

# 11

## Ein kurzer Überblick über den Zusammenhang zwischen Sonne und Klima mit einer neuen Erkenntnis über den Wasserdampf

Dr. Willie Soon & Dr. Sallie Baliunas

### Zusammenfassung

Dieses Kapitel gibt einen kurzen historischen Überblick über die wissenschaftliche Untersuchung der Beziehung zwischen Sonne und Klima. Anschließend werden Belege für das Vorhandensein physikalischer Zusammenhänge zwischen der Gesamtsonneneinstrahlung (TSI) und den Aufzeichnungen der Oberflächentemperatur der nördlichen Hemisphäre in der Arktis, den USA, Irland und China sowie der zusammengesetzten Aufzeichnung für vier Regionen geliefert, wie kürzlich in Soon, Connolly und Connolly (2015) berichtet. Die Ergebnisse für die TSI und die Temperaturaufzeichnungen der kontinentalen USA und Irlands sind neu. Wir verwenden qualitätskontrollierte Datensätze sowohl für TSI- als auch für Oberflächentemperaturaufzeichnungen, um Probleme zu vermeiden, die durch die Kontamination von Temperaturaufzeichnungen durch nichtklimatische Faktoren entstehen können. Dies wird dadurch erreicht, dass entweder nur ländliche Temperaturdatensätze oder um die Urbanisierung bereinigte Datensätze verwendet werden. In dieser Studie zeigen wir, wie die TSI mit dem atmosphärischen Wasserdampf korreliert werden kann. Für künftige Untersuchungen bleibt die Entwicklung einer umfassenden Theorie des Zusammenhangs zwischen Klima und Sonne und Klima.



## Frühe Geschichte

Frühe Beobachtungen und Spekulationen im klassischen Griechenland vor etwa 2300 bis 2400 Jahren gehen auf Theophrastus (371-287 v. Chr.) zurück, der einen Zusammenhang zwischen Sonnenflecken, Regen und Wind vermutete (Soon und Yaskell 2003).



Auch der Jesuitenastronom Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) dachte über einen Zusammenhang zwischen Sonnenfleckenaktivität und Wetter nach. In seinem 1651 veröffentlichten *Almagestum novum* bemerkte Riccioli das warme und trockene Wetter in Italien im September 1632, als es keine Sonnenflecken gab, im Gegensatz zum kalten Juni 1642, als es keine Sonnenflecken gab. Galindo und Saladino (2008) wiesen kürzlich auf eine bemerkenswerte, frühe Erkenntnis des mexikanischen Astronomen und Meteorologen Jose Antonio Alzate (1737-1799) hin, der 1784 feststellte, dass:

Das von der Sonne vermittelte Licht beeinflusst wirksam die Gemüse- und Viehmärkte: diese Behauptung sollte den Gelehrten, die sich mit meteorologischen Beobachtungen befassen, im Gedächtnis bleiben (keiner hat sie umgesetzt). Plinius erzählt uns in seiner "Naturgeschichte", dass zu Zeiten des Augustus die Sonne trübe war und Epidemien und Nahrungsmittelknappheit herrschten; moderne Physiker führen die erwähnte Trübe auf die zahlreichen Sonnenflecken zurück, die damals die Sonnenscheibe verdeckten; seit dem Jahr [17]69 habe ich die Sonne an den meisten Tagen bis zum Jahr [17]83 beobachtet, immer zahlreiche Sonnenflecken. Im Zusammenhang mit der Sonnenfinsternis vom 15. August [17]84 untersuchte ich den Sonnenkörper mit einem Teleskop mit starker Vergrößerung und großer Klarheit und bestätigte, dass er völlig makellos war. Ich habe bis zum 29. Oktober täglich weiter beobachtet, und es ist kein einziger Fleck erschienen. Könnten die jahreszeitlichen Veränderungen, die in Europa und hier zu beobachten sind, zum Teil von dieser Ursache abhängen? Das wird nur die Erfahrung zeigen.

Mit den Vorteilen moderner Messungen und Geräte kann die von Alzate geäußerte Vermutung, dass mehr dunkle Sonnenflecken zu einer dunkleren Sonne führen, heute zurückgewiesen werden (siehe z. B. Scafetta und Willson 2014). Um die Sonne besser zu verstehen, müssen wir 125 Jahre zurückgehen, als Annie Maunder und Walter Maunder (1908) mit ihrer langjährigen Erfahrung bei der Beobachtung der Sonne in *The Heavens and their Story* feststellten, dass:

Ein ['großer'] Fleck wie der vom Februar 1892 ist an sich schon gewaltig, aber im Vergleich zur Sonne ist er ein kleines Objekt; und Flecken von solcher Größe treten nicht häufig auf und dauern nur sehr kurz. Wir



haben kein Recht, das zu erwarten,

2



dass eine Zeit mit vielen Sonnenflecken einen nennenswerten Rückgang des Lichts und der Wärme, die wir von der Sonne erhalten, bedeuten sollte. Da die Oberfläche um die Flecken herum im Allgemeinen überdurchschnittlich hell ist, kann es durchaus sein, dass eine Zeit mit vielen Flecken keinen Rückgang bedeutet, sondern eher das Gegenteil.

Allein diese akute Beobachtung zeigt uns, dass eine Untersuchung der TSI-Variabilität, die auf eine physikalische Untersuchung der Beziehungen zwischen Sonne und Klima angewandt wird, nicht blind mit der Untersuchung der Sonnenfleckensstatistik *an sich* gleichgesetzt werden darf (ein wichtiges Thema, das wir weiter unten noch einmal diskutieren werden).

In der englischsprachigen Welt ist die Idee und der Vorschlag von William Herschel (1738-1822) in Bezug auf Sonnenflecken, Wetter und Klima in seinen beiden in den *Philosophical Transactions of the Royal Society* veröffentlichten Abhandlungen allgemein bekannt und wird häufig zitiert. Diese bahnbrechenden Beobachtungen und Bemerkungen von Herschel (1801a, 1801b) wurden sowohl als positive Unterstützung als auch als tiefe Skepsis gegenüber der physikalischen Realität der Beziehung zwischen Sonne, Wetter und Klima betrachtet. In seinem Aufsatz vom Mai 1801, der möglicherweise weniger gelesen und zitiert wird, schrieb er:

Aber wir brauchen in der Zukunft nicht ratlos zu sein, wie wir die Wahrheit über die gegenwärtige Temperatur dieses Klimas herausfinden können, denn die thermometrischen Beobachtungen, die jetzt regelmäßig in den *Philosophical Transactions* veröffentlicht werden, können uns einen angemessenen Maßstab liefern, mit dem die Sonnenerscheinungen verglichen werden können. ... Obwohl ich in meiner ersten Abhandlung das Fehlen eines geeigneten Kriteriums für die Bestimmung der Temperatur in den frühen Perioden, in denen die Sonne nachweislich ohne Flecken war, hinreichend bemerkt und auch auf künftige Beobachtungen verwiesen habe, um festzustellen, ob eine angemessene Verteilung von trockenem und feuchtem Wetter, zusammen mit anderen Umständen, die bekanntermaßen die Vegetation des Getreides begünstigen, eine gewisse regelmäßige Ausstrahlung der Sonnenstrahlen



erfordert oder nicht ... Denn wenn das Thermometer, das unser künftiges Kriterium sein wird, das von uns zugewiesene Symptom einer mangelhaften oder reichlichen Aussendung der Sonnenstrahlen feststellen oder uns sogar helfen sollte, andere zu bestimmen, die den von uns angestrebten Zweck eher erkennen lassen, so können wir es ganz anderen überlassen, den Nutzen zu bestimmen, den eine Vorauskenntnis der wahrscheinlichen



Temperatur eines herannahenden Sommers oder Winters, oder vielleicht auch beides, angewandt werden kann; dennoch ist zu hoffen, dass auch in der Agrarwirtschaft aus einer besseren Kenntnis der Natur der Sonne und der Ursachen oder Symptome ihrer mehr oder weniger reichlichen Licht- und Wärmeabstrahlung ein gewisser Nutzen gezogen werden kann.

Wir haben sowohl Alzate als auch Herschel zitiert, um die Grenzen zu erläutern, die der Erforschung des Zusammenhangs zwischen Sonne und Klima zu ihrer Zeit gesetzt waren. Außerdem wird dadurch das Bewusstsein für ähnliche Beschränkungen in unserer eigenen Zeit geschärft; für eine quantitativere und sicherere Untersuchung und für die Behauptung einer Beziehung zwischen Sonne, Wetter und Klima werden physikalische Größen benötigt. Im späten achtzehnten und frühen neunzehnten Jahrhundert waren Thermometeraufzeichnungen weder weit verbreitet noch in ihrer Genauigkeit ausgereift. Infolgedessen waren Alzate und Herschel gezwungen, den Weizen- oder Lebensmittelpreis als indirektes Maß für meteorologische und klimatische Schwankungen zu verwenden.

Thomas Jefferson (1743-1826) stimmte zwar mit Herschels Bemerkung überein, forderte aber auch eine solidere physikalische Grundlage für die Untersuchung unserer Klimageschichte. In Randnotizen seines Wittertagebuchs, das er vom 1. Januar 1810 bis zum 31. Dezember 1816 in Monticello geführt hat, schreibt Jefferson: "Das Wetter ist ein wichtiger Faktor:

Es ist eine weit verbreitete Meinung, dass das Klima der verschiedenen Staaten unserer Union seit der ersten Besiedlung eine spürbare Veränderung erfahren hat; dass sowohl die Kälte als auch die Hitze abgemildert sind. Dieselbe Meinung herrscht auch in Europa, wenn die aus der Geschichte entnommenen Tatsachen Grund zu der Annahme geben, dass sich zum Beispiel das Klima Italiens seit der Zeit des Augustus Cäsar regelmäßig um 1° des Thermometers von Fahrenheit in jedem Jahrhundert verändert hat. Dürfen wir nicht hoffen, dass die in späteren Zeiten erfundenen Methoden zur genauen Messung von Wärme- und Kältegraden und die Beobachtungen, die gemacht und aufbewahrt wurden und werden, diese merkwürdige Tatsache in der physikalischen Geschichte



endlich bestätigen werden?

Messungen bleiben ein Problem, weil, wie wir später in diesem Kapitel erörtern und vertiefen werden, selbst bei den gegebenen Thermometeraufzeichnungen die





Die schwierigste Aufgabe jeder seriösen wissenschaftlichen Studie und Analyse besteht darin, jegliche Kontamination der Datensätze durch nichtklimatische Faktoren zu erkennen und somit zu beseitigen. Dieses Problem wird von Connolly und Connolly (2014a; 2014b; 2014c) ausführlich erläutert. Darüber hinaus kann jede Sonnenklimastudie, die sich zur quantitativen Bewertung des Niveaus oder der Stärke der Sonnenaktivität ausschließlich auf die Aufzeichnungen der Sonnenfleckenanzahl stützt, die korrekten physikalischen und dynamischen Bereiche der solaren Variabilität verfehlen. Seit langem wird davor gewarnt, z. B. in Menzel (1959), dass die "Null" in Sonnenfleckenanzahlen eine mehrdeutige Bedeutung und einen mehrdeutigen Wert hat.

Bevor wir auf diese Fragen näher eingehen, wollen wir kurz die Ergebnisse anderer zeitgenössischer Studien über den Zusammenhang zwischen Sonne und Klima zusammenfassen.

### **Zeitgenössische Studien**

In mehreren früheren Veröffentlichungen haben wir auch die physikalische Plausibilität und die Beziehung zwischen TSI-Variationen und verschiedenen wichtigen Klimaindikatoren und Paläoproxies aufgezeigt und diskutiert. Beispiele hierfür sind der Nordatlantische Meridionale Umwälzindex, die Meeresoberflächentemperaturen des tropischen Atlantiks, Gletschermassen und -bewegungen, Zonen und Flächenausdehnung tropischer Regengürtel und sogar Wellenleiter-Telekommunikationsmuster, die meteorologischen Ursprungs sind und für die bestimmte offensichtliche Korrelationen mit Nullzeitverzögerung sowie verzögerte Reaktionen von bis zu 50 bis 100 Jahren dokumentiert sind (Hormes et al. 2006; Soon 2009; Soon et al. 2011; Asmerom et al. 2013; Cruz-Rico et al. 2015; Yan et al. 2015). Eine umfassendere Diskussion über die Nomenklatur der solaren und klimatischen Oszillationen findet sich in Soon et al. (2014).

In jüngster Zeit hat sich die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Zusammenhang zwischen Sonne und Klima



seit den oben erwähnten Pionierarbeiten sowohl inhaltlich als auch konzeptionell erweitert. Gleichzeitig wird offen zugegeben und diskutiert, dass auch die neueren Studien nicht unumstritten sind, wobei einige sowohl technische Stärken als auch Schwächen aufweisen. Courtillot, Le Mouél und Kollegen haben in einer Reihe von Arbeiten (Le Mouél et al. 2009;



Courtillot et al. 2010; Kossobokov et al. 2010) führten fortschrittlichere statistische Verfahren und verschiedene transformierte Klimavariablen ein, um die nicht-stationäre und nicht-lineare Natur der Beziehungen zwischen dem solaren Antrieb und der klimatischen Reaktion zu untersuchen. Van Loon et al. (2012) untersuchten die multidekadischen Muster des Meeresspiegeldrucks und die damit verbundene quasistationäre Welle im Nordatlantik und schlugen vor, dass dieses Muster mit dem 50- bis 100-jährigen sogenannten Gleissberg-Yoshimura-Zyklus (Solheim et al. 2012) zusammenhängen könnte; die Untersuchung der Beziehungen zwischen der Länge der Sonnenfleckenzyklen und den Oberflächentemperaturen in Norwegen und im Nordatlantik ermöglichte die Vorhersage eines erheblichen Temperaturrückgangs während des Sonnenfleckenzyklus 24 (d. h. von etwa 2008 bis 2018-2019).

Zhao und Feng (2014) aus der Weltraumwetter-Gemeinschaft betonten die Verbindung zwischen Sonnenaktivität und Erde-Klima im Hinblick auf die multidekadische bis zweihundertjährige Modulation. Viele andere untersuchen die Sonnenaktivität und die Beziehungen zwischen Wetter und Klima durch Effekte geladener Teilchen, einschließlich der einfallenden galaktischen kosmischen Strahlung und des globalen atmosphärischen Stromkreises, die beide wiederum durch den Sonnenwind moduliert werden (Svensmark & Friis-Christensen 1997; Soon et al. 2000; Yu 2002; Shaviv 2005; Harrison & Stephen-son 2006; Usoskin et al. 2006; Miyahara et al. 2008; Harrison & Usoskin 2010; Kirkby et al. 2011; Tinsley 2012; Voiculescu & Usoskin 2012; Svensmark et al. 2013; Nicoll & Harrison 2014; Veretenenko & Ogurtsov 2014; Yu & Luo 2014; Zhou et al. 2014; Lam & Tinsley 2016; Prikyl et al. 2016).

Der jüngste Fortschrittsbericht über die Untersuchung der Hypothese zwischen kosmischer Strahlung und Wolken durch das CERN CLOUD-Experiment (Kirkby et al. 2016) hat die Bedeutung der kosmischen Strahlung bei der Erhöhung des natürlichen Hintergrunds der biogenen Emission von Aerosolpartikeln - in



Abwesenheit von Schwefelsäure, die bekanntermaßen hauptsächlich ein anthropogener Faktor ist - bestätigt



von 1,7 Nanometern oder größer. Es ist jedoch noch ein weiter Weg bis zur vollständigen Lösung des Rätsels der Wolkenbildung in unberührter und verschmutzter Umgebung.

Schließlich bot das Quasi-Review-Papier von van Geel und Ziegler (2013) eine Perspektive und einen Kontext für die Sonnenaktivität und klimatische Kovarianzen aus der Sicht von Paläoklima-Proxies. Sie kamen zu dem Schluss, dass die Berichte des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) der Vereinten Nationen (UN) die Rolle der Sonne beim Klimawandel tatsächlich unterschätzt haben. Diese Schlussfolgerung stellt die kürzlich von Gray et al. (2010) veröffentlichte, vom Konsens der Gemeinschaft getragene Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Sonne und Klima in Frage. Darüber hinaus überprüfte Soon (2014) unabhängig die Konsensdiskussion zum Thema Sonne-Klima, wie sie im jüngsten Bericht der Arbeitsgruppe I

des IPCC AR5 dargelegt wurde, und stellte schwerwiegende Fehldarstellungen, fehlende physikalische Mechanismen und politische Verzerrungen fest.

### **Die Schwierigkeit der Messung der TSI**

Die erste Frage, die in jeder Studie über die TSI der Sonne und des Klimas behandelt werden muss, betrifft die Wahl der Messung der TSI. Alle Messungen sind Annäherungen an die gesamte Sonnenenergie, die in der atmosphärischen Säule und/oder an der Erdoberfläche ankommt, aber es gibt kein allgemein anerkanntes Maß. Dieses Problem ist selbst unter Klimawissenschaftlern nicht allgemein bekannt.

In Soon, Connolly und Connolly (2015) wird gezeigt, dass die meisten der häufig zitierten TSI-Daten auf der Arbeit von Wang, Lean und Sheeley (2005) basieren. Diese Daten wurden anschließend in den IPCC-Berichten verwendet. Sie sind sehr eng mit den Aufzeichnungen der Sonnenfleckenzahl korreliert und daher wahrscheinlich nicht in der Lage, die von uns angenommenen längerfristigen Veränderungen und Modulationen der Sonneneinstrahlung zu erfassen, die in verschiedenen magnetischen Strukturen und Komplexen begründet



sind. Diese Tatsache steht im Einklang mit den bereits erwähnten bahnbrechenden Beobachtungen von Maunder und Maunder (1908).



Indirekte Belege für eine längerfristige Modulation der TSI, die über den Elftjahreszyklus hinausgeht, wie z. B. Sonnenfleckenvariationen, lassen sich durch die Untersuchung der Veränderungen in der Fluidodynamik in Verbindung mit den dreidimensionalen Strukturen der magnetischen dunklen Flecken und den damit verbundenen Veränderungen der Eigenschaften der konvektiven Zone der Sonne finden (Hoyt 1979; Hathaway 2013; Bludova et al. 2014; Livingston & Watson 2015).

In Abbildung 11.1 sind sieben vorgeschlagene TSI-Rekonstruktionen und der ursprünglich von Hoyt und Schatten (1993) vorgeschlagene TSI-Index mit Aktualisierungen zusammengestellt (orangefarbene Linie im oberen Diagramm).

Die unterschiedlichen Bandbreiten der rekonstruierten TSI-Verläufe und -Werte erklären sich vor allem aus dem breiten Spektrum an Unbekannten und Ungewissheiten bei der Untersuchung der TSI, die über die direkten Beobachtungen durch satellitengestützte Radiometer hinausgehen, die nur von 1979 bis heute verfügbar sind. Die Unterschiede wurden in Soon, Connolly und Connolly (2015) eingehend untersucht und diskutiert. Darüber hinaus können, wie oben erörtert, TSI-Rekonstruktionen, die hauptsächlich auf Sonnenfleckenaufzeichnungen allein beruhen, die wahre Amplitude und Variation des TSI-Index nicht vollständig erfassen.

Wir haben uns für die TSI-Rekonstruktion von Hoyt und Schatten (1993) entschieden, weil ihre Arbeit die unterschiedlichsten Arten und Bereiche von Proxy-Werten für die Schätzung der solaren Bestrahlungsstärke umfasst - die Amplitude des Sonnenfleckenzyklus, die Länge des Sonnenfleckenzyklus, die solare Äquatorialrotationsrate, den Anteil der Halbschattenflecken und die Abklingrate des ungefähren elfjährigen Sonnenfleckenzyklus.

Sie gehen davon aus, dass jeder dieser leicht unterschiedlichen Näherungswerte höchstwahrscheinlich einen Teil des zugrundeliegenden Mechanismus erfasst, der für die Modulation der durch Magnetokonvektion verursachten Prozesse auf der Sonne verantwortlich ist, die die TSI beeinflussen. *A priori* stellen wir fest,

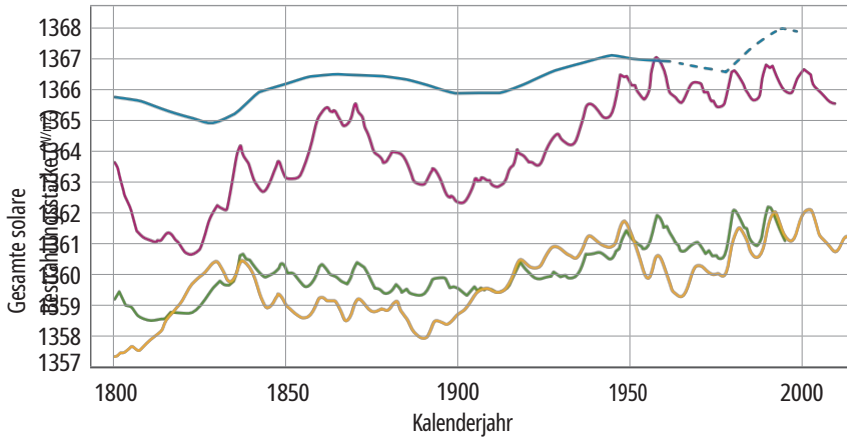


dass die magneto-fluidischen dynamischen Prozesse auf der Sonne nicht unbedingt elfjährige Zyklen mit hohen und nahezu null Sonnenfleckenzahlen erzeugen müssen, wie sie von der Paläoklimamodellierer-Gemeinschaft künstlich vorgegeben werden (siehe Schmidt et al. 2011, 2012). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass in den jüngsten Arbeiten zu

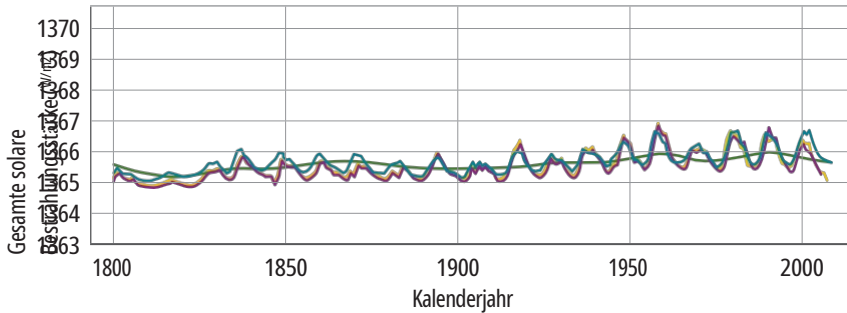




**Abbildung 11.1** Verschiedene Messungen der Gesamtsonneneinstrahlung



- Hoyt & Schatten 1993 (aktualisiert von Scafetta & Wilson 2014)
- Bard et al. 2000 (aktualisiert von Ammann et al. 2007)
- Shapiro et al. 2011 (angepasst von Schmidt et al. 2012)
- Lean et al. 1995



- Wang et al. 2005
- Krivova et al. 2007 (aktualisiert Krivova et al. 2010)
- Steinhilber et al. 2009
- Vieira et al. 2011

Das obere Diagramm zeigt die Ergebnisse von vier Studien, die auf eine relativ hohe Sonnenvariabilität seit 1800 hindeuten. (Die gestrichelte blaue Linie stellt die Arbeit von Ammann et al. 2007 dar, die zur Aktualisierung von Bard et al. 2000 verwendet wurde). Im Gegensatz dazu zeigt das untere Diagramm die Ergebnisse von Studien mit geringer Sonnenvariabilität, die als "natürliche Antriebe" für die CMIP5 Global Climate Hindcasts im Fünften Sachstandsbericht (5AR) des IPCC verwendet wurden.

Quelle: Mit Genehmigung von Elsevier - Soon, W, Connolly, R & Connolly, M, 'Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century', *Earth-Science Reviews*, vol. 150, pp. 409-452, copyright 2015.

physikalischen Modellierung der TSI-Variabilität von Fontenla et al. (2011) wurden bis zu neun solarmagnetische Merkmale und Strukturen berücksichtigt:

1. dunkles Quiet-Sun Inter-Netz
2. Quiet-Sun-Verbundnetz
3. Quiet-Sun-Netzspur
4. erweitertes Netz
5. plage (das heißt, nicht facula)
6. facula (das heißt, sehr heller Platz)
7. Sonnenfleckenschatten
8. Sonnenflecken-Penumbra
9. heiße Facula.

Trotz dieses wichtigen Fortschritts sind die Ergebnisse immer noch nicht zufriedenstellend. Der Grund dafür ist, dass man herausgefunden hat und weiß, dass selbst der "ruhige" Teil der Sonne aus "unaufgelösten" kleinräumigen Magnetfeldern bestehen kann, die sowohl in ihrer mittleren Stärke als auch in ihrer räumlichen Verteilung mit dem Sonnenzyklus variieren, vielleicht sogar auf nichtlineare Weise (Schuhle et al. 2000; Trujillo Bueno et al. 2004; Schnerr & Spruit 2011; Stenflo 2012; Stenflo & Kosovichev 2012).

### **Korrelation zwischen TSI und Oberflächentemperaturen**

Vielen Forschern ist es nicht gelungen, einen Zusammenhang zwischen der TSI und den Veränderungen der Oberflächentemperaturen der Erde herzustellen, weil sie die falsche TSI-Proxy-Messung verwendet und dann eine verfälschte Aufzeichnung der Oberflächentemperatur gewählt haben.

Wenn man eine physikalische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Sonne und Klima anstrebt, ist es wichtig, nach multidekadischen Kovariationen als physikalisches Maß für die manifeste Aktivität der Sonne zu suchen. Eine Beziehung, die erforscht wurde, ist der TSI-Index in ländlichen und urbanisierungskorrigierten Temperaturdatensätzen der nördlichen Hemisphäre. Wenn qualitativ



hochwertige Oberflächentemperaturaufzeichnungen mit den TSI-Daten von Hoyt und Schatten verwendet werden, lassen sich verblüffende Korrelationen feststellen (1993). Genauer gesagt, Soon



(2005) und Soon (2009) fanden eine starke offensichtliche Korrelation für die Arktis; Soon et al. (2011) fanden eine ähnliche Korrelation mit China; Soon und Legates (2013) fanden ebenfalls eine Korrelation zwischen der TSI und den Trends im "Äquator-zu-Pol (arktischen) Temperaturgradienten".

Wie kann man jedoch sicher sein, dass diese Temperaturaufzeichnungen nicht durch nichtklimatische Effekte und Faktoren verunreinigt wurden? Wenn sie verunreinigt wurden, wie kann man dann die nichtklimatischen Komponenten quantifizieren und diese Faktoren aus den rohen oder unveränderten Datensätzen entfernen?

Abbildung 11.2 zeigt die Temperaturanomalien für die wichtigsten Regionen, nachdem diese Fragen im Detail beantwortet wurden, wobei die Arbeitsweise in Soon, Connolly und Connolly (2015) beschrieben wird. Die in Abbildung 11.2 gezeigten statistischen Korrelationen sind sehr beeindruckend, wenn man bedenkt, wie unterschiedlich die erfassten geografischen Gebiete und Klimazonen sind.

## **Korrelation zwischen TSI und Wasserdampfkonzentrationen**

Eine bisher stark vernachlässigte Schlüsselvariable, die für das Verständnis des Klimasystems Ozean-Land-Atmosphäre wichtig ist, ist der gesamte atmosphärische Wasserdampf. Eine direkte Messung dieser Metrik ist jedoch für einen Zeitraum von 100 Jahren nicht verfügbar, so dass der Datensatz durch indirekte Ableitung aus der sogenannten Klimareanalyse-Studie konstruiert werden muss (Hersbach et al. 2015; Kobayashi et al. 2015; Poli et al. 2016).

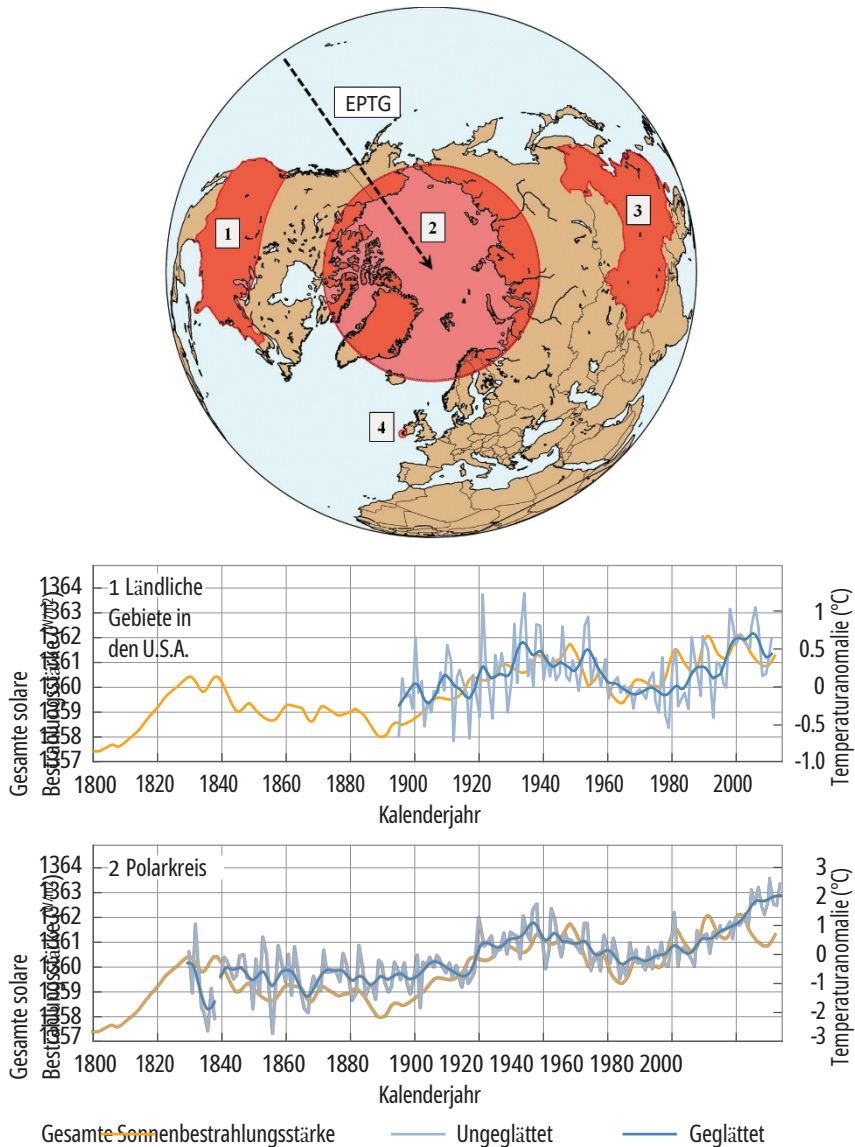
Abbildung 11.3 zeigt die Korrelation zwischen dem TSI-Index von Hoyt und Schatten und dem Gesamtwasserdampfgehalt in der Säule, wie er aus den Modelldaten des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage abgeleitet wurde. Die Beziehung ist eng und aussagekräftig, insbesondere für die multidekadische Variation und Modulation. Wir stellen jedoch fest, dass die zwischenjährlichen Veränderungen enger mit internen oszillierenden Komponenten des Klimasystems zusammenhängen, wie z. B. den Faktoren El Niño-



Southern Oscillation (ENSO) oder North Atlantic Oscillation (NAO). Die enge Korrelation spiegelt vielleicht eine echte physikalische Beziehung zwischen

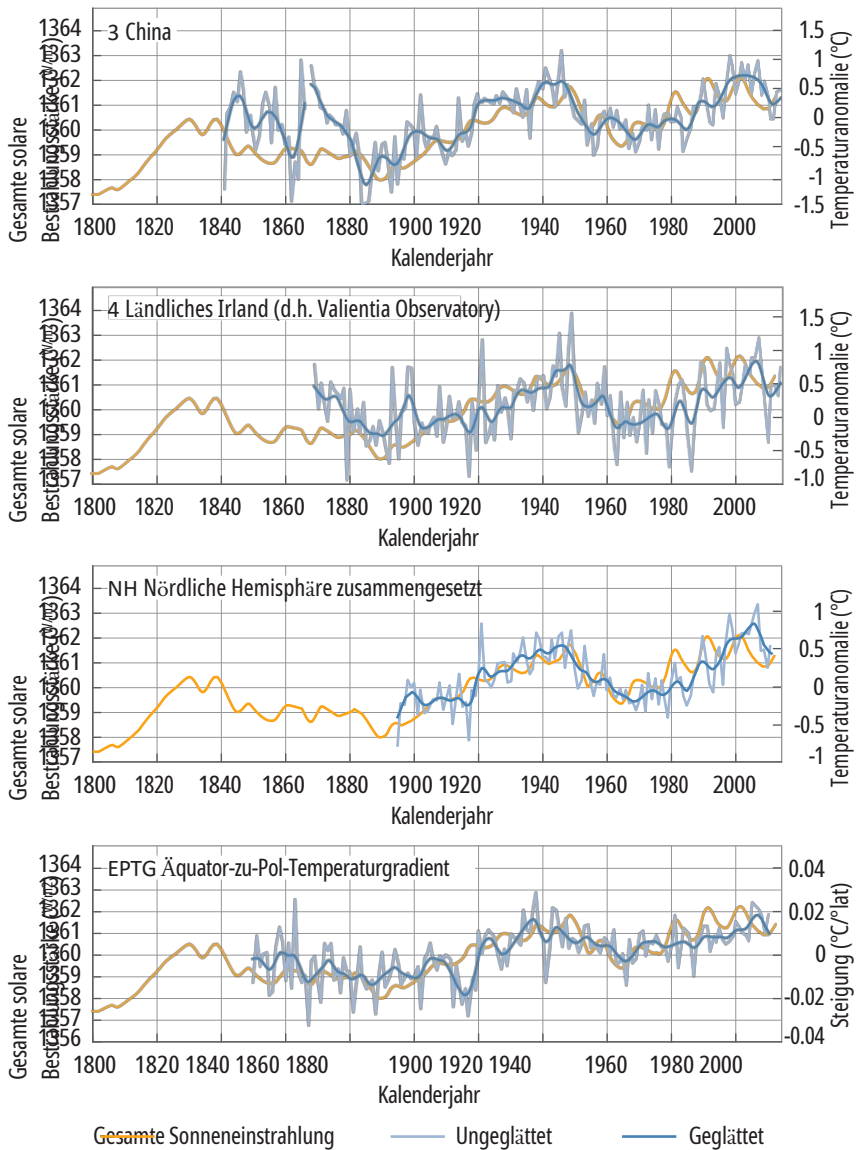


**Abbildung 11.2** Vergleich zwischen der TSI und den Temperaturen der nördlichen Hemisphäre



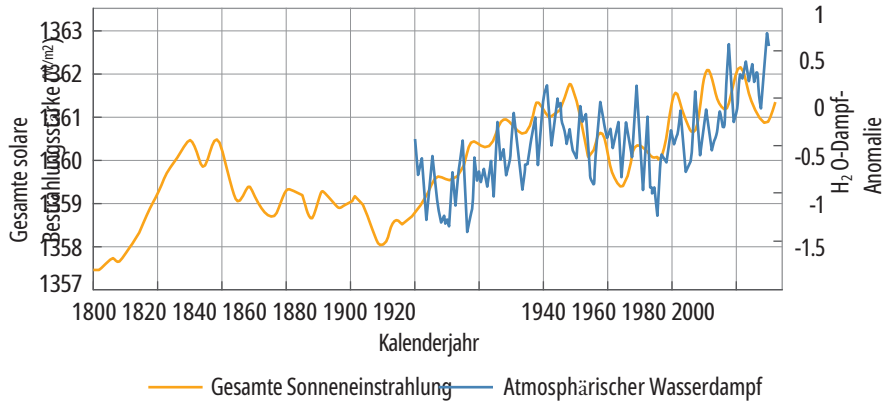
Vergleich zwischen den TSI-Trends von Hoyt und Schatten (orangefarbene Linie) und den verschiedenen Temperaturindizes (blaue Linien) aus den Regionen der nördlichen Hemisphäre (1. ländliche USA, 2. Polarkreis, 3. China, 4. ländliches Irland und die zusammengesetzte Aufzeichnung der nördlichen Hemisphäre) sowie den Temperaturgradienten zwischen Äquator und Pol der nördlichen Hemisphäre (EPTG).

# EIN KURZER ÜBERBLICK ÜBER DEN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SONNE UND KLIMA



Quelle: Angepasst von Soon, Connolly und Connolly 2015.

**Abbildung 11.3** Vergleich der TSI- und Wasserdampftrends



Vergleich zwischen den TSI-Trends von Hoyt und Schatten (orangefarbene Linie) und der Anomalie des gesamten atmosphärischen Wasserdampfgehalts (über der eisfreien Region der Weltmeere) auf der Grundlage der Reanalysen des Klimamodells des Europäischen Zentrums für mittelfristige Vorhersagen für das zwanzigste Jahrhundert.

Quelle: Daten mit freundlicher Genehmigung von Dr. A. Simmons und H. Hersbach.

Meeresoberflächentemperaturen und des atmosphärischen Wasserdampfs, wie Hersbach et al. (2015) überzeugend darlegen.

Wenn die Ergebnisse aus Abbildung 11.2 und Abbildung 11.3 sowohl hinsichtlich der physikalischen Zusammenhänge als auch der Mechanismen vollständig bestätigt werden können, dann haben wir einen sehr klaren empirischen Beweis für die Unterstützung einer Verbindung zwischen Sonne und Klima auf multidekadischen Zeitskalen. Dies bedeutet, dass die TSI-induzierten Änderungen bei der Modulation der direkten thermischen Auswirkungen auf den Wärmehaushalt der Oberfläche sowie der Verstärkungsfaktor durch den kovarianten atmosphärischen Wasserdampf alle verfügbaren klimatischen Aufzeichnungen am besten erklären.

Im Gegensatz dazu bedeutet diese Tatsache, dass die Rolle des steigenden atmosphärischen  $\text{CO}_2$  bei der Erklärung der Oberflächentemperatur und der atmosphärischen Wasserdampfaufzeichnungen allenfalls minimal sein kann. In Soon, Connolly und Connolly (2015) gingen wir sogar noch einen Schritt





weiter - indem wir die Zeitreihen in Kombination mit dem atmosphärischen CO<sub>2</sub> Antrieb verwendeten - und fanden heraus, dass die



Die quantitativen Vorgaben für die "Klimaempfindlichkeit" der Erde gegenüber einer Verdoppelung des atmosphärischen CO<sub>2</sub> lagen zwischen 0,4 und 2,5 °C. Der hohe Wert ergibt sich aus der Annahme - ohne stichhaltige Argumente -, dass die abgeleitete zusammengesetzte Temperatur der nördlichen Hemisphäre in erster Linie durch den Anstieg des atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalts allein angetrieben wird. Der niedrigere Wert von 0,4 °C für die CO<sub>2</sub>-Verdoppelung der Klimasensitivität ergibt sich aus der Annahme, dass die in Abbildung 11.2 gezeigte empirische Korrelation gültig ist, und dann nur eine CO<sub>2</sub>-Antriebskurve an den verbleibenden Temperaturtrend nach Berücksichtigung des TSI-Faktors angepasst wird.

### Schlussfolgerung

Es ist zu hoffen, dass die Untersuchung der Beziehungen zwischen Sonne und Klima der Wissenschaft und der wissenschaftlichen Methode treu bleibt und anhand hochwertiger Daten besser interpretiert werden kann.

Wir bewegen uns vielleicht langsam auf eine vereinheitlichende Theorie des Klimas zu (Lions et al. 1993; Monin & Shishkov 2000; Li & Wang 2008; Essex 2011, 2013; Palmer et al. 2014). Dies wird sich noch verstärken, wenn die sozio-politischen Faktoren, die derzeit ein besseres Verständnis des Zusammenhangs zwischen Sonne und Klima verhindern, besser verstanden werden. Dies würde durch eine angemessene Definition der "Klimatologie" unterstützt (z. B. Landsberg 1972; Gutmann 1989; Arguez & Vose 2011).

In Soon, Connolly und Connolly (2015) wird die Bedeutung der Verwendung unverfälschter Oberflächentemperaturdatensätze erläutert, zusammen mit den Gründen für die Wahl des TSI-Datensatzes von Hoyt und Schatten. Die Frage nach der Wahrhaftigkeit der TSI, die für eine solche Studie über den Zusammenhang zwischen Sonne und Klima verwendet wird, muss notwendigerweise offen bleiben und rechtzeitig von der Sonnenphysik beantwortet werden. Noch wichtiger ist die Tatsache, dass mehrere andere vielversprechende Mechanismen, insbesondere diejenigen, die die oben beschriebenen geladenen Teilchen und Stromkreisphänomene einbeziehen, alle vollständig



untersucht und in einen umfassenderen Rahmen integriert werden müssen, der uns letztendlich die korrekten Überlagerungsregeln für die klimatische Verbindung zwischen Sonne und Erde in räumlichen und zeitlichen Multiskalenbereichen liefern sollte.

