunziger Jahre beobachtet wird, ähnlich dem Maunder-Minimum. Diese Abnahme (mit abnehmender Genauigkeit) kann jeweils 1363,4 ± 0,8 W/m², 1361,0 ± 1,6 W/m² und ein Minimum von 1359,7 ± 2,4 W/m² erreichen während der Minima zwischen den Zyklen 24/25, 25/26 und 26/27 (Abbildung 5).

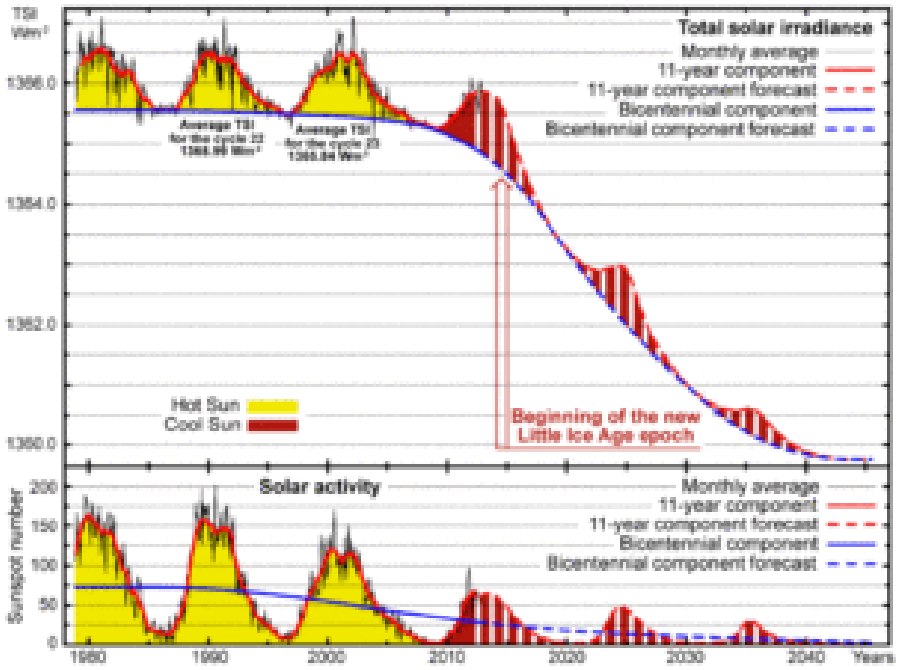


Abbildung 5: Variationen sowohl der TSI als auch der Sonnenaktivität von 1978 bis 2012 sowie Prognose von deren Variationen über die Zyklen 24 bis 26 bis 1945. Der Pfeil zeigt den Beginn der Epoche der Kleinen Eiszeit.

Die Länge des 11-Jahre-Zyklus‘ hängt ab von einer Phase des quasi-zweihundertjährigen Zyklus‘ und nimmt graduell zu von der Wachstumsphase bis zur Maximum- und der Abnahme-Phase im zweihundertjährigen Zyklus (Abbildung 6) [15, 16, 37]. Da erwartet wird, dass die Länge der 11-Jahre-Zyklen während der Abnahme-Phase des quasi-zweihundertjährigen Zyklus‘ zunehmen wird, werden die Minima zwischen den Zyklen 24 und 25, 25 und 26 sowie 26 und 27 jeweils etwa 2020,7 ± 0,6 bzw. 2032,2 ± 1,2 bzw. 2043,7 ± 1,8 betragen. Das Maximum-Niveau der Sonnenfleckenzahl geglättet über 13 Monate könnte jeweils 65-70, 45 ± 20 sowie 30 ± 20 während der Zyklen 24, 25 und 26 erreichen [15,16,19,35].

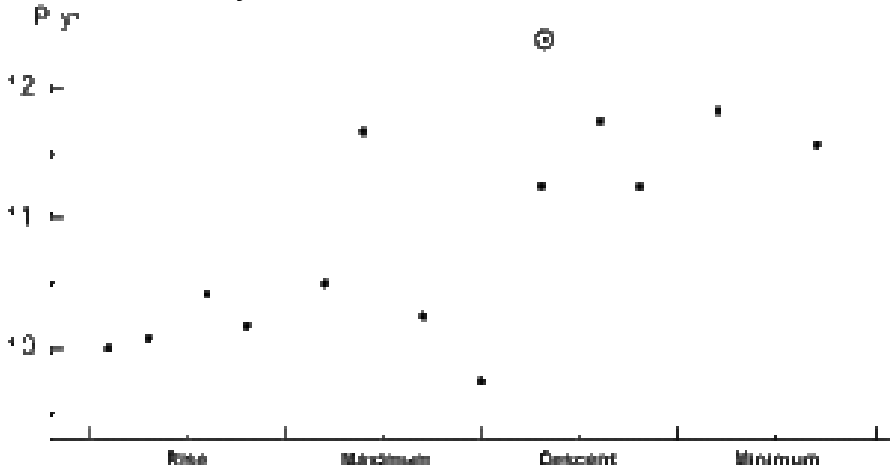


Abbildung 6: Die Dauer eines 11-jährigen Zyklus‘ hängt ab von der Phase eines quasi-

zweihundertjährigen Zyklus‘ und nimmt konsequent zu von der Anstiegsphase bis zur Maximum-Phase und Abnahme des quasi-zweihundertjährigen Zyklus (◉ – der Zyklus 23) [37].

Folglich können wir den Beginn eines TSI-Minimums vom Grand-Maunder-Typ des quasi-zweihundertjährigen Zyklus‘ für das Jahr 2043 ± 11 Jahre und das Temperatur-Minimum vom 19. Grand-Maunder-Typ für die letzten 7500 Jahre um das Jahr 2060 ± 11 vorhersagen (Abbildung 7).

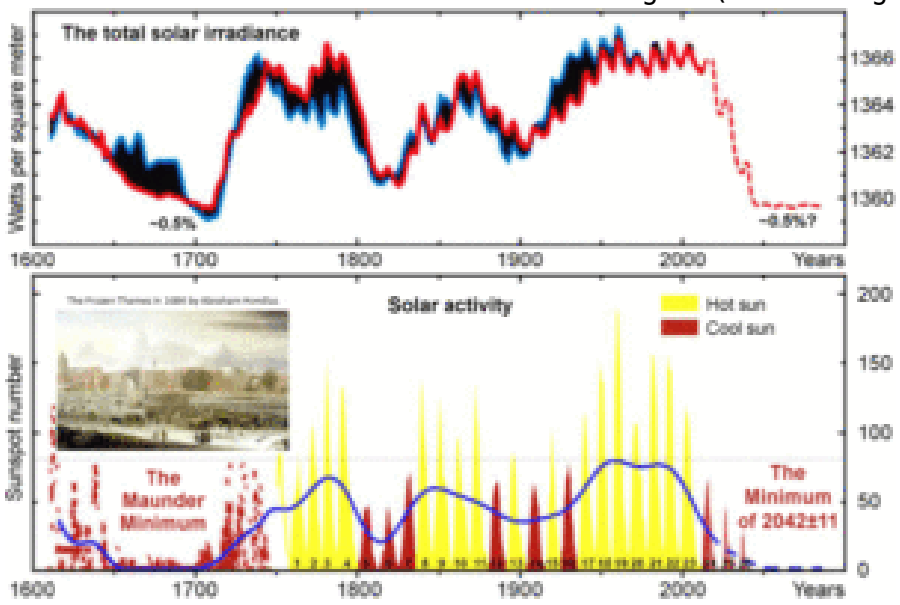


Abbildung 7: TSI-Variationen (mittels der rekonstruierten Daten [26]) und Sonnenaktivitätseit 1611 [27] sowie Prognose von deren Variationen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (gestrichelte Linien): Die heiße Sonne ist gelb und die kühle Sonne rot markiert.

Derzeit werden wir Zeuge der Übergangsperiode zwischen Erwärmung und starker Abkühlung, die charakterisiert ist durch instabile Klimaänderungen mit oszillierenden globalen Temperaturen (etwa bis 2014) rund um das Maximum der Jahre 1998 bis 2005. Der Beginn der Epoche der neuen Kleinen Eiszeit wird um das Jahr 2014 erwartet nach dem Maximum des solaren Zyklus‘ 24, und der Beginn der starken Abkühlung zur Kleinen Eiszeit um das Jahr 2060 ± 11 Jahre (Abbildung 7). Die Temperatur kann bis Mitte des 21. Jahrhunderts auf das Niveau des Maunder-Minimums sinken. Dieses ereignete sich von 1645 bis 1715 (Abbildung 8) [35].

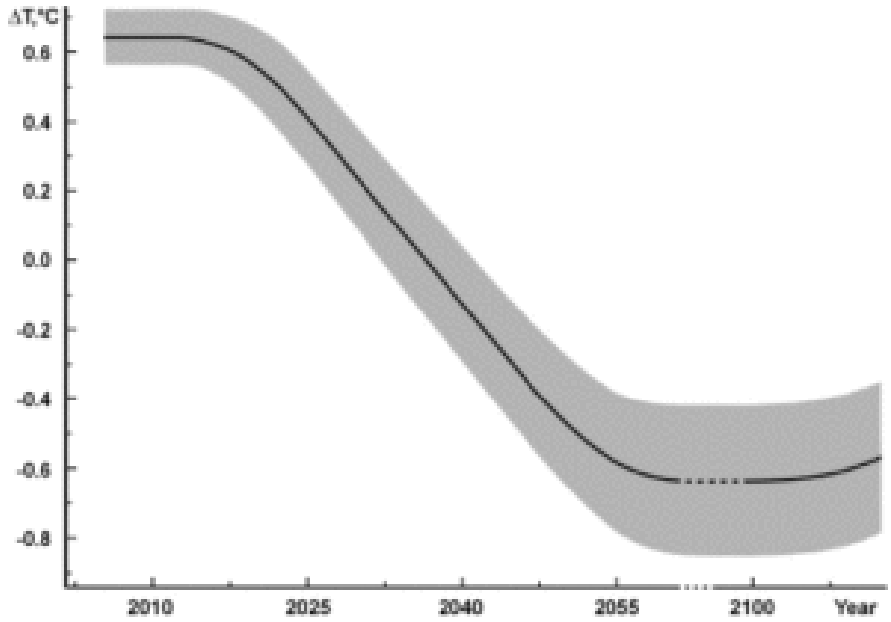


Abbildung 8: Die Prognose natürlicher Klimaänderungen während der nächsten einhundert Jahre.

Folglich sind die langzeitlichen TSI-Variationen (direkte und sekundäre Auswirkungen, letztere Rückkopplungs-Effekten geschuldet) die Hauptursache weit vor allen anderen Ursachen für Klimaänderungen, weil die Variation des Erdklimas eine Funktion des langzeitlichen Ungleichgewichtes ist zwischen der auf die oberen Schichten der Atmosphäre treffenden Solarstrahlung und der von der Erde in den Weltraum abgestrahlten Gesamtenergie.

Starke Vulkanausbrüche führen nur zu kurzfristigen Abkühlungsperioden

Starke Vulkanausbrüche lassen die Anzahl fester Partikel und Gase in der unteren Stratosphäre zunehmen, welche die einfallende Solarstrahlung teilweise absorbieren. Damit wird der Anteil der die Erdoberfläche erreichenden TSI reduziert, was zu einer kurzfristigen Klima-Abkühlung führen kann. Außerdem tragen vulkanische Mikropartikel in der Atmosphäre zur Wolkenbildung bei, was ebenfalls die Erdoberfläche vor der Solarstrahlung abschirmt. Sie absorbieren auch infrarote Strahlung, aber der Anti-Treibhauseffekt ist stärker als der Treibhauseffekt. Allerdings sind diese Änderungen nicht langfristiger Natur, weil die Verweildauer vulkanischer Partikel in der Atmosphäre begrenzt ist. Die Atmosphäre ist zur Selbstreinigung in der Lage, und die Durchlässigkeit bis zum Niveau zuvor wird während einer Zeitspanne von 6 Monaten bis zu ein paar Jahren erreicht, womit dann auch die Temperatur wieder das Niveau zuvor erreicht [16]. Das ist der Grund, warum die Rolle von Vulkanausbrüchen bei Klimavariationen nicht langfristiger Natur sein kann und diese nicht steuert. Man weiß, dass nach dem Ausbruch des Pinatubo im Jahre 1991, bei dem etwa 20 Millionen Tonnen Schwefeldioxid in die Atmosphäre geblasen worden waren, die Temperatur von 1991 bis 1993 um etwa 0,5°C

zurückgegangen ist. Danach jedoch hat sich die Atmosphäre selbst von diesen Additiven befreit und schließlich ihren ursprünglichen Zustand wieder erreicht.

Sensitivität des Klimas zu Kohlendioxid ging mit der Zunahme der Wasserdampf-Konzentration zurück

Betrachtet man die von Treibhausgasen ausgelöste Temperaturänderung, sollte man erwähnen, dass die atmosphärische Konzentration von Wasserdampf viel wichtiger ist als die Konzentration von Kohlendioxid. Es ist das Wasser, dass die Hauptrolle beim Treibhauseffekt spielt. Das Volumen der Konzentration von Wasserdampf in der Atmosphäre hängt im Gegensatz zu dem von Kohlendioxid stark von der Höhe ab. Kohlendioxid weist eine konstante Proportion auf bis in Höhen von 80 bis 100 km (es ist homogen verteilt). Wasserdampf ist dagegen am Boden am höchsten konzentriert und geht abrupt mit der Höhe in der Troposphäre zurück, bevor in der Stratosphäre ein etwa konstantes Niveau erreicht ist (Abbildung 9).

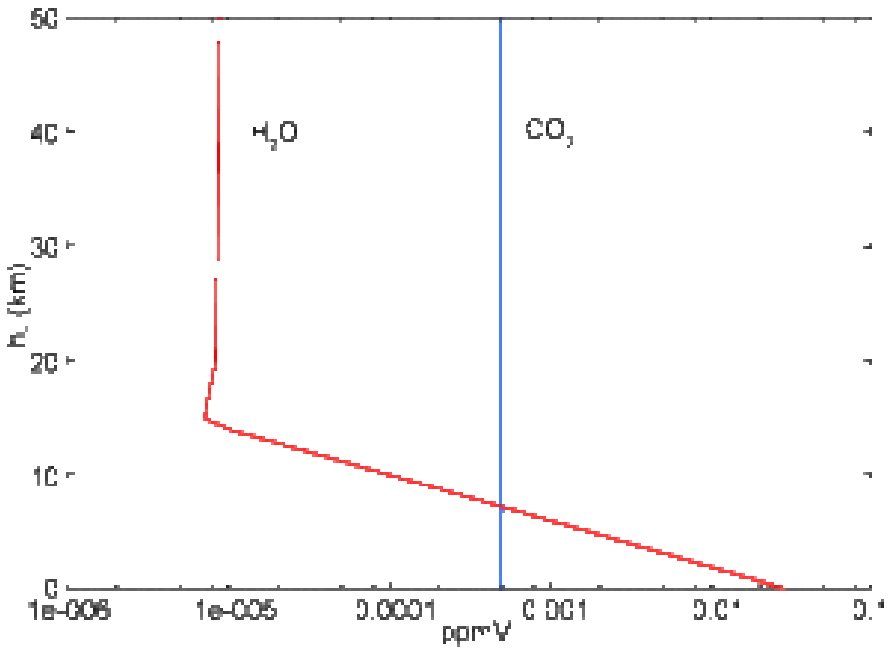


Abbildung 9: Die Änderungen der Konzentrationen von Wasserdampf und Kohlendioxid mit der Höhe.

Ein langzeitlicher geringer Anstieg der TSI führt zu einer verzögerten Temperaturzunahme, was der Clausius-Clapeyron’schen Gleichung zufolge zu einer Zunahme der Verdunstungsrate von Wasser führt. Sogar eine geringe Zunahme der mittleren Wasserdampf-Konzentration in der Atmosphäre zusammen mit einem gleichzeitigen Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration kann eine signifikante Zunahme der Wasserdampf-Konzentration in den bodennahen Luftschichten anzeigen. Dies führt zu substantiellen

Änderungen beim Transfer des thermischen Flusses langwelliger Strahlung der Erdoberfläche durch den Wasserdampf (im Falle einer hohen Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre: >300 ppmv) wegen der signifikanten Überlappung der Wasserdampf- und Kohlendioxid-Bänder vorherrschend in den drei weiten Bereichen der Emissionsspektren (Abbildung 4) [35]. Als Folge davon nimmt die Klimasensitivität bei einer steigenden Kohlendioxid-Konzentration mit einem signifikanten Anwachsen der Wasserdampf-Konzentration in der bodennahen Luftschicht ab [35]. Während der letzten 40 Jahre ist sowohl die Konzentration von Wasserdampf als auch die von Kohlendioxid gestiegen infolge des Anstiegs der Wassertemperatur der Ozeane, wobei Wasserdampf die dreimal so starke Auswirkung aller Gase hat. Die Stärke natürlicher Zyklen und natürlicher Flüsse ist um das Zehnfache größer als jene aufgrund menschlicher Einflüsse [12]. Die vernachlässigbare Auswirkung der anthropogenen Kohlendioxid-Emissionen auf die Atmosphäre hat unbedeutende Konsequenzen [12].

Bereits im Jahre 1908 stellte der amerikanische Physiker Robert Wood zwei identische Schachteln (Mini-Treibhäuser) aus schwarzem Karton her: eine war bedeckt mit einer Glasplatte, während die andere mit einer Platte aus Steinsalz-Kristallen abgedeckt war, welche im infraroten Anteil des Spektrums nahezu durchlässig sind. Die Temperatur erreichte in beiden Treibhäusern gleichzeitig etwa 54,4°C. Allerdings ist die Steinsalzplatte für lange Wellenlängen durchlässig, und daher dürfte der allgemein verbreiteten Theorie vom Treibhauseffekt zufolge eine solche Temperatur mit dieser Abdeckung nie und nimmer auftreten [38]. Robert Wood hat damit bewiesen, dass in dem Treibhaus, in dem die Wärme von allen Seiten blockiert ist und es keinen Luftaustausch mit der Atmosphäre gibt, die Strahlungskomponente vernachlässigbar gering ist im Vergleich zur konvektiven Komponente. Folglich ist die Wärme-Akkumulation im Treibhaus unabhängig von der Durchlässigkeit der Abdeckung bzgl. infraroter Strahlung, und die Absorption dieser Strahlung durch das Glas ist nicht der Hauptgrund für die Wärme-Akkumulation im Treibhaus. Dies widerspricht der allgemein verbreiteten Erklärung des Treibhauseffektes. Es ist notwendig zu erwähnen, dass die Erdoberfläche zusammen mit der Erdatmosphäre das System mit einer Einhüllenden repräsentieren. Im allgemeinen thermischen Gleichgewicht sowohl der Erdoberfläche als auch der Atmosphäre wirken verschiedene Vorgänge des thermischen Austausches zusammen mit dem Treibhauseffekt: Konvektion, Verdunstung und Kondensation.

Der globale Temperaturanstieg auf der Erde ist seit 1998 zum Stehen gekommen

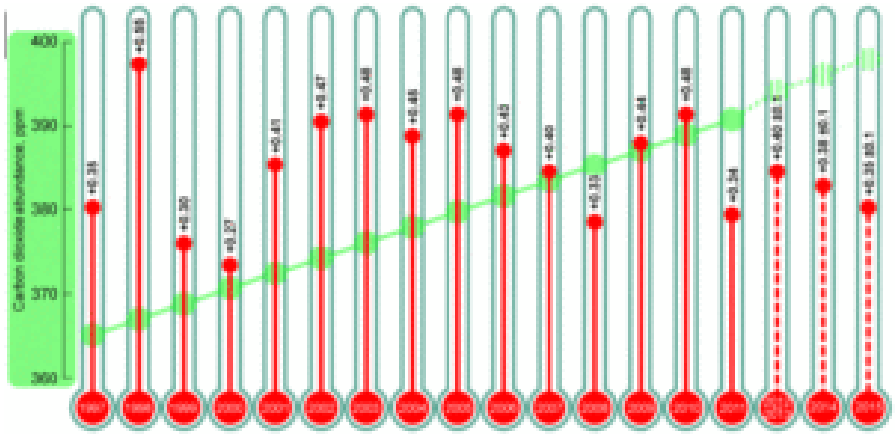


Abbildung 10: Der Überschuss des jährlichen Mittels der globalen Temperatur hinsichtlich dem Mittel der Temperatur im Intervall 1961 bis 1990 = +14°C sowie die Kohlendioxid-Konzentration von 1997 bis 2011 und deren zu erwartende Änderung 2012 bis 2015

Von der Temperatur weiß man, dass sie zu sinken beginnt, nachdem sie ihr Maximum während der glazialen/interglazialen Zyklen erreicht hatte, und zwar trotz der Tatsache, dass die Konzentration von Treibhausgasen weiterhin steigt [6, 8, 10, 39]. Höhere oder niedrigere Niveaus der Kohlendioxid-Konzentration wurden jeweils nach Erwärmung oder Abkühlung beobachtet. Dem Gesetz von Henry zufolge absorbiert eine warme Flüssigkeit weniger Gas, da die Löslichkeit eines Gases in Wasser direkt proportional ist zum Partialdruck des Gases über der Flüssigkeit, wodurch mehr Kohlendioxid in der Atmosphäre verbleibt. Ein ähnliches Bild sehen wir heutzutage. Während der letzten 16 Jahre ist die Kohlendioxid-Konzentration mit der gleichen Rate wie zuvor gestiegen, aber nach dem Jahr 1998 fehlt jeder an sich erwartete Einfluss auf die globale Temperatur (Abbildung 10). Die globale Erwärmung ist zum Stillstand gekommen und wird einer neuen Vorhersage des britischen nationalen Wetterdienstes während der nächsten fünf Jahre auch nicht wieder einsetzen [40]. Vor einigen Jahren sagte das Met.-Office, dass die meisten der nachfolgenden Jahre neue Rekorde setzen würden. Das UKMO verringert seine Temperatur-Prophezeiungen um 20% als „Rückkehr zur Bescheidenheit“. Die Tatsache, dass das UKMO seine kurzfristige Vorhersage der globalen Erwärmung Heiligabend 2013 stillschweigend geändert hat bedeutet, dass die globale Erwärmung langsam verschwindet. Es hat schließlich eingestanden, dass es keine Beweise dafür gibt, dass die „globale Erwärmung“ im Gange ist. Eine Studie der Variabilität der Schneebedeckung in den Schweizer Alpen von 1864 bis 2009 zeigt ebenfalls eine Trendwende der Temperatur dort seit dem Jahr 2000 [41]. Sämtliche Klimamodelle, die erzeugt wurden durch Die-Globale-Erwärmung-Kommt lagen mit ihren Prophezeiungen völlig falsch. Das Fehlen jedweder Erwärmung während der letzten 16 Jahre ist ein Vorbote des kommenden Beginns der Kleinen Eiszeit. Natürliche Ursachen spielen die Hauptrolle bei Klimavariationen, nicht die menschliche Aktivität, sind doch natürliche Faktoren substantiell stärker [12]. Als Folge davon hat der

Temperaturanstieg auf der Erde im Jahre 1998 aufgehört, und die Kohlendioxid-Konzentration erreichte inzwischen eine Rekordhöhe (Abbildung 10). Der Stillstand der globalen Temperatur während der letzten 16 Jahre wird sich 2013 fortsetzen. Die Richtungen ihrer Entwicklung seit 1998 passen nicht zusammen. Die Erde hat das Maximum der Erwärmung während der Jahre 1998 bis 2005 durchlaufen [16, 29, 31, 35].

Der Gehalt von Treibhausgasen in der Atmosphäre hängt weitgehend von den Ozeanen ab, und der von Staub von vulkanischer Aktivität und dem Anstieg von Aerosolen über dem Festland. Die Stärke natürlicher Flüsse (Kohlendioxid, Wasserdampf und Staub) von Ozean und Festland in die Atmosphäre (M_{in}) sowie aus der Atmosphäre in die Ozeane und auf das Festland (M_{out}) gehen oftmals viele Male über die anthropogenen Freisetzungen (M_{ant}) hinaus [12]. Das mittlere Anwachsen des atmosphärischen Kohlendioxids hat sich seit Beginn des vorigen Jahrzehnts verlangsamt, zu einer Zeit also, als von Emissionen berichtet worden ist, die mit einer beispiellosen Rate gestiegen seien [42]. Der Gesamtgehalt von Kohlendioxid in den Ozeanen ist 50 mal höher als in der Atmosphäre, und selbst ein schwaches Ausgasen aus den Ozeanen kann das Kohlendioxid-Niveau in der Atmosphäre dramatisch verändern [12]. Gleichzeitig ist Kohlendioxid eine Schlüsselkomponente des Lebenszyklus‘ in der Biosphäre, und die Zunahme seiner Konzentration ist ein wesentlicher Faktor für das Pflanzenwachstum und die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität.

Der Anstieg des Meeresspiegels infolge der globalen Erwärmung ist der zuverlässigste Indikator der Rate des Temperaturanstiegs (60% des Meeresspiegel-Anstiegs resultieren aus der Zunahme der Wassermenge in den Ozeanen, während 40% die Folge von thermischer Ausdehnung von Ozeanwasser mit der Erwärmung sind) und eines der aktuellsten Probleme derzeit. Über 40 Wissenschaftler in 20 Teams nehmen an Forschungen bzgl. der Arktis teil und verstärkten gemeinsam ihre Bemühungen, um den Beitrag schmelzenden Eises auf Grönland und in der Antarktis auf den globalen Meeresspiegel abzuschätzen. Seit 1992 hat das Schmelzen polaren Eises den Meeresspiegel im Mittel um 0,59 ± 0,2 mm pro Jahr steigen lassen [43]. Dieser genauesten Schätzung zufolge hat die Eisschmelze zu einem Anstieg des Meeresspiegels um 11 mm während der letzten beiden Jahrzehnte geführt. Dies bedeutet, dass der gegenwärtige Meeresspiegel gar nicht steigt, was den gegenwärtigen Zustand der globalen Erwärmung reflektiert – es hat aufgehört, und die globale Temperatur ist während dieses gesamten Zeitraumes nicht gestiegen. Außerdem wird die Rate des Anstiegs sowie Änderungen des Meeresspiegels auch direkt von langzeitlichen TSI-Variationen bestimmt. Die TSI-Abnahme seit Anfang der neunziger Jahre und korrespondierend dazu der in die tropischen Ozeanbereiche einfallende geringere Anteil von Sonnenenergie können graduell zu einer Abschwächung der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation führen und, zuallererst, zu einer Abschwächung des warmen Golfstromes, da die von den Strömungen transportierte Wärmemenge aus

tropischen Gebieten abnehmen wird. Dies wird zu einer graduellen Klimaabkühlung in Westeuropa führen.

Gleichzeitig kommt es zu einer Erwärmung anderer Planeten und deren Satelliten im Sonnensystem: auf dem Mars, auf Jupiter, dem Neptunmond Triton, Pluto. Im Jahre 2005 enthüllten Daten der NASA-Missionen Mars Global Surveyor und Odyssey, dass die aus Kohlendioxid bestehenden „Eiskappen" am Südpol des Mars' drei Sommer hintereinander geschrumpft sind [44]. Gibt es irgendeine Gemeinsamkeit, die auf allen Planeten des Sonnensystems gleichzeitig wirken und zu einer gleichzeitigen Erwärmung dort während des gleichen Zeitraumes führt? Dieser gemeinsame Faktor, der alle Körper im Sonnensystem gleichzeitig betrifft, ist das langzeitlich hohe TSI-Niveau während des gesamten 20. Jahrhunderts. Das ist der Grund, warum die gleichzeitige Erwärmung der Erde, des Mars' und des gesamten Sonnensystems eine natürliche solare Ursache hat. Damit werden die Auswirkungen eines „solaren Sommers" im gesamten Sonnensystem und die daraus resultierenden Veränderungen der Klimabedingungen bestätigt [45]. Da es auf dem Mars keine anthropogenen Emissionen gibt, muss diese Erwärmung anderen Ursachen geschuldet sein wie etwa einer wärmeren Sonne, und genau die gleichen Gründe sind verantwortlich für die im 20. Jahrhundert beobachtete Erwärmung der Erde [15, 16, 45]. Dies ist der Beweis, dass die Erwärmung zum Ende des 20. Jahrhunderts auf der Erde von Änderungen auf der Sonne verursacht ist. Die langzeitliche Zunahme der Solarstrahlung erwärmt sowohl die Erde als auch den Mars. Gleichzeitig leistete die anthropogene Treibhaus-Erwärmung einen geringen Beitrag zu der Erwärmung auf der Erde in jüngerer Zeit, aber dieser Beitrag kann nicht mit der Zunahme der Solarstrahlung mithalten [15, 16, 29, 31, 35]. Langzeitliche Änderungen des solaren Wärme-Outputs sind die Ursache für fast alle Klimaänderungen, die wir auf den Planeten beobachten. Allgemein und analog zu den Jahreszeiten auf der Erde im Sonnensystem gibt es eine ähnliche Veränderung klimatischer Bedingungen, diktiert von der TSI-Variation im Rahmen des quasi-zweihundertjährigen Zyklus'. In dieser Hinsicht wird unser gesamtes Sonnensystem zunächst den „solaren Herbst" durchlaufen bis zum Eintreten des „solaren Winters" im quasi-zweihundertjährigen Sonnenzyklus.

Vom Menschen verursachte globale Erwärmung: selbst das IPCC räumt ein, dass der Freudentanz vorüber ist [46]. Ein durchgesickerter Entwurf des jüngsten IPCC-Zustandsberichtes Nr. 5 gibt zu: Der Fall der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung wird jeden Tag schwächer; die Sonne spielt eine wesentlich bedeutendere Rolle beim „Klimawandel" als der wissenschaftliche „Konsens" zuvor zugegeben hatte. Die starken Beweise der Existenz eines Verstärkungs-Mechanismus' des Einflusses des solaren Antriebs ändert alles. Jetzt können die Klima-Alarmisten nicht mehr behaupten, dass die globale Erwärmung ausschließlich der menschlichen Aktivität geschuldet ist während eines Zeitraumes, in dem sich solare Erwärmungseffekte im Maximum befanden – deren Bedeutung jetzt auch zugegeben wird.

Conclusion

Die langzeitlichen zyklischen Variationen der Gesamtenergie der Solarstrahlung, die auf die oberen Schichten der Erdatmosphäre trifft, sind der fundamentale Hauptgrund für korrespondierende Klimavariationen. Sie kontrolliert und bestimmt total die Vorgänge zyklischer alternierender Klimaänderungen von Erwärmung zu kurzfristigen Kleinen Eiszeiten und langfristigen Großen Glazialen Perioden. Sie setzt korrespondierende Zeitmaßstäbe für praktisch alle physikalischen Prozesse, die im System Sonne-Erde ablaufen. Alle beobachteten Änderungen des Klimas auf der Erde und im Sonnensystem sind normale kosmische Vorgänge. Die Sonne ist der Hauptfaktor, der das Klimasystem steuert, und selbst nicht signifikante langzeitliche TSI-Variationen können ernste Konsequenzen für das Klima auf der Erde und auf anderen Planeten nach sich ziehen. Quasi-zweihundertjährige Solarzyklen sind der Schlüssel zum Verständnis zyklischer Klimaänderungen sowohl in der Natur als auch in der Gesellschaft.

Das Signal und der Wert des Energie-Ungleichgewichtes im System Erde-Atmosphäre über einen langen Zeitraum (sich in den Ozeanen akkumulierender Überschuss einfallender TSI oder deren Defizit) bestimmt über eine korrespondierende Änderung des Energie-Status‘ des Systems und damit eine bevorstehende Klimavariation nebst deren Amplitude. Das ist der Grund für die Änderung des Erdklimas alle 200 ± 70 Jahre, und es ist die Folge der zweihundertjährigen zyklischen TSI-Variation. Alle beobachteten zyklischen Variationen des Klimas auf der Erde und im Sonnensystem sind normale solare Vorgänge. Lange vor Beginn des 24. Sonnenzyklus‘ während der Jahre 2003 bis 2007 [17–20,36], als die anthropogene Natur der globalen Erwärmung weit verbreitet akzeptiert war, prophezeite ich den Beginn des Grand Minimums sowohl der TSI als auch der Sonnenaktivität um das Jahr 2043 ± 11 Jahre sowie die korrespondierende Abnahme der globalen Temperatur – den Beginn also der 19. Epoche (während der letzten 7500 Jahre) einer Kleinen Eiszeit – um das Jahr 2014 (nach dem Maximum des 24. Sonnenzyklus‘). Diese Vorhersagen angesichts des allgemeinen Glaubens an die anthropogene Natur der globalen Erwärmung sorgten für große Diskussionen in wissenschaftlichen und auch anderen Kreisen, aber im Laufe der Jahre gab und gibt es immer mehr wissenschaftliche Bestätigungen und Unterstützer. Der Hauptpunkt ist, dass die Vorhersagen von der Sonne selbst bestätigt werden und vom Verlauf der Änderungen der globalen Temperatur und des Meeresspiegels während der letzten 16 Jahre. Im Jahre 2014 – also im nächsten Jahr – werden wir in den etwa 45 Jahre langen Abstieg kommen bis hin zu etwas, dass die 19. Kleine Eiszeit auf der Erde sein wird. Das Eingehen der praktisch vollständigen Zuordnung der Klimaänderungen zu den langzeitlichen Änderungen der einfallenden Sonnenenergie (unter Berücksichtigung von deren direkter und daraus folgender sekundärer Rückkopplungs-Auswirkungen) in ein Klimamodell ergibt eine hinreichend präzise Rekonstruktion klimatischer Prozesse, die in der jüngeren Vergangenheit und in nächster Zukunft stattfinden werden. Alle Klimamodelle mit der Grundlage Die-Globale-Erwärmung-Kommt sind mit ihren Prophezeiungen gescheitert. Die mathematische Modellierung von Klimaprozessen ohne eine fundamentale Modernisierung des mathematischen

Modells und die Einbeziehung noch stärkerer Supercomputer und auch ohne Einbeziehung quasi-zweihundertjähriger TSI-Variationen wird keine signifikant zuverlässigeren Ergebnisse bringen [40,46]. Der vernünftigste Weg, gegen die bevorstehende Kleine Eiszeit zu kämpfen wird es sein, eine Kombination spezieller Schritte auszuarbeiten mit dem Ziel, ökonomisches Wachstum sowie energiesparende Produktion zu fördern, um es der Menschheit zu ermöglichen, sich an die Periode starker Abkühlung anzupassen, die vermutlich bis zu Beginn des 22. Jahrhunderts dauern wird.

Die zuverlässigste Mehode zur genauen Vorhersage der Stärke und der Zeit der kommenden Kleinen Eiszeit wird es sein, die langzeitlichen Variationen der effektiven globalen Parameter zu untersuchen: Mittleres jährliches Energie-Gleichgewicht im Budget des Systems Erde-Atmosphäre bzgl. der thermischen Energie. Daher arbeiten wir jetzt an einem neuen Weltraumprojekt mit der Bezeichnung Selenometria im russischen Segment der International Space Station ISS, um die langzeitlichen Variationen der Gesamt-Solarstrahlung zu untersuchen, die von der Erde reflektiert und absorbiert wird, den damit zusammenhängenden Energiezustand der Erde und deren Einwirkung auf das Erdklima (Abbildung 11). Hierfür zieht die Selenometria den Mond als Spiegel heran, um diese Variationen zu studieren.

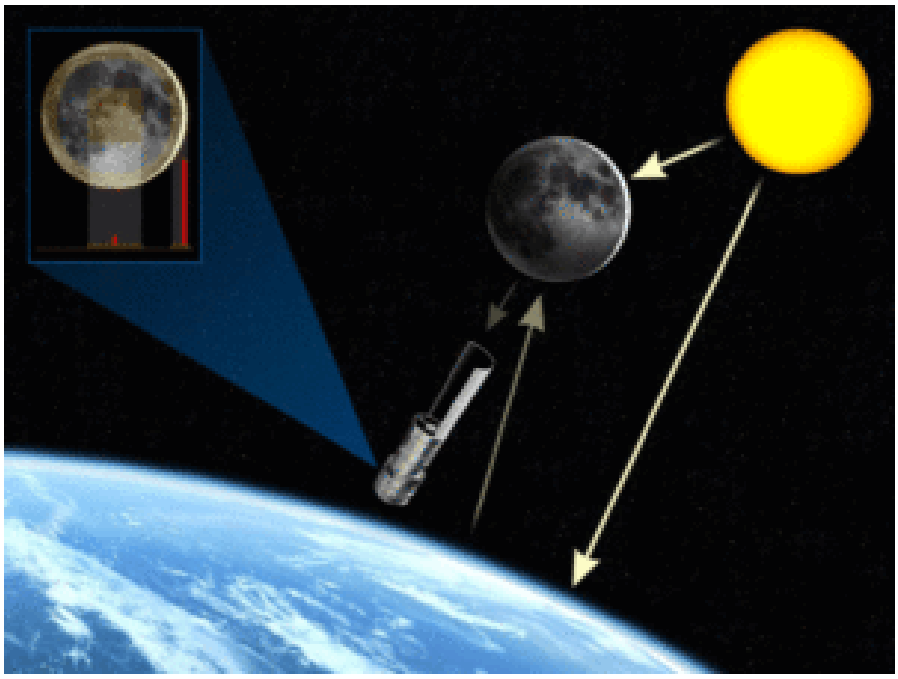


Abbildung 11: Die Selenometria benutzt den Mond als einen Spiegel, um die Variationen der TSI zu studieren, die von der Erde reflektiert bzw. absorbiert wird.

Link zum Originalabeitrag:
https://www.omicsgroup.org/journals/grand-minimum-of-the-total-solar-irr

adiance-leads-to-the-little-ice-age-2329-6755.1000113.php?aid=12810

Übersetzt von Chris Frey

Bemerkung des Übersetzers: Er bedankt sich bei Herrn Tyll Ruhtenberg für den Hinweis auf diese Arbeit.

References

1. Herschel W (1801) Observations tending to investigate the nature of the Sun, in order to find the causes or symptoms of its variable of light and heat; with remarks on the use that may possibly be drawn from solar observations. Phil Trans R Soc London 91: 265-318.
2. Eddy JA (1976) The Maunder minimum. Science 192: 1189-1202.
3. EP Borisenkov, Leningrad (1988) Climate oscillations of the last millennium. Gidrometeoizdat 408.
4. Milankovitch M (1941) Canon of Insolation and the Ice Age Problem: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem.
5. Astronomical theory of climate change. NOAA Paleoclimatology, NOAA.
6. Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barnola JM, Basile I, et al. (1999) Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature 399: 429-436.
7. (2000) Climate change: new Antarctic ice core data.
8. Fischer H, Wahlen M, Smith J, Mastroianni D, Deck B (1999) Ice core records of atmospheric CO2 around the last three glacial terminations. Science 283: 1712-1714.
9. Lu Z, Rickaby REM, Kennedy H, Kennedy P, Pancost RD, et al. (2012) An ikaite record of late Holocene climate at the Antarctic Peninsula. Earth and Planetary Science Letters 325: 108-115.
10. Pedro JB, Rasmussen SO, van Ommen TD (2012) Tightened constraints on the time-lag between Antarctic temperature and CO2 during the last deglaciation. Clim Past 8: 1213-1221.
11. Humlum O, Stordahl K, Solheim JE (2013) The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature. Global and Planetary Change 100: 51-69.
12. Nigmatulin RI (2010) The ocean: climate, resources, and natural disasters. Herald of the Russian Academy of Sciences 80: 338-349.
13. Bal S, Schimanke S, Spangehl T, Cubasch U (2011) On the robustness of the solar cycle signal in the Pacific region. Geophys Res Lett 38: L14809-L14814.
14. McPhaden MJ, Lee T, McClurg D (2011) El Nino and its relationship to

changing back-ground conditions in the tropical Pacific ocean. Geophys Res Lett 38: L15709-L15712.

15. Abdussamatov KHI (2009) The Sun defines the climate (Солнце определяетклимат Земли). Russian Journal “Nauka i Zhizn” (“Science and Life”) 34-42.

16. Abdussamatov KHI (2009) The Sun dictates the climate of the Earth. St Petersburg. Published by Logos 197.

17. Abdussamatov KHI (2005) Long-term variations of the integral radiation flux and possible temperature changes in the solar core. Kin Phys Celest Bodies 21: 328-332.

18. Abdussamatov KHI (2007) Decrease of the solar radiation flux and drastic fall of the global temperature on the Earth in the middle of the XXI century. Izv Krym Astrofiz Observ 103: 292-298.

19. Abdussamatov KHI (2007) Optimal prediction of the peak of the next 11-year activity cycle and of the peaks of several succeeding cycles on the basis of long-term variations in the solar radius or solar constant. Kin Phys Celest Bodies. 23: 97-100.

20. Abdussamatov KHI (2005) About the long-term coordinated variations of the activity, radius, total irradiance of the Sun and the Earth’s climate. Proceedings of IAU Symposium No 223 Cambridge, Cambridge Univ Press.

21. Frohlich C (2012) Solar Constant. Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos, World Radiation Center.

22. Krivova NA, Solanki SK, Wenzler T (2009) ACRIM-Gap and total solar irradiance revisited: is there a secular trend between 1986 and 1996? Geophys Res Lett 36: L20101.

23. Avdyushin SI, Danilov AD (2000) The Sun, weather, and climate: a present-day view of the problem (Review). Geomagn Aeron 40: 545-555.

24. Lean JL (2000) Short term, direct indices of solar variability. Space Sci Rev 94: 39-51.

25. Solanki SK, Krivova NA (2004) Solar irradiance variations: from current measurements to long-term estimates. Solar Phys 224: 197-208.

26. Shapiro AI, Schmutz W, Rozanov E, Schoell M, Haberreiter M et al. (2011) A new approach to the long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing. Astron Astrophys 529: A67.

27. 27 (2012) Sun Spot Data. SIDC- Solar Influences Data Analysis Center.

28. Trenberth KE, Fasullo JT, Kiehl J (2009) Earth’s global energy budget. Bull Am Meteor Soc 90: 311-323.

29. Abdussamatov KHI (2012) Bicentennial decrease of the total solar irradiance leads to unbalanced thermal budget of the Earth and the Little Ice Age. Applied Physics Research 4: 178-184.

30. Abdussamatov KHI, Bogoyavlenskii AI, Khankov SI, Lapovok YV (2010) Modeling of the Earth's planetary heat balance with electrical circuit analogy. J Electromagn Anal Appl 2: 133-138.

31. Abdussamatov KHI (2012) Bicentennial decrease of the solar constant leads to the Earth's unbalanced heat budget and deep climate cooling. Kinematics and Physics of Celestial Bodies 28: 62-68.

32. Penn MJ, Livingston W (2010) Long-term evolution of sunspot magnetic fields. IAU Symposium No. 273.

33. Penn MJ, Livingston W (2011) Long-term evolution of sunspot magnetic fields. Proceedings of IAU Symposium No 273. Cambridge 6: 126-133.

34. Climate change sanity. Climate change is primarily a natural phenomenon.

35. Abdussamatov KHI (2010) The Sun dictates the climate. Fourth International Conference on Climate Change (ICCC-4) ppt-presentation, Chicago.

36. Trimble V, Aschwanden MJ, Hansen CJ (2007) Astrophysics in 2006, Space Sci Rev 132: 1-182.

37. Abdussamatov KHI (2006) The time of the end of the current solar cycle and the relationship between duration of 11-year cycles and secular cycle phase. Kin Phys Celest Bodies 22: 141-143.

38. Wood RW (1909) Note on the theory of the greenhouse. Philosophical Magazine 17: 319-320.

39. Kotlyakov VM (2012) The history of the Earth's climate according to the deep drilling in Antarctica (Earth's climate history revealed from the data of deep drilling in Antarctic. Nature 5: 3-9.

40. Decadal forecast. Met Office.

41. Scherrer SC, Wüthrich C, Croci-Maspoli M, Weingartner R, Appenzeller C (2013) Snow variability in the Swiss Alps 1864-2009. Int J Climatol.

42. Ross J (2013) Slowing CO2 growth contradicts "surge". The Australian, Nature Climate Change.

43. Shepherd A, Ivins ER, Geruo A, Barletta VR, Bentley MJ et al (2012) A reconciled estimate of ice-sheet mass balance. Science 338: 1183-1189.

44. The changing south polar cap of Mars, Malin Space Science System.

45. Ravilious K (2007) Mars Melt Hints at Solar, Not Human, Cause for

Warming, Scientist Says. National Geographic News.

46. **Delingpole J (2012) Man-made global warming: even the IPCC admits the jig is up. The Telegraph December 13th, 2012.**