

# Die Sonnenscheindauer Europas im Tanz der Wolken

geschrieben von Admin | 15. November 2024

Die Sonne bestimmt unseren Lebensrhythmus. Wolken spielen dabei eine Schlüsselrolle, etwa wenn wieder einmal wochenlang Regen im November nostalgisch Erinnerungen an sonnenreiche Hochsommer aufkommen lassen. Eine maßgebende technische und wissenschaftliche Größe ist die Anzahl von Sonnenscheinstunden pro Jahr – kurz SSH – und die längerfristige Zu- oder Abnahme der SSH.

Die SSH beeinflussen die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung, die Landwirtschaft, den Energieverbrauch (bei starker Wolkenbedeckung werden Licht und der Fernseher gegen Abend früher eingeschaltet) und sogar den Tourismus. Im höchsten Maße ist jedoch die Photovoltaik (PV) von den SSH betroffen, weil der Jahresertrag aus PV bei mehr Sonnenschein zunimmt und umgekehrt. Durch den aktuell in Deutschland forcierten Ausbau der PV und damit ihrem immer größerem Anteil an deutschem Strom wächst die Bedeutung der SSH für die Stromwirtschaft Deutschlands und ganz Europas.

Ein Forschertrio bestehend aus Horst-Joachim Lüdecke, Gisela-Müller Plath und Sebastian Lüning hat nunmehr für insgesamt sieben Monatszeitreihen von Sonnenscheindauern, die über 122 bis maximal 145 Jahre zurückreichen, die Veränderungen der SSH mit modernen statistischen und mathematisch-numerischen Methoden analysiert. Die Arbeit erschien in Scientific Reports von Nature (hier), ist „open“ und kann unter dem Link <https://rdcu.be/dXYc4> frei heruntergeladen werden. Das Ziel der Untersuchung bestand darin, mögliche Korrelationen, d.h. statistische Zusammenhänge, der SSH mit Klimatreibern aufzufinden und im gegebenen Fall näher zu analysieren.

Die wichtigsten zyklischen Treiber von Wetter und Klima sind als so genannte „Ozeanzyklen“ bekannt. Der allgemein wohl bekannteste Ozeanzklus ist der El Niño als regelmäßige, aber in ihrem konkreten Erscheinen nicht vorhersagbare Veränderungen von Meeresströmungen im Pazifik. Insbesondere wegen ihrer Auswirkungen auf Europa sind für uns die „Atlantische Multidekaden Oszillation“ (AMO) (hier, hier) und die Nordatlantische Oszillation (NAO) interessant (hier). Beide beeinflussen die Wetterentwicklungen Europas. Das Beispiel eines nicht zyklischen, vermuteten Klimatreibers ist das angestiegene atmosphärische CO<sub>2</sub>.

Bemerkenswert an allen Ozeanzyklen sind die weiten Entfernungen bis hin zu Tausenden von Kilometern, über die sie ihre Wirkung entfalten können. So bestimmt der El Niño über wenige Jahre und extrem hohe Entfernungen Temperaturen und Niederschläge auf großen Teilen der Erde. In der Fachliteratur wird für derart weit reichende „driver“ des Wetters oft

der Begriff „teleconnection“ verwendet. Diese Bezeichnung lässt anklingen, dass man über die physikalischen Mechanismen, wie diese „driver“ es fertigbringen, Temperaturen, Niederschläge und weitere Wetter- oder Klima-Parameter über so großen Entfernungen zu steuern, noch kaum etwas Sicheres weiß.

Im Fall der Sonnenscheindauern Europas stellte sich heraus, dass hier die AMO, als mittlere Meeresoberflächentemperatur des Nordatlantiks definiert, eine maßgebende antreibende Kraft der Zentraleuropäischen SSH ist. Die sieben Messtationen der im paper analysierten SSH-Zeitreihen befinden sich in Reihenfolge Nord-Süd in Kopenhagen, Potsdam, De Bilt, Krakau, Wien, auf der Zugspitze und in Trient. In all diesen SSH-Zeitreihen zeigt sich die Korrelation von AMO und SSH mit ungewöhnlich hoher Signifikanz.

Bild 1 zeigt als stellvertretendes Beispiel den AMO-Index zusammen mit den SSH Potsdam, Krakau und Triest.

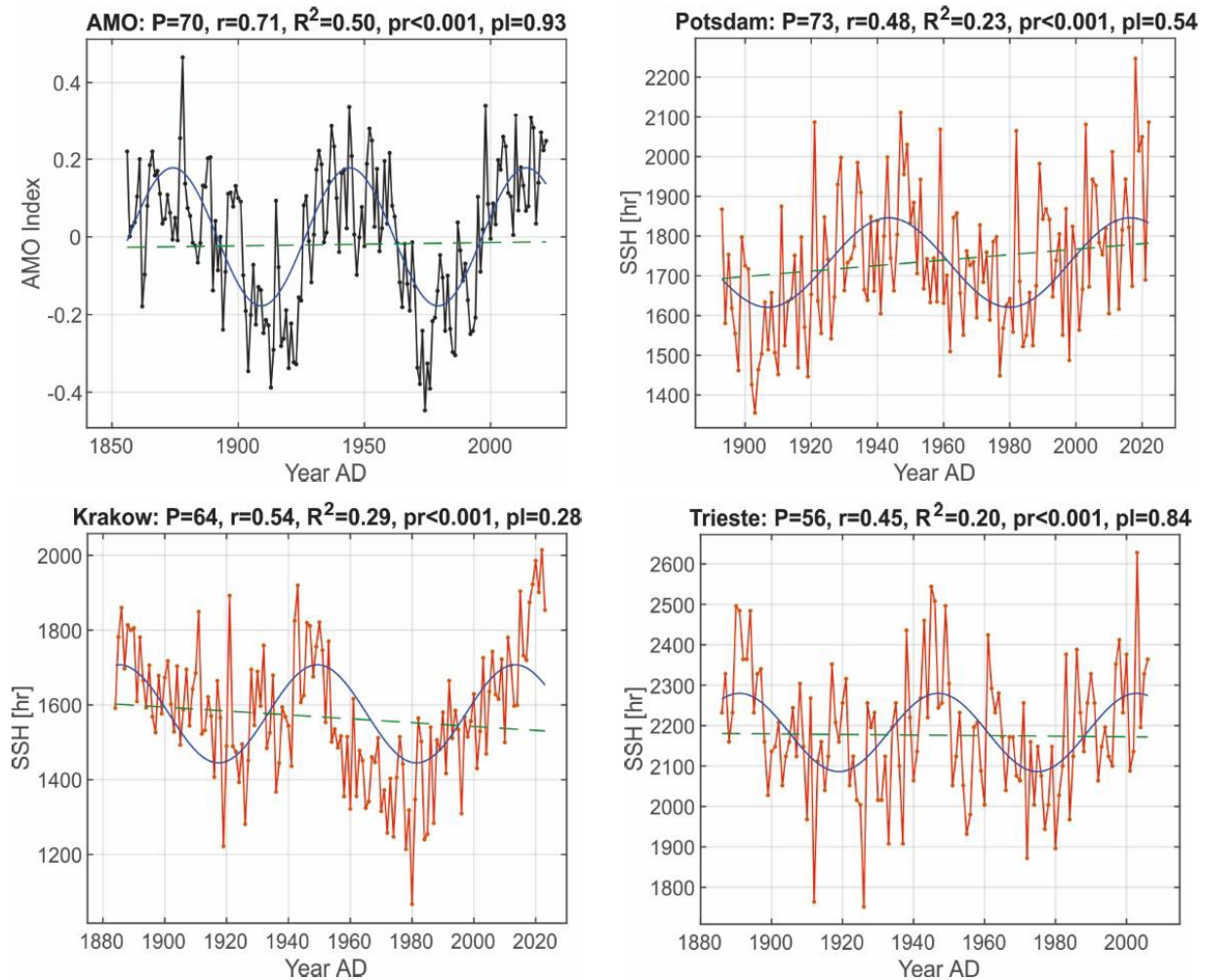


Bild 1: Der AMO-Index und die SSH der Stationen Potsdam, Krakau und Triest. P – Zyklusperiode in Jahren, r – Korrelation AMO-SSH, R<sup>2</sup> – Anteil der AMO, pr – Signifikanz der Korrelation, pl – Signifikanz der grün gestrichelten linearen Tendenzgeraden.

Trotz der starken jährlichen Schwankungen der SSH sind ihre Korrelationen mit der AMO gut erkennbar. Weiter fallen in Bild 1 die Anstiege bzw. Abstiege der grünen gestrichelten linearen Tendenzen bei den drei SSH auf. Hierbei sind aber die Signifikanzen  $p$  dieser linearen Regressionsgeraden zu beachten: nur bei  $p$  kleiner oder gleich 0.05 ist die Tendenz signifikant, ist dagegen  $p$  größer 0.05, kann sie auch zufällig sein. Ob sie positiv oder negativ ist, spielt dabei keine Rolle. Insgesamt sind von den sieben untersuchten SSH-Zeitreihen nur drei signifikant ansteigend, der Rest kann dem Zufall zugeordnet werden. Ein nichtzyklischer Treiber, insbesondere ein Einfluss des angestiegenen  $\text{CO}_2$  auf die SSH, konnte daher ausgeschlossen werden.

Sieht man sich beispielsweise die Korrelation von SSH-Potsdam und AMO von  $r = 0.48$  an, erscheint sie nicht besonders gut. Sie weist aber eine extrem hohe statistische Signifikanz von  $p < 0.001$  auf, ist also mit großer Sicherheit nicht zufällig entstanden. Der nicht so große Zahlenwert von  $r = 0.48$  ist erkennbar auf die hohen Schwankungen (Varianz) der SSH zurückzuführen, die die Korrelationsstärke stark vermindern. Es gibt demnach außer der AMO noch andere natürliche Einflüsse, die für den detaillierteren Verlauf der SSH hauptverantwortlich sind. Man kann mit dem Quadrat der Korrelation  $R^2$  den Anteil der AMO an den Schwankungen der SSH mit  $0.48 \cdot 0.48 = 0.23$  oder 23% ermitteln. Der weit größere Korrelationsanteil von  $100 - 23 = 77\%$  geht daher auf das Konto der starken SSH-Fluktuationen, deren Ursachen völlig unbekannt sind.

Die langfristige Stabilität der AMO bis mindestens 8000 Jahre zurück ist bereits seit längerem bekannt (s. Quelle 23 im Originalpaper). Dies und die hochsignifikanten Korrelationen aller sieben SSH-Reihen mit der AMO erlauben daher eine robuste Vorhersage der zukünftigen SSH-Verläufe, leider aber nicht ihrer starken Schwankungen von einem zum jeweils nächsten Jahr: Die SSH müssen gemäß der Vorhersage wie bisher weiter „nach dem Takt der AMO tanzen“. Dies ist in Bild 2 (Fig. 4 der Originalarbeit) mit der blau gestrichelten zeitlichen Fortsetzung der AMO gezeigt. Die gesicherte Konstanz der AMO über viele Jahrtausende erlaubt somit in einem weiteren Schritt auch eine relativ sichere SSH-Vorhersage für Zentraleuropa.

**SSH Potsdam: PER=73,  $r=0.48$ ,  $R^2=0.23$ ,  $pr<0.001$ ,  $pl=0.54$**

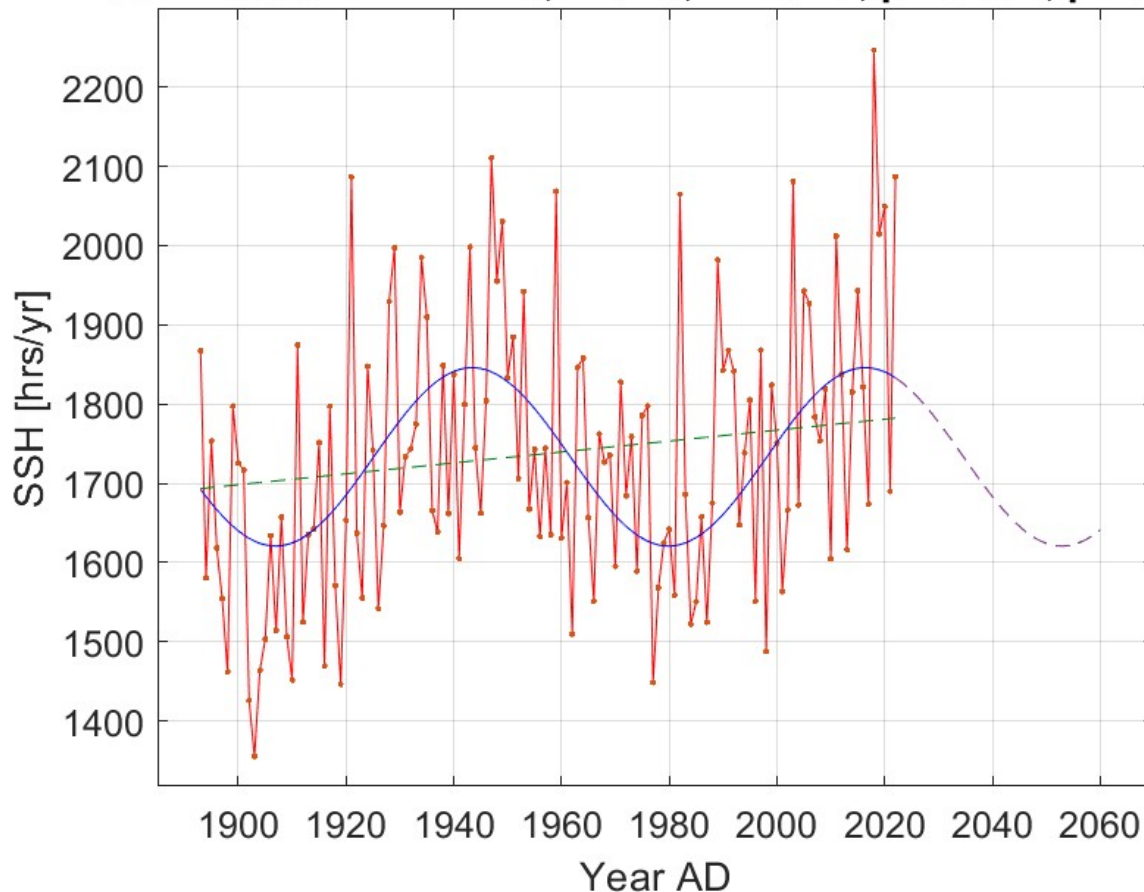


Bild 2: Prognostizierter stark geglätteter SSH-Verlauf von Potsdam in den nächsten 30 Jahren (blau-gestrichelt).

Was die Stärke der SSH-Abnahme die nächsten Jahrzehnte betrifft, zeigen die sieben SSH einen deutlichen Nord-Süd-Trend. In den nächsten 30 Jahren wird die SSH in Kopenhagen um 16% gegenüber heute abgenommen haben. Für Triest und Wien im Süden werden es dagegen nur 9% sein. Die Stromausbeute aus PV-Anlagen wird somit in den kommenden drei Jahrzehnten in Deutschland deutlich abnehmen, im Norden etwas stärker als im Süden.

Die hier besprochene Forschungsarbeit über SSH in Europa ist ein Teil der aktuellen Forschungsrichtung der drei Autoren, die mit „natürliche Klimatreiber“ bezeichnet werden kann. Über dieses übergeordnete Thema sind bereits mehrere Facharbeiten der gleichen Autoren erschienen, zum Teil mit Koautoren. Die EIKE-Webseite unter dem Menüpunkt „Publikationen“ zeigt alle bisher veröffentlichten Arbeiten. Auch Besprechungen dieser Arbeiten, in denen auch der Einfluss der Sonnenflecken thematisiert wurde, sind in den EIKE-News ([hier](#), [hier](#)) zu finden.

Mit Blick auf den heutigen Stand der Klimaforschung kann festgestellt werden, dass verlässliche Vorhersagen von Klimaparametern (hier von SSH) über Zeiträume von über hundert Jahren bislang kaum bekannt sind. Auf

der anderen Seite haben es Klimamodelle trotz höchsten  
Forschungsaufwands bis heute nicht einmal geschafft wenigstens die  
Klimavergangenheit befriedigend gut wiederzugeben (hier).