Beeinflusst die Sonnenaktivität unsere Witterung – viele Indizien sprechen dafür

Die folgende Arbeit kann nur einen kleinen Beitrag zur Klärung des solaren Einflusses auf unser Klima leisten. Sie zeigt schwerpunktmäßig Zusammenhänge zwischen Sonnenaktivität und den Häufigkeitsverhältnissen bestimmter Großwetterlagen in Mitteleuropa auf. Wo es möglich war, wurden die Bewölkungs-, Niederschlags-, Temperatur- und Sonnenscheinverhältnisse, aerologische Daten sowie die AMO in die Betrachtungen einbezogen.

Sonnenaktivität und Kosmische Strahlung

Für langfristige Betrachtungen (die Häufigkeitsverhältnisse der Großwetterlagen, Niederschlags- und Temperaturmittel reichen in Deutschland bis immerhin 1881 zurück) stehen nur die Sonnenfleckenzahlen zur Verfügung; sie bilden leider die solare Aktivität nur sehr grob ab. Ein besserer Indikator ist die leider erst seit etwa 1960 aufgezeichnete Intensität der so genannten Kosmischen Strahlung – keine Strahlung im physikalischen Sinne, sondern ein hochenergetischer Teilchenstrom, der von der Sonne, der Milchstraße und fernen Galaxien kommt. Sie besteht vorwiegend aus Protonen, daneben aus Elektronen und vollständig ionisierten Atomen. Näheres dazu unter anderem beim Stichwort „SVENSMARK-EFFEKT“. Ihre Intensität verhält sich in etwa spiegelbildlich zur Sonnenaktivität; die Sonnenaktivität schirmt entsprechend ihrer wechselnden Stärke den Einfluss der galaktischen Strahlung von der Erde mehr oder weniger ab.

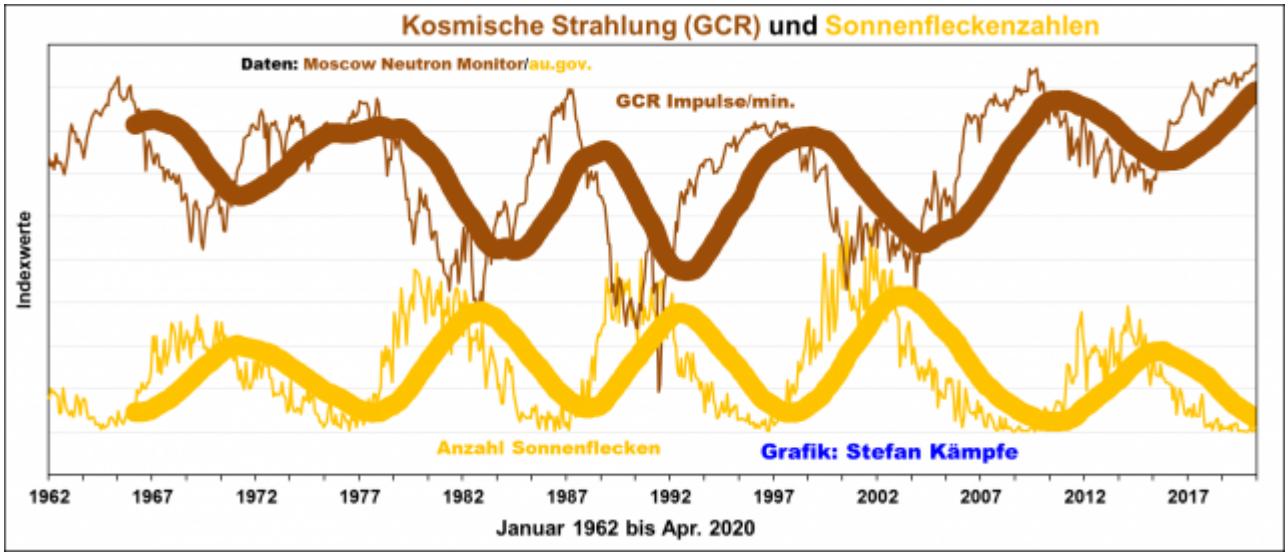

Abbildung 1: Verlauf der Intensität der Kosmischen Strahlung (GCR = Galactic Cosmic Ray) und der Sonnenaktivität (Sonnenfleckenzahlen) in monatlicher Auflösung zwischen Januar 1962 und April 2020. Man erkennt ein spiegelbildliches Verhalten – leicht zeitlich verschoben. Mit der aktuell sehr geringen Sonnenaktivität erreicht die Kosmische Strahlung sehr hohe Werte; außerdem war sie, bedingt durch die zwischen den späten 1970ern und den frühen 2000er Jahren sehr aktive Sonne, in der Mitte des Zeitraumes insgesamt geringer. Wegen der sehr unterschiedlichen Größen mussten beide Größen in Indexwerte umgerechnet werden, um sie gemeinsam in einer Grafik darstellen zu können.

Fast identische Ergebnisse zeigen sich bei der Analyse der GCR-Reihe aus Oulu/Finnland. Weil diese aber nur bis 1964 zurückreicht, wird im Folgenden die Beobachtungsreihe der Kosmischen Strahlung aus Moskau verwendet.

Beeinflusst die Kosmische Strahlung die Bewölkungs- und Niederschlagsverhältnisse?

Grobe Zusammenhänge konnten nur für den Zeitraum Herbst und Winter gefunden werden; wobei die Datenlage hinsichtlich der Bewölkung aber sehr mangelhaft ist, denn ein DWD-Flächenmittel fehlt, und auch für Potsdam liegt nur das Gesamtmittel in Achteln vor; trotzdem zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang:

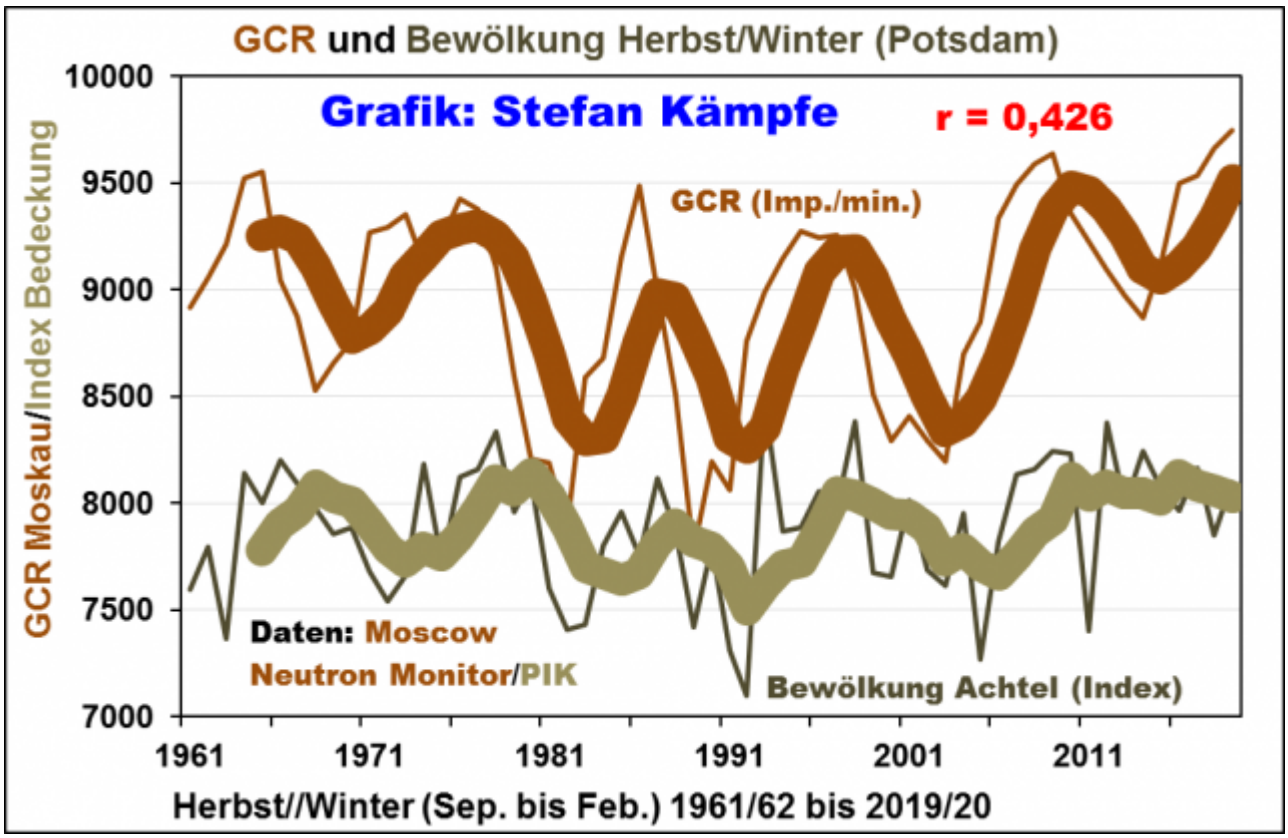

Abbildung 2: Tendenziell und leicht zeitverzögert mehr Bewölkung im Herbst/Winter (Sep. bis Feb.) in und kurz nach Phasen mit erhöhter Kosmischer Strahlung. Das Bewölkungsmittel musste in Indexwerte umgerechnet werden, um es mit der GCR in einer Grafik veranschaulichen zu können.

Beim Niederschlag wird im selben Betrachtungszeitraum keine Signifikanz erreicht, doch deuten sich in Phasen erhöhter Kosmischer Strahlung etwas geringere Herbst- und Winterniederschläge über Deutschland an:

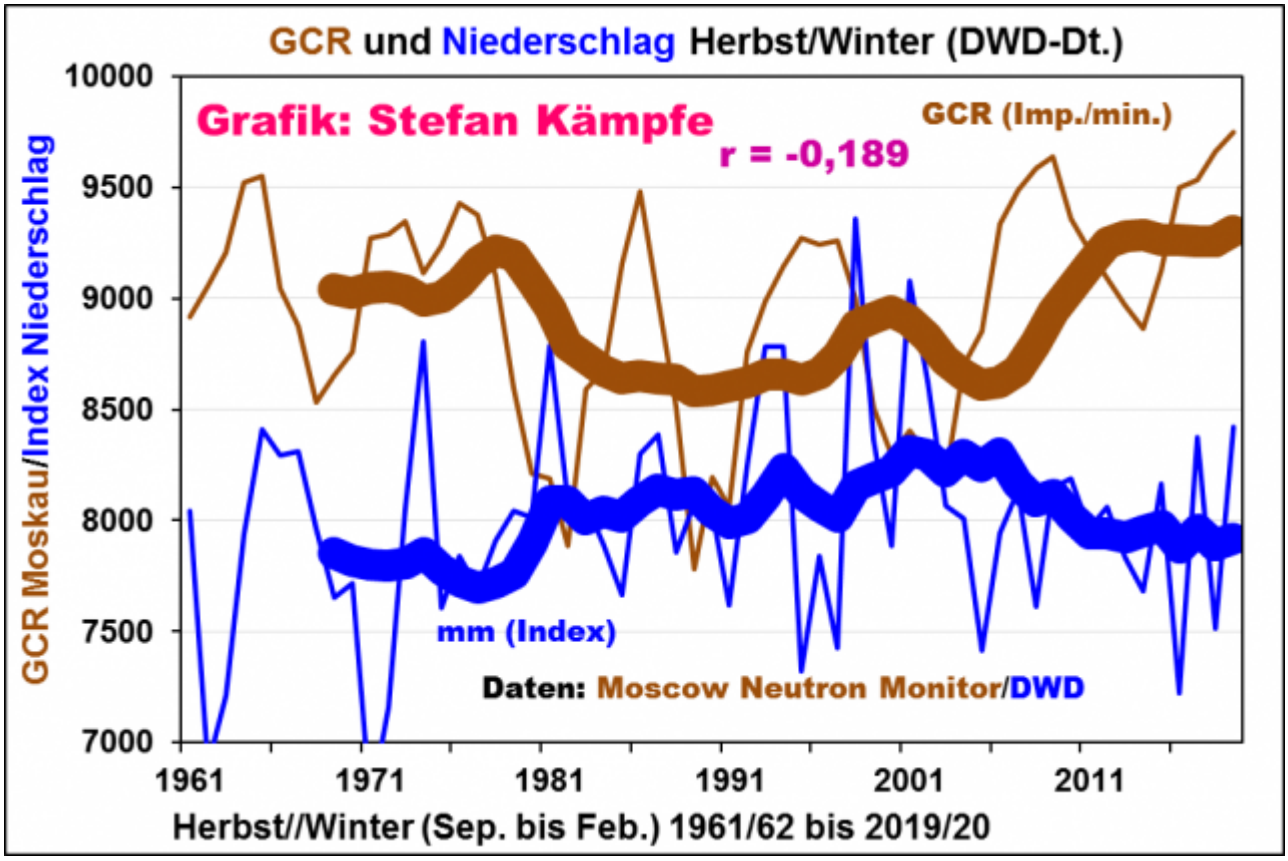

Abbildung 3: Tendenziell etwas weniger Herbst- und Winterniederschläge in Phasen erhöhter Kosmischer Strahlung (Zusammenhang nicht signifikant). Das Niederschlagsmittel musste in Indexwerte umgerechnet werden, um es mit der GCR in einer Grafik veranschaulichen zu können.

Auf den ersten Blick erscheint es merkwürdig – mehr Bewölkung, aber weniger Niederschlag in Phasen mit erhöhter Kosmischer Strahlung? Man kann vermuten, dass bei erhöhter Kosmischer Strahlung besonders mehr tiefe Bewölkung (Hochnebel) entsteht, aus der aber kein oder nur unbedeutender Niederschlag (Sprühregen, Schneegriesel) fällt – entscheidend für das Niederschlagsaufkommen ist aber die Art und Menge der Mittelhohen Bewölkung in etwa 2.000 bis 4.000 Metern Höhe. Und warum fehlen merkliche Zusammenhänge im Frühling und Sommer? Da könnten Austrocknungseffekte durch geänderte Landnutzung und die Luftreinhaltemaßnahmen, welche die Sonnenscheindauer stark erhöhten, mögliche Zusammenhänge verwischt haben. Ohnehin dominieren im Sommerhalbjahr konvektive Prozesse, deren chaotisches Verhalten bei der Wolken- und Niederschlagsentwicklung jedem selbst noch so erfahrenen Wetter-Prognostiker immer wieder ein Schnippchen schlägt – mögliche Zusammenhänge werden da quasi vom Zufall „weggewischt“.

Kosmische Strahlung und Großwetterlagenhäufigkeiten

Wie schon bei der Abbildung 1, werden im Folgenden monatsweise Analysen verendet, weil diese detailliertere Untersuchungen erlauben; außerdem musste dabei stets in Anomalien umgerechnet werden, weil sonst viele Größen, man denke nur an die Lufttemperaturen, sonst nicht vergleichbar sind. In den vergangenen Jahren häuften sich immer wieder so genannte Meridionale Lagen, welche zu Extremwetter neigen, weil bei ihnen, abweichend zur vorherrschenden Westdrift, die Luftmassen entlang der Längenkreise entweder aus nördlichen

oder südlichen Regionen oder aus dem kontinental geprägten Osteuropa/Westasien („Ostwetterlagen“) nach Deutschland strömen. Schon ein Blick auf dieses freilich sehr große Wetterlagen-Cluster mit 18 Großwetterlagen zeigt einen groben Zusammenhang zur Kosmischen Strahlung – je höher deren Intensität (wie auch momentan), desto häufiger treten diese Lagen tendenziell auf:

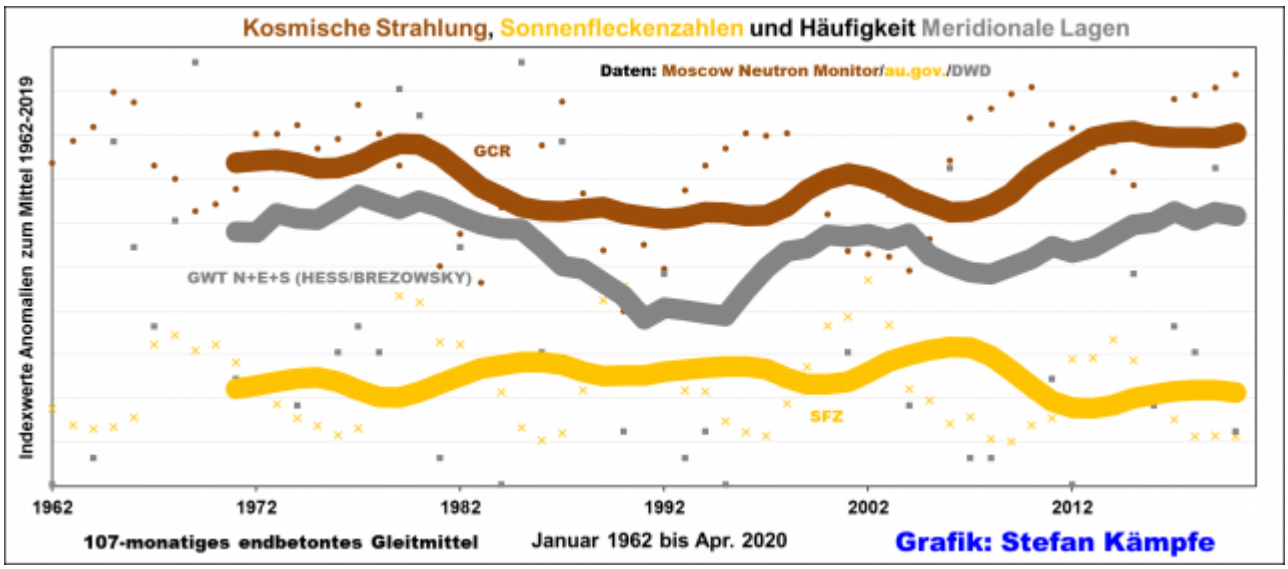

Abbildung 4: Tendenziell häufiger Meridionale Lagen bei erhöhter Kosmischer Strahlung. Zur Orientierung ist hier die Entwicklung der Sonnenfleckenzahlen nochmals mit dargestellt. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Ein noch deutlicherer, signifikanter Zusammenhang ergibt sich bei Betrachtung nur bestimmter Wetterlagen aus dieser Gruppe, und zwar der Lagen mit Hohem Luftdruck über dem Nordmeer, den beiden Troglagen sowie den zyklonalen Nordost-, Hoch Nordmeer/Fennoskandien- und Südostlagen:

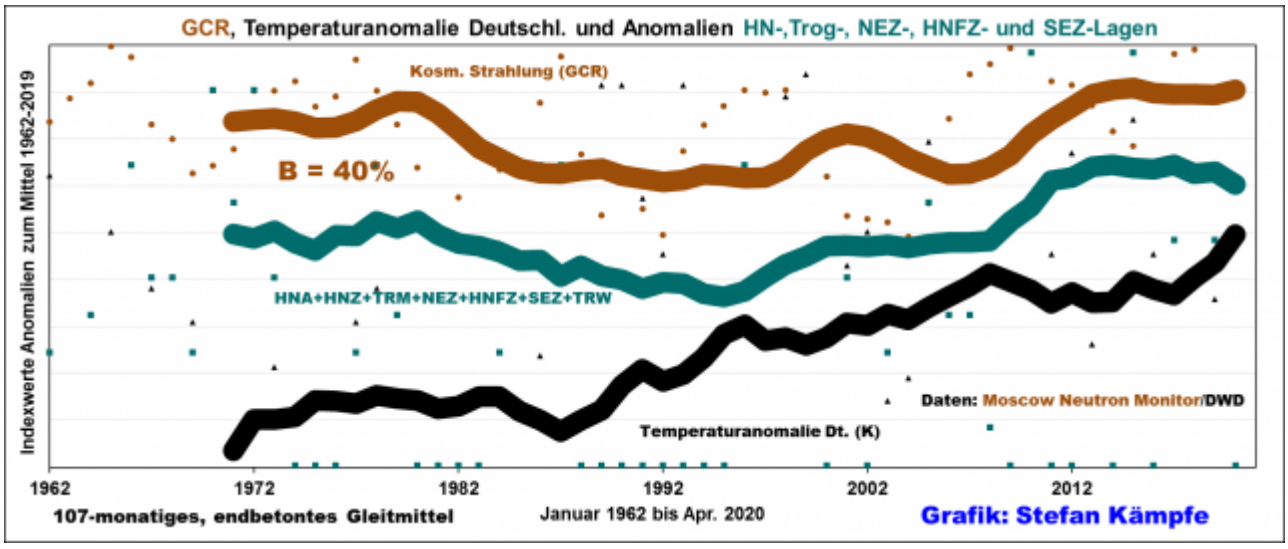

Abbildung 5: Die Variabilität der Häufigkeit bestimmter Großwetterlagen aus der Meridionalen Gruppe wird zu 40% von der Intensität der Kosmischen Strahlung bestimmt. Es handelt sich dabei um solche mit einem hohen Luftdruck über dem Nordmeer, der manchmal bis nach Skandinavien reicht, um die Troglagen über Mittel- und Westeuropa sowie die

zyklonalen Nordost- und Südostlagen. Die Entwicklung der Lufttemperatur-Anomalien (DWD-Deutschlandmittel) wurde mit dargestellt; weil diese Wetterlagen in den einzelnen Jahreszeiten sehr unterschiedliche Temperaturanomalien erzeugen, ist kein eindeutiger Zusammenhang erkennbar; außerdem „steckt“ in ihnen der in Deutschland wachsende Wärmeinsel-Effekt. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Da es sich bei den beeinflussten Wetterlagen um solche handelt, die in negativen NAO-Phasen auftreten, bietet sich ein Blick auf den Zusammenhang zwischen NAO und Kosmischer Strahlung geradezu an. Er ist nicht signifikant negativ, aber trotzdem erkennbar:

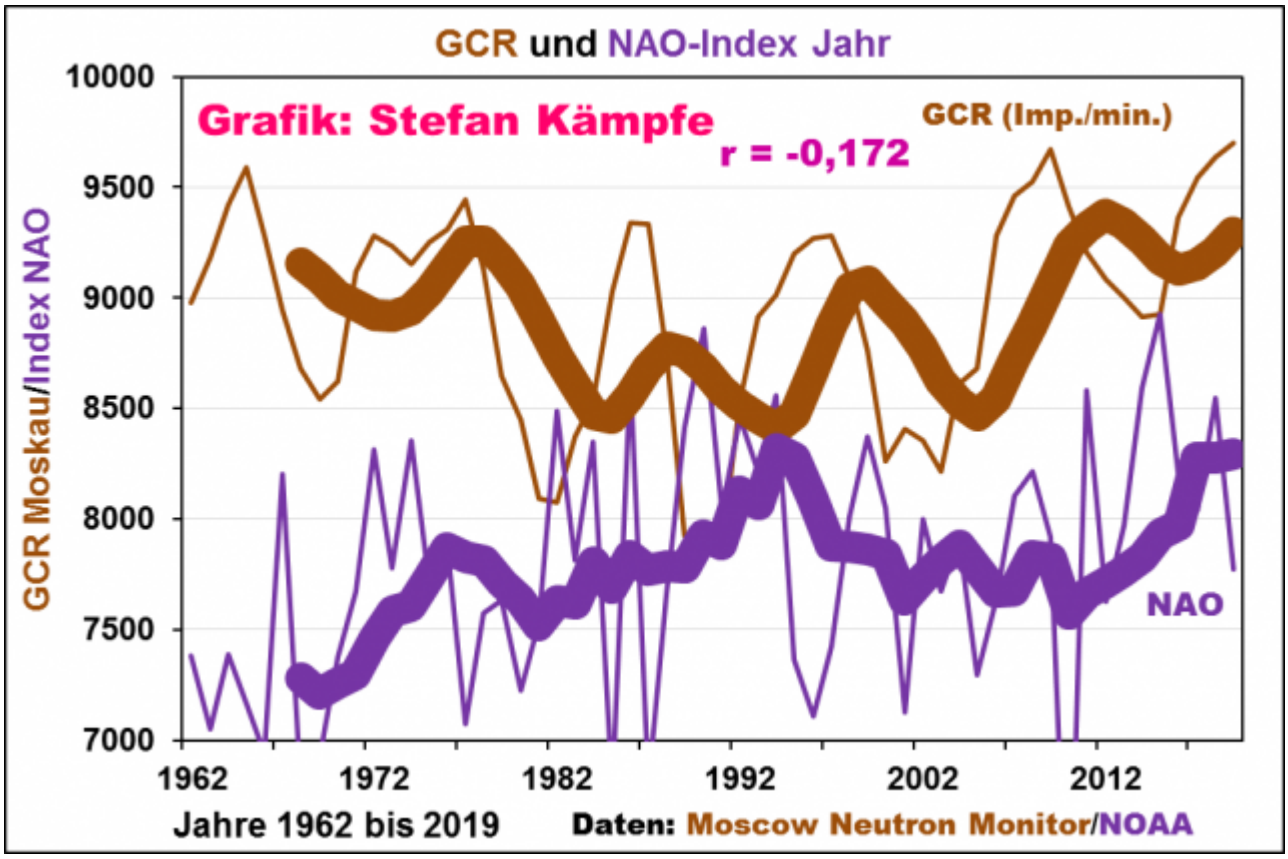

Abbildung 6: Tendenziell niedrigere NAO-Werte in Phasen erhöhter Kosmischer Strahlung (Zusammenhang nicht signifikant). Die NAO-Werte mussten in Indexwerte umgerechnet werden, um sie mit der GCR in einer Grafik veranschaulichen zu können.

Für die langfristige Temperaturentwicklung in Deutschland ist die Höhenlage der 500-hPa-Fläche von Bedeutung – je höher sie liegt, desto wärmer ist es tendenziell, von wenigen Inversionswetterlagen abgesehen, in bodennahen Luftschichten. Die Höhenlage der 500-hPa-Fläche stieg in den letzten Jahrzehnten stark an, was den Temperaturanstieg in Deutschland erklärt, doch scheint der Anstieg in Phasen mit erhöhter Kosmischer Strahlung gebremst zu werden:

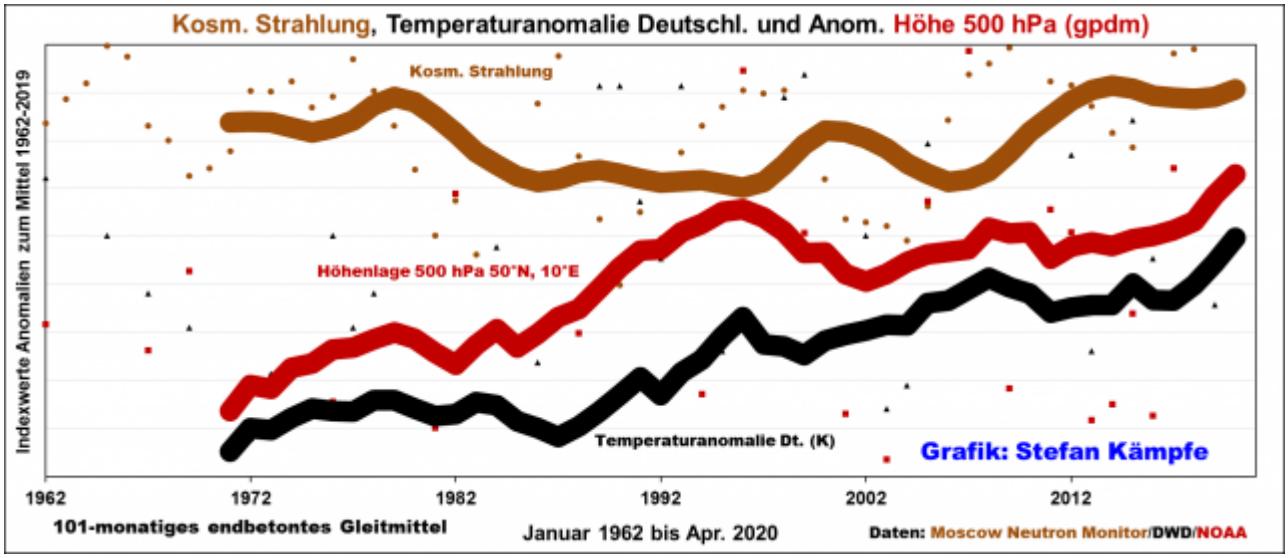

Abbildung 7: Enge „Verzahnung“ zwischen der Höhenlage der 500-hPa-Fläche über Deutschland und der Temperaturentwicklung in Deutschland seit 1962, doch gebremster Anstieg in Phasen mit erhöhter Kosmischer Strahlung. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Doch was könnte nun verantwortlich für die massive Anhebung der 500-hPa-Fläche und der damit steigenden Lufttemperaturen in Deutschland sein? Eine mögliche Ursache ist die AMO; sie beeinflusst besonders im April und von Juni bis November die deutschen Temperaturverhältnisse und auch die Häufigkeitsverhältnisse bestimmter Großwetterlagen:

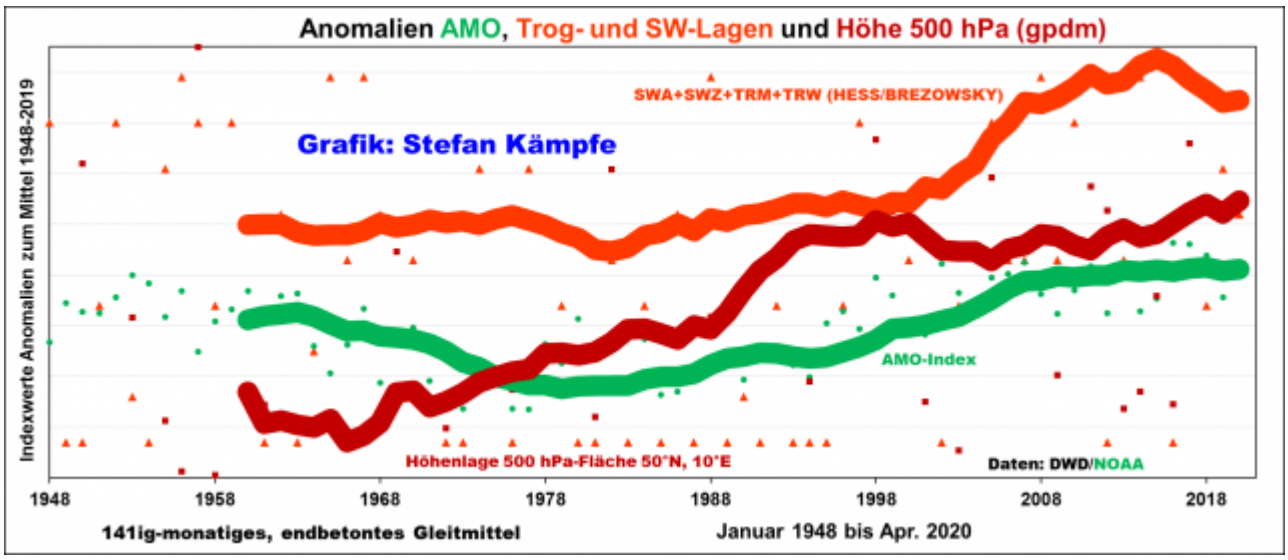

Abbildung 8: In AMO-Warmphasen scheint die 500-hPa-Fläche über Deutschland höher zu liegen; außerdem häufen sich dann Trog- und Südwestlagen. Werte der 500-hPa-Fläche ab 1948 verfügbar. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Als weitere Ursache kommt die seit Jahrzehnten steigende Sonnenscheindauer ernsthaft in Betracht – doch auch sie könnte zumindest teilweise von der AMO beeinflusst werden; ein Zusammenhang zur Kosmischen Strahlung ist hingegen nicht eindeutig erkennbar, aber auch nicht auszuschließen:

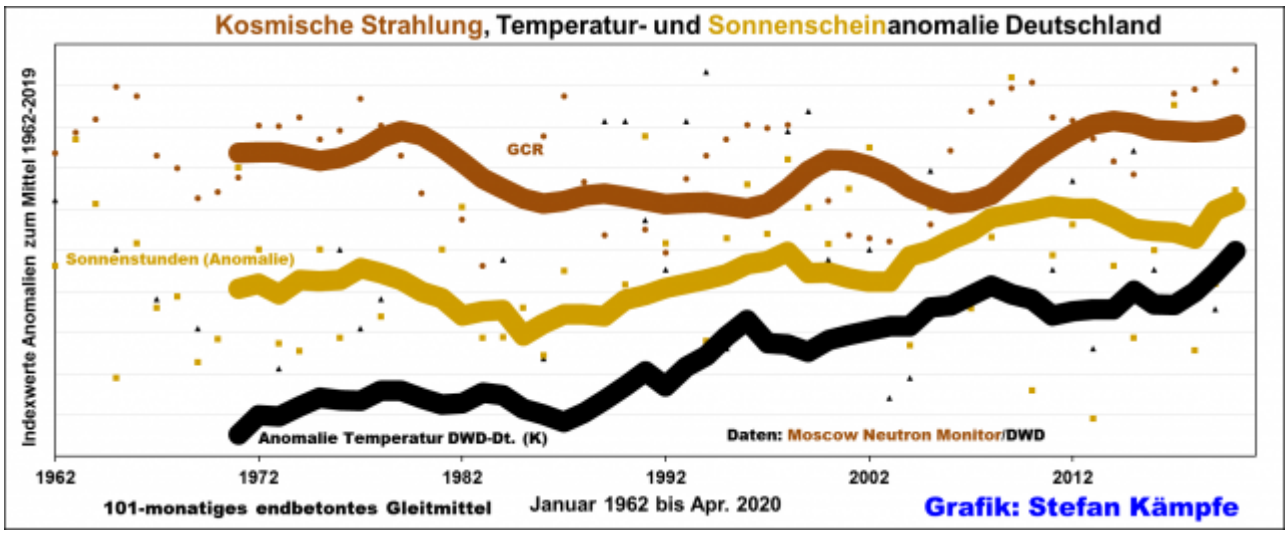

Abbildung 9: Mit der steigenden Sonnenscheindauer stiegen die Lufttemperaturen in Deutschland – eine Beeinflussung durch die Intensität der Kosmischen Strahlung ist nur minimal erkennbar. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Weil die Daten des DWD-Flächenmittels der Sonnenscheindauer immerhin bis 1951 zurückreichen, bot sich die Errechnung eines zentralen Gleitmittels zusammen mit Temperatur- und AMO-Anomalie und der Häufigkeitsanomalie der insgesamt leicht kühlend wirkenden Nord- und Ostwetterlagen an:

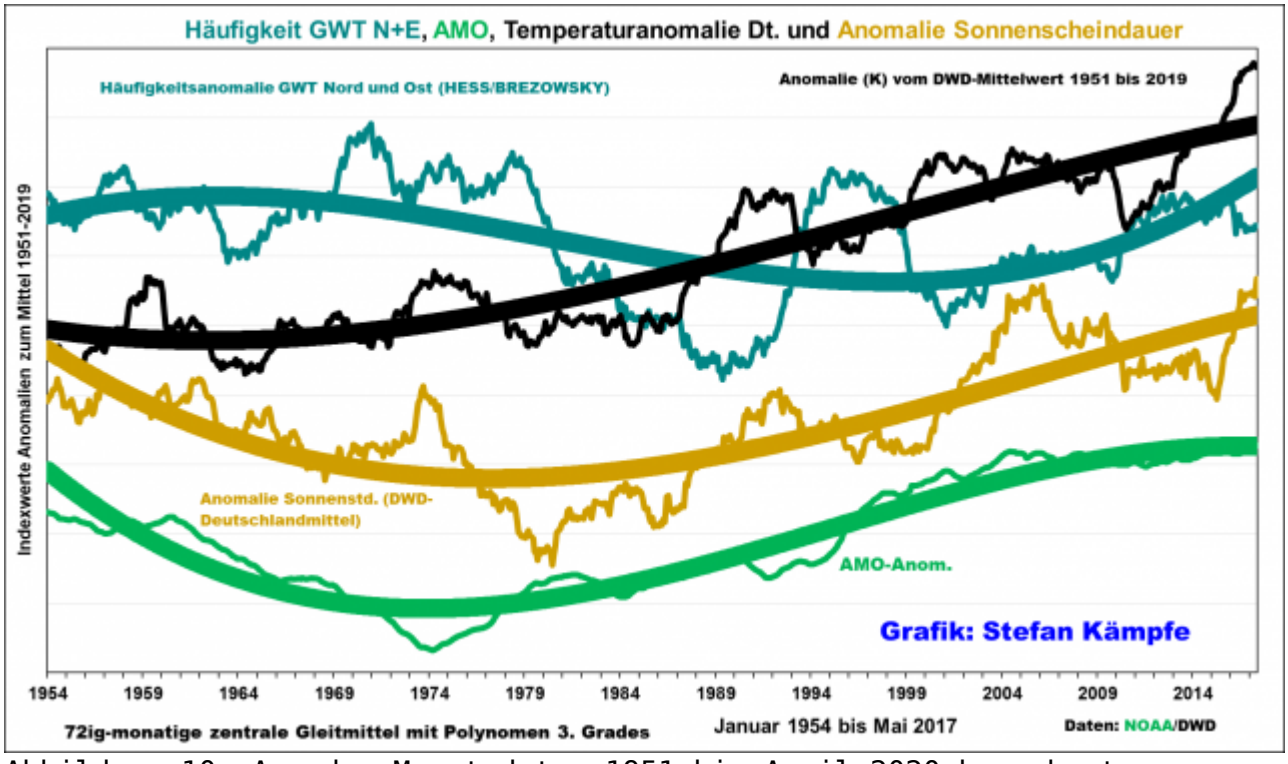

Abbildung 10: Aus den Monatsdaten 1951 bis April 2020 berechnete zentrale, 72-monatige Gleitmittel für die Anomalien der Lufttemperatur (DWD-Flächenmittel), der Häufigkeit der Nord- und Ostlagen, der Sonnenscheindauer und der AMO. Diese wurden, um keine weitere Zeit zu verlieren, nochmals polynomisch geglättet. Man erkennt zwei markante Erwärmungsphasen um 1990 und in den 2010er Jahren, welche mit einer merklichen Zunahme der Besonnung einhergingen; in der ersten erreichte außerdem die Häufigkeit der Nord- und Ostlagen ihr Minimum. Vor allem

die Sonnenscheindauer, grob auch die Temperaturanomalien, folgen, teils leicht verzögert, der AMO – AMO-Warmphasen sind in Deutschland tendenziell sonniger und wärmer. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Die Sonnenscheindauer wird auch von anderen Faktoren beeinflusst; ihr Minimum fällt mit dem Höhepunkt der Luftverschmutzung in den späten 1960er bis frühen 1980er Jahren zusammen; weitergehende Informationen zur Sonnenscheindauer hier https://eike.institute/2020/05/02/immer-mehr-aprilsonne-ueber-deutschland-fakten-und-hintergruende/

Langfristige Betrachtungen bis ins 19. Jahrhundert zurück

Zwar sind langfristig nur die Sonnenfleckenzahlen verfügbar, doch zeigen sich auch hier merkliche Einflüsse auf die Häufigkeitsverhältnisse bestimmter Großwetterlagen, die teilweise in den Signifikanzbereich reichen. Die zwei auffälligsten seien im Folgenden dargestellt:

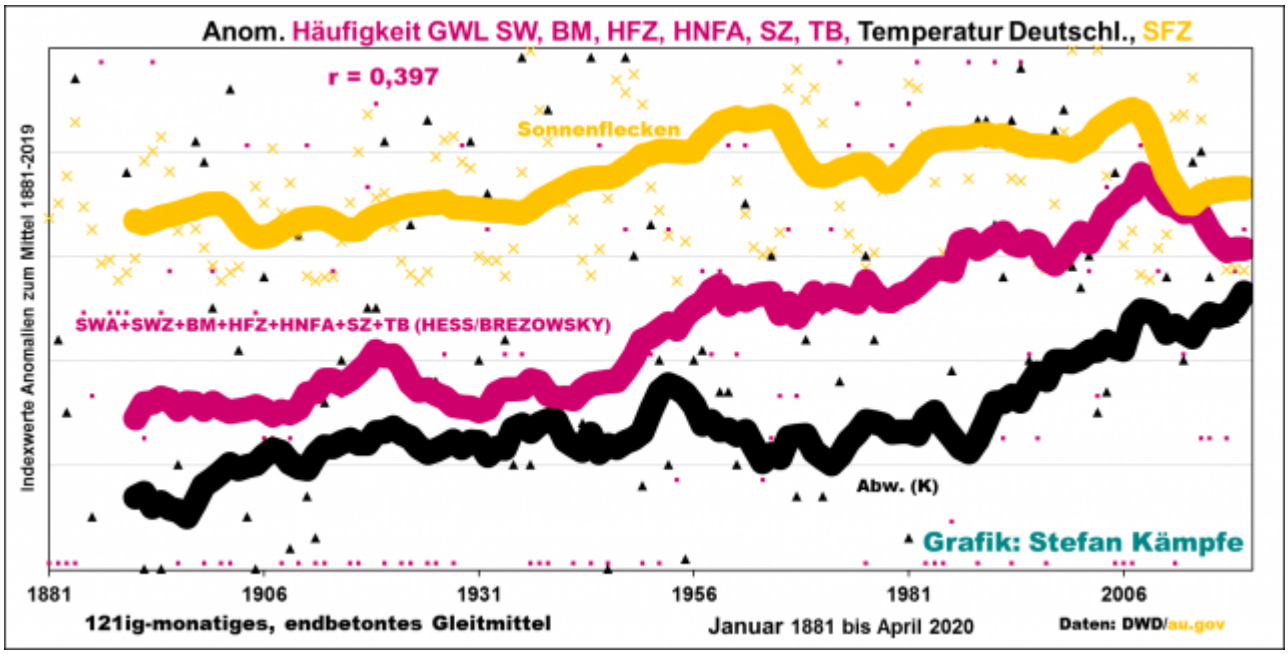

Abbildung11: Tendenziell mehr Südwest-, Hochdruckbrücken-, Skandinavienhoch-, zyklonale Süd- und Tief Britische Inseln-Lagen in Zeiten mit hoher Sonnenaktivität (viele Sonnenflecken). Die meisten dieser Lagen wirken außerdem erwärmend; nur die skandinavischen Hochdrucklagen sind winterkalt. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

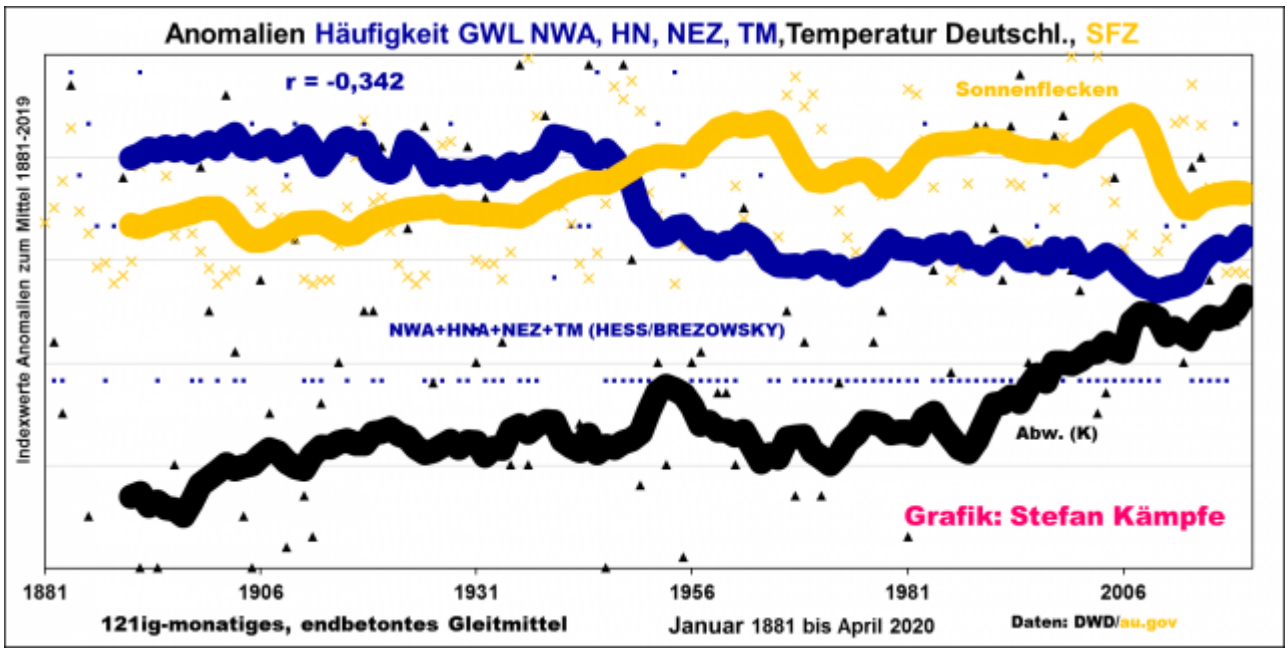

Abbildung12: Tendenziell weniger antizyklonale Nordwest-, Hoch Nordmeer-, zyklonale Nordost- und Tief Mitteleuropa-Lagen in Zeiten mit hoher Sonnenaktivität (viele Sonnenflecken). Alle diese Lagen wirken außerdem insgesamt mehr oder weniger kühlend. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Auch ein gewisser Einfluss der Sonnenaktivität auf die Niederschlagsmenge ist grob erkennbar; Zeiten mit inaktiver Sonne fallen tendenziell trockener aus:

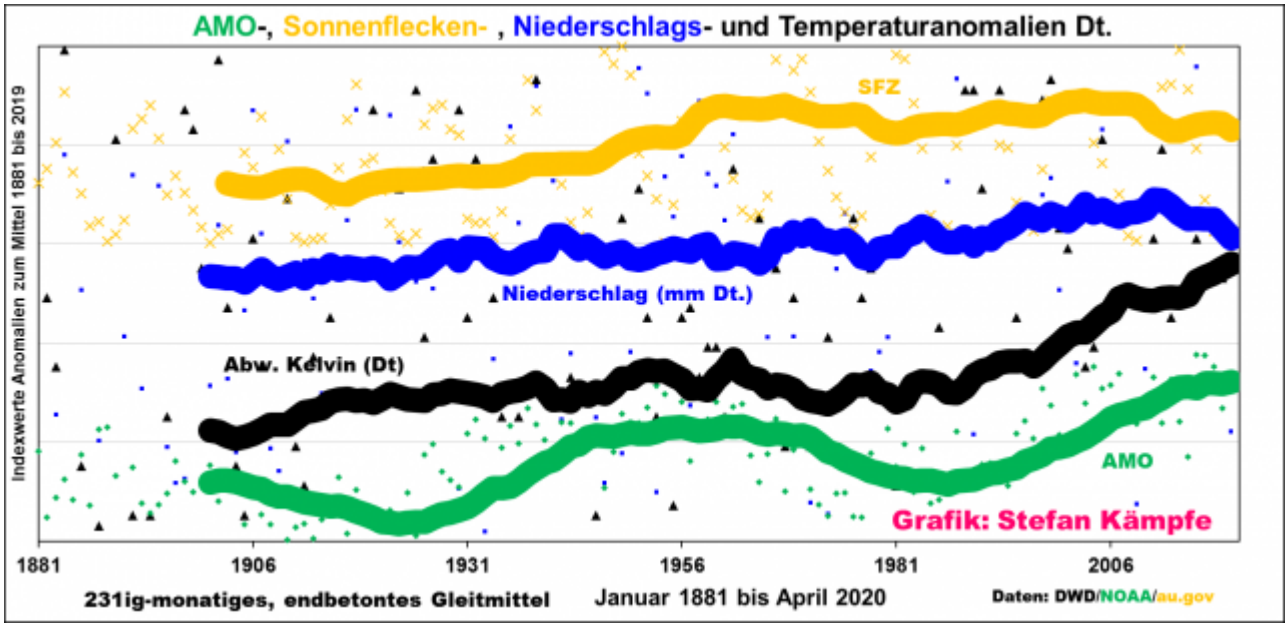

Abbildung 13: Insgesamt mehr Niederschläge bei höherer Sonnenaktivität. Die AMO ist zur Orientierung mit abgebildet. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Abschließend werfen wir noch einen Blick auf eine wegen ihrer Häufigkeitsentwicklung und ihrer starken Erwärmungswirkung besonders auffällige Wetterlagengruppe – die Südwestlagen und den Trog über Westeuropa. Diese seit der Mitte des 20. Jahrhunderts massiv häufiger werdenden drei

Wetterlagen sind neben einer deutlich zunehmenden Sonnenscheindauer und den wachsenden Wärmeinseleffekten eine wesentliche Ursache der Erwärmung in Deutschland:

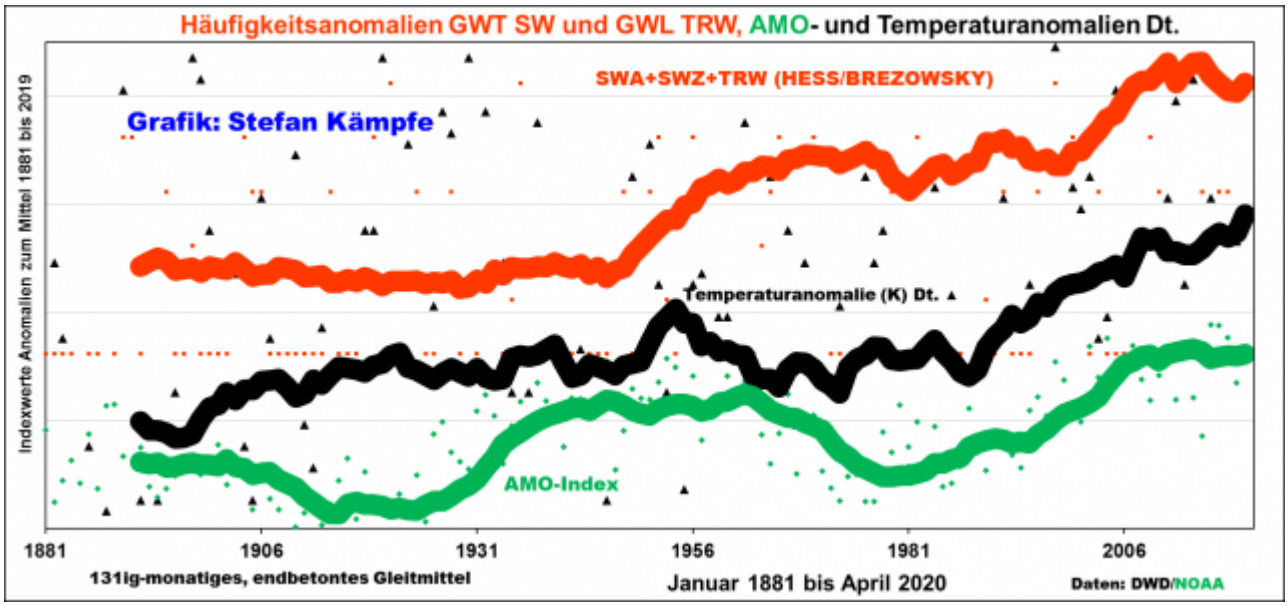

Abbildung 14: Mehr Südwest- und Trog über Westeuropa-Lagen seit der Mitte des 20. Jahrhunderts. Besonders am Ende der AMO-Warmphasen scheinen diese gehäuft aufzutreten. Die sehr unterschiedlichen Größen mussten, um sie in einer Grafik darstellen zu können, in Indexwerte umgerechnet werden.

Mehr Extremwetter im 21. Jahrhundert?

Alle Untersuchungsergebnisse deuten in die gleiche Richtung: In Phasen geringerer Sonnenaktivität häufen sich Extremwetterlagen, Niederschläge fallen unregelmäßiger, es gibt abruptere Schwankungen zwischen sehr warmen und sehr kalten Phasen – alles Phänomene, die wir schon ab den frühen 2000er, besonders aber ab den 2010er Jahren, gehäuft erlebt haben. Entscheidend ist nun die weitere, freilich nur schwer abschätzbare Entwicklung der solaren Aktivität. Die meisten Prognosen gehen von einem ähnlich schwachen oder noch schwächeren 25. Sonnenfleckenzyklus im Vergleich zum aktuell endenden 24. Zyklus aus:

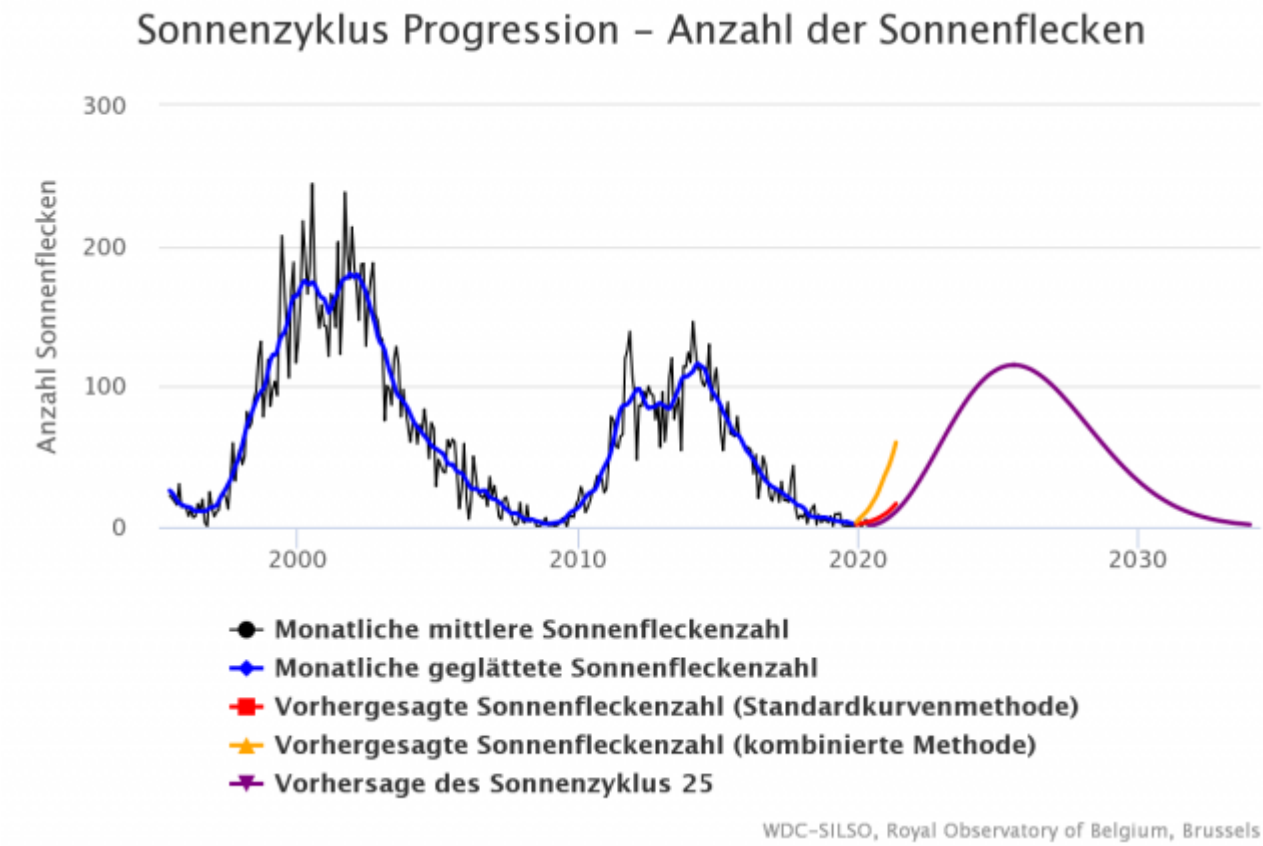

Abbildung 15: Dem aktuell endenden, sehr schwachen Sonnenfleckenzyklus 24 könnte ein ähnlich schwacher 25. Zyklus folgen, der momentan schon begonnen hat – doch sind solche Prognosen stets mit Vorsicht zu betrachten. Bildquelle

Ähnliches sieht auch der amerikanische Wetterdienst NOAA vorher – kein neues Maunder-Minimum, aber einen relativ schwachen 25. Sonnenfleckenzyklus.

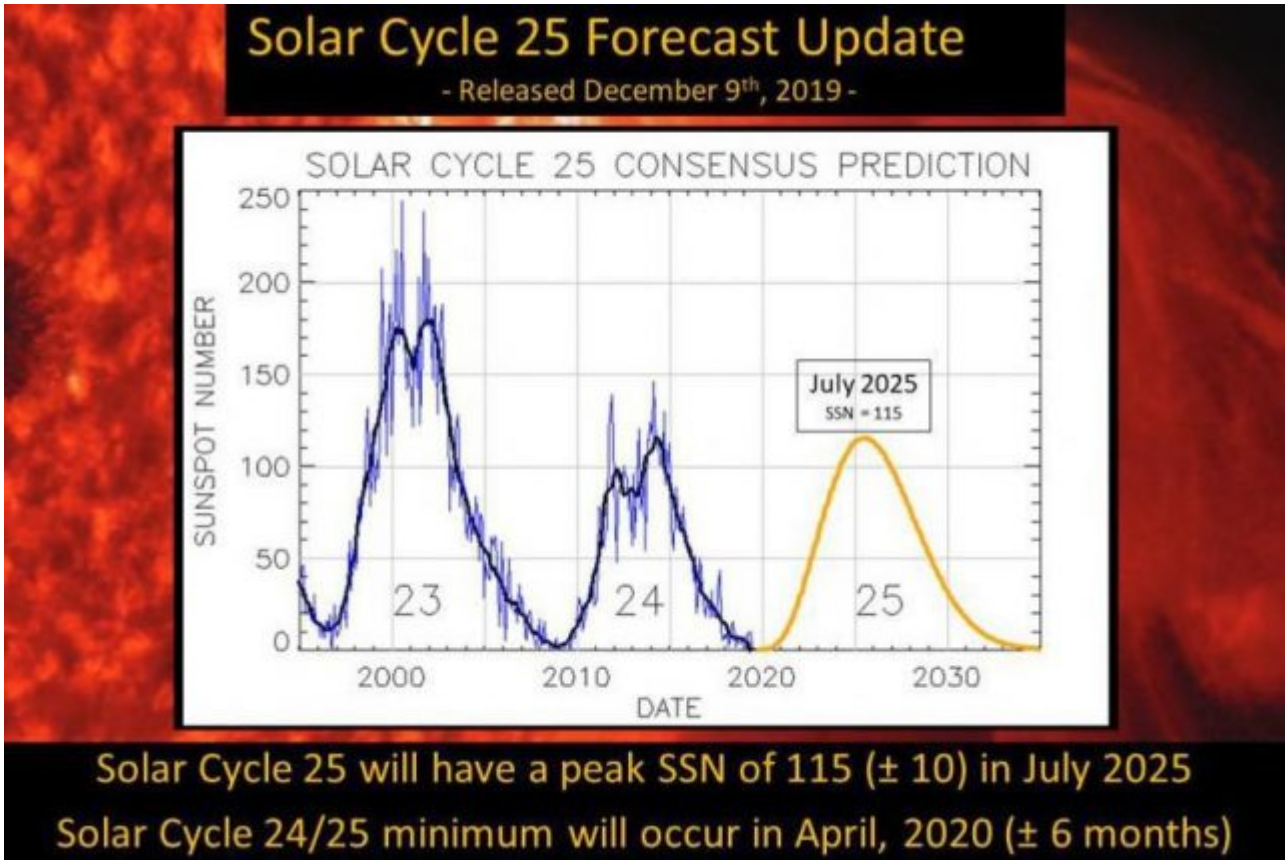

Abbildung 16: Gemeinsame Vorhersage für den Sonnenfleckenzyklus 25 von NOAA und NASA vom 9. Dezember 2019. Ähnliche Ergebnisse wie in Abb. 15. Bildquelle

Die gute Nachricht wäre das Ausbleiben eines neuen „Maunder-Minimums“ mit all seinen negativen Konsequenzen. Trotzdem dürften auch die 2020er Jahre eher zu Extremwetter neigen. Welche Rolle dabei Coronale Löcher auf der Sonne spielen, welche (mit hoher Wahrscheinlichkeit) die überlangen Schönwetterperioden der vergangenen Jahre mit verursacht haben, bedarf noch einer Klärung. Und was nach 2030 passiert, steht buchstäblich in den Sternen.