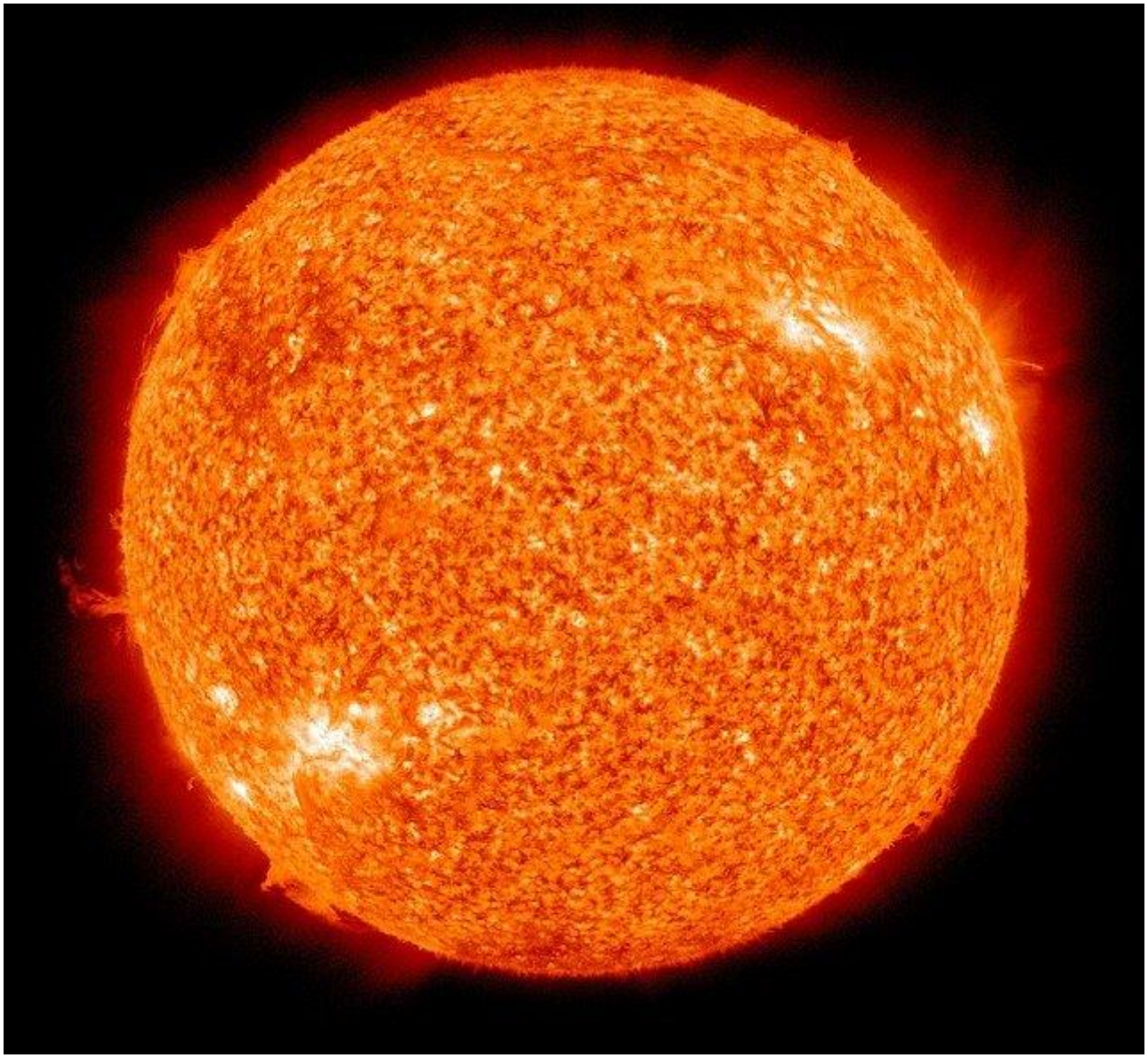

Signifikanter Einfluss der Sonnenaktivität auf die Dürre 2018 und 2019

27. Juni 2021 von Kalte Sonne

Mit Hilfe der neu entdeckten Wechseljahre des 22-jährigen Hale-Zyklus der Sonne ist der Einfluss der Sonnenaktivität auf Wettertrends einfacher nachweisbar als mit der bisherigen alleinigen Konzentration auf den 11-Jahres-Zyklus.

Von Dr. Ludger Laurenz

Zusammenfassung:
Die Erforschung des Zusammenhanges zwischen Sonnenaktivität und Wettertrends macht große Fortschritte. Durch Einbeziehung des 22-jährigen Sonnenzyklus (Hale-Zyklus) kann solarer Einfluss in historischen Klima- und Wetterdaten zuverlässiger nachgewiesen werden als mit der bisherigen alleinigen Konzentration auf den 11-jährigen Schwabe-Zyklus. Die Sonne durchläuft wie bei einem Uhrwerk alle 22 Jahre einen Aktivitätszyklus, der mit Wettertrends korreliert und dafür sorgt, dass sich bestimmte Trends nach etwa 22 Jahren wiederholen. Der Schlüssel für die Aufdeckung des solaren Einflusses ist die Bestimmung der Wechseljahre, in denen die einzelnen Hale-Zyklen enden und neu beginnen. Wechseljahre seit 1900 sind 1903, 1926, 1946, 1968, 1988 und 2011 (2).
In einer vor kurzem erschienenen wegweisenden Publikation von Leamon et al. betrachten die Autoren die 22-jährigen Hale-Zyklen und weisen solaren Einfluss auf die

Wassertemperatur des tropischen Pazifik nach (1).Mit Hilfe der Hale-Zyklen kann eine signifikante Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und der Wintertemperatur in der Polarnacht von Norwegen, der Frühjahrstemperatur in England und der Sommertemperatur in Deutschland belegt werden (2). Mit Hilfe des Hale-Zyklus gelingt der Nachweis einer signifikanten Korrelation zwischen der Niederschlagssumme im Juni und der Sonnenaktivität. Signifikanter solarer Einfluss zeigt sich auch in der Jahresniederschlagssumme und dem Auftreten von Dürre in Deutschland. Anhand der Dürremonitorbilder des UFZ in Leipzig wird offensichtlich, dass die Wahrscheinlichkeit von Sommerdürre in der ersten Hälfte des Hale-Zyklus wesentlich größer ist als in der zweiten Hälfte. Das größte Risiko für extremen Niederschlagsmangel kombiniert mit hoher Sonnenscheindauer und dadurch verursachter Hitze besteht in den Hale-Zyklusjahren 8 und 9. Zu diesen Zyklusjahren zählen 2018 und 2019.
Der solare Einfluss auf die Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer ermöglicht mehrjährige Langfristprognosen mit vielfältigem Nutzen, am ehesten für die Land- und Forstwirtschaft, aber auch für die Stromproduktion mit Sonne oder Wasserkraft, für die Bauindustrie oder für die Versicherungswirtschaft. Mit Hilfe der neu entdeckten Wechseljahre der Hale-Zyklen kann weltweit in allen Klimazonen solarer Einfluss nachgewiesen werden. Jeder kann in den nächsten Monaten und Jahren mit Hilfe der Wechseljahre des Hale-Zyklus und relativ einfacher Rechenvorgänge in historischen Wetterdaten oder auch physikalischen Messdaten der gesamten Atmosphäre nach solarem Einfluss suchen und den Einfluss für Vorhersagen nutzen.

Wir müssen in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten aufgrund des prognostiziert niedrigen Niveaus der Sonnenaktivität mit häufigeren lang andauernden Trockenperioden rechnen.

Einleitung:
In der Wissenschaft wird intensiver den je über den Anteil der Sonnenaktivität an Klimaveränderungen und Wettereinflüssen diskutiert. Für einen regelrechten Aufschwung beim Nachweis des solaren Einflusses auf Wettertrends und schließlich das Klima sorgt eine vor wenigen Monaten erschienene Publikation von Leamon et al., in der eine hoch signifikante Korrelation des 22-jährigen Hale-Zyklus mit der El Nino/La Nina-Dynamik im tropischen Pazifik nachgewiesen wird *(1).* Schlüssel für die Aufdeckung des solaren Einflusses ist die Bestimmung der Wechseljahre zwischen den einzelnen Hale-Zyklen. Mit den Wechseljahren können relativ leicht Korrelationen zwischen der Sonnenaktivität und historischen Wetterdaten aufgedeckt werden, wie zum Beispiel der signifikante Einfluss der Sonnenaktivität auf die Wintertemperatur in der Polarnacht von Skandinavien oder auf die Frühjahrs- und Sommertemperatur in Mittel- und Westeuropa. Dazu ist vor kurzem ein Beitrag in kaltesonne.de erschienen. Darin werden die Grundlagen beschrieben, mit denen die Wechseljahre der Hale-Zyklen bestimmt werden (2).
Die Basis der neuen Forschungsergebnisse bildet der 22-jährige Hale-Zyklus der Sonne, der sich aus zwei 11-jährigen Zyklen zusammensetzt. Erst in den letzten Monaten setzt sich die Erkenntnis durch, dass sich diese beiden 11-jährigen Zyklen unterscheiden und asymmetrisch verlaufen. Vor wenigen Wochen erschien unter Leitung von M.J. Owens eine Publikation mit der Aussage: *„Schließlich berichten wir über den Unterschied im Auftreten geomagnetischer Stürme während gerader und ungerader 11-jährigen Sonnenzyklen, wobei sich die Ereignisse in geraden Zyklen früher und in ungeraden Zyklen später häufen* (3).
Die Asymmetrie zwischen den beiden 11-jährigen Zyklen spiegelt sich im Trend der Anzahl der Sonnenflecken wider, s. Abbildung 1.

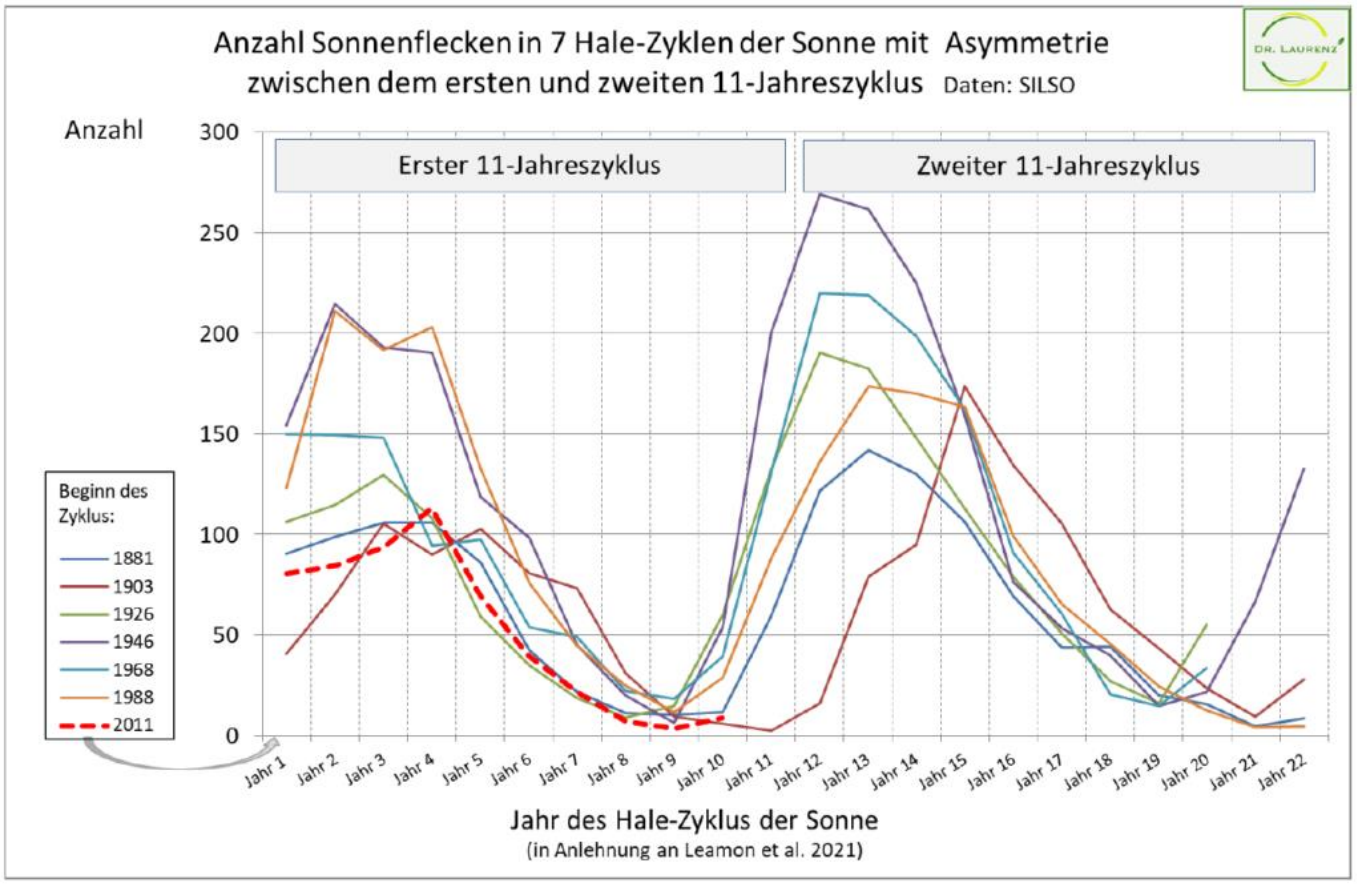

Abbildung 1: Anzahl Sonnenflecken während des Hale-Zyklus seit 1881 mit Asymmetrie zwischen dem ersten und zweiten 11-Jahreszyklus
Die Anzahl der Sonnenflecken liegt im zweiten 11-Jahreszyklus in fünf von sechs Hale-Zyklen höher als im ersten 11-Jahreszyklus.

Solarer Einfluss auf die Juni-Niederschlagssumme in Deutschland
Wie schon beim Temperaturtrend in Europa nachgewiesen (2), besteht auch im Trend der Niederschlagsaktivität solarer Einfluss. In Deutschland ist der Juni der Monat mit der auffälligsten und statistisch signifikanten Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und der Niederschlagssumme, s. Abbildung 2.

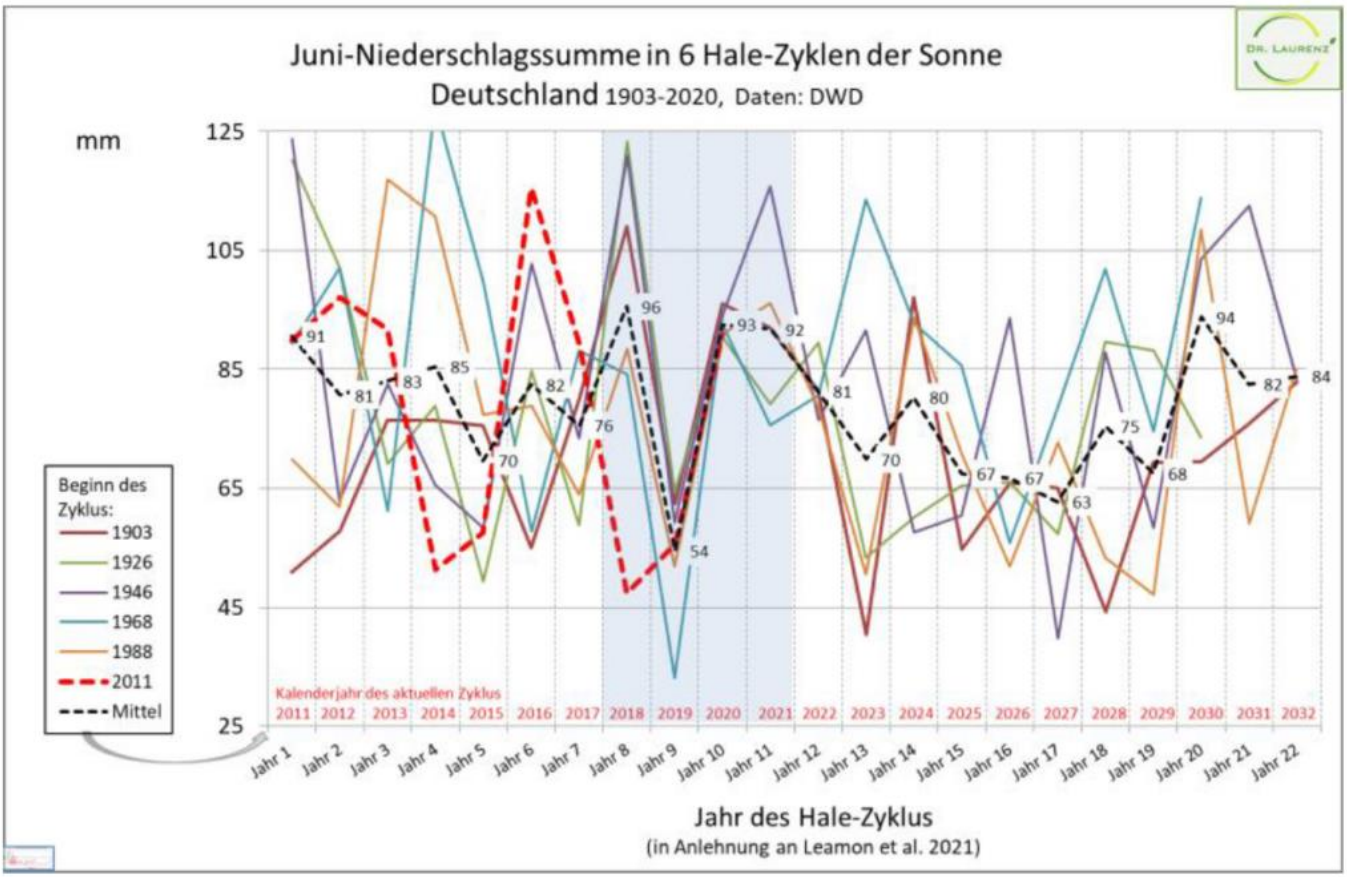

Abbildung 2: Juni-Niederschlagssumme in Deutschland während des Hale-Zyklus seit 1903

Die untere x-Achse kennzeichnet die 22 Jahre des Hale-Zyklus. Die an der X-Achse ergänzten roten Jahresangaben von 2011 bis 2032 dienen als Orientierung, um die aktuellen Kalenderjahre den einzelnen Jahren des Hale-Zyklus zuordnen zu können. Die Kurven beschreiben den Temperaturtrend innerhalb der 6 Hale-Zyklen, die seit 1903 entstanden sind. Die Jahreszahl des Beginns der jeweiligen Zyklen ist in dem Rahmen am linken Bildrand angegeben.

Phasen mit eher chaotischem Kurvenverlauf wechseln mit Phasen mit geordnetem Verlauf. Das Niederschlagsniveau liegt in der ersten Hälfte höher und fällt allmählich in der zweiten Hälfte um etwa 20 mm ab. In den Hale-Zyklusjahren 8 bis 11 verlaufen die Kurven gesetzmäßig einheitlich. Nur im rot gestrichelten aktuellen Zyklus schließt sich die Kurve erst im Zyklusjahr 9 dem Trend der anderen Kurven an. Ursache dafür ist vermutlich eine Anomalie in der Quasi-Biennalen Oszillation in der Stratosphäre über dem Äquator (4).
Der Wechsel des Niveaus der Niederschlagssumme im Mittel der Zyklen von Zyklusjahr 8 bis 10 ist mit etwa 40 mm beachtlich und weist auf einen starken Einfluss der Sonnenaktivität auf die Wolken- und Niederschlagsbildung hin. Ebenso gesetzmäßig, wie die Niederschlagssumme in den Zyklusjahren 8 bis 10 wechselt, wird in den Zyklusjahren 10 bis 12 ein überdurchschnittliches Niveau der Niederschlagssumme eingehalten. Die Einheitlichkeit des Kurventrends von Zyklusjahr 8 bis 12 kann kein Zufall sein.

Wenn hier auch kein statistischer Nachweis erfolgt, kann behauptet werden, dass in dieser Phase des Hale-Zyklus in Deutschland eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und der Niederschlagssumme im Juni besteht. Wegen der Korrelation im Juni ist zu vermuten, dass die Sonnenaktivität auch in anderen Zeiträumen des Jahres die Niederschlagsaktivität beeinflusst. So zeigt sich das Sonnensignal in der Jahresniederschlagssumme.

Solarer Einfluss auf die Jahres-Niederschlagssumme in Deutschland
Auch in der Jahresniederschlagssumme in Deutschland ist solarer Einfluss zu erkennen, s. Abbildung 3.

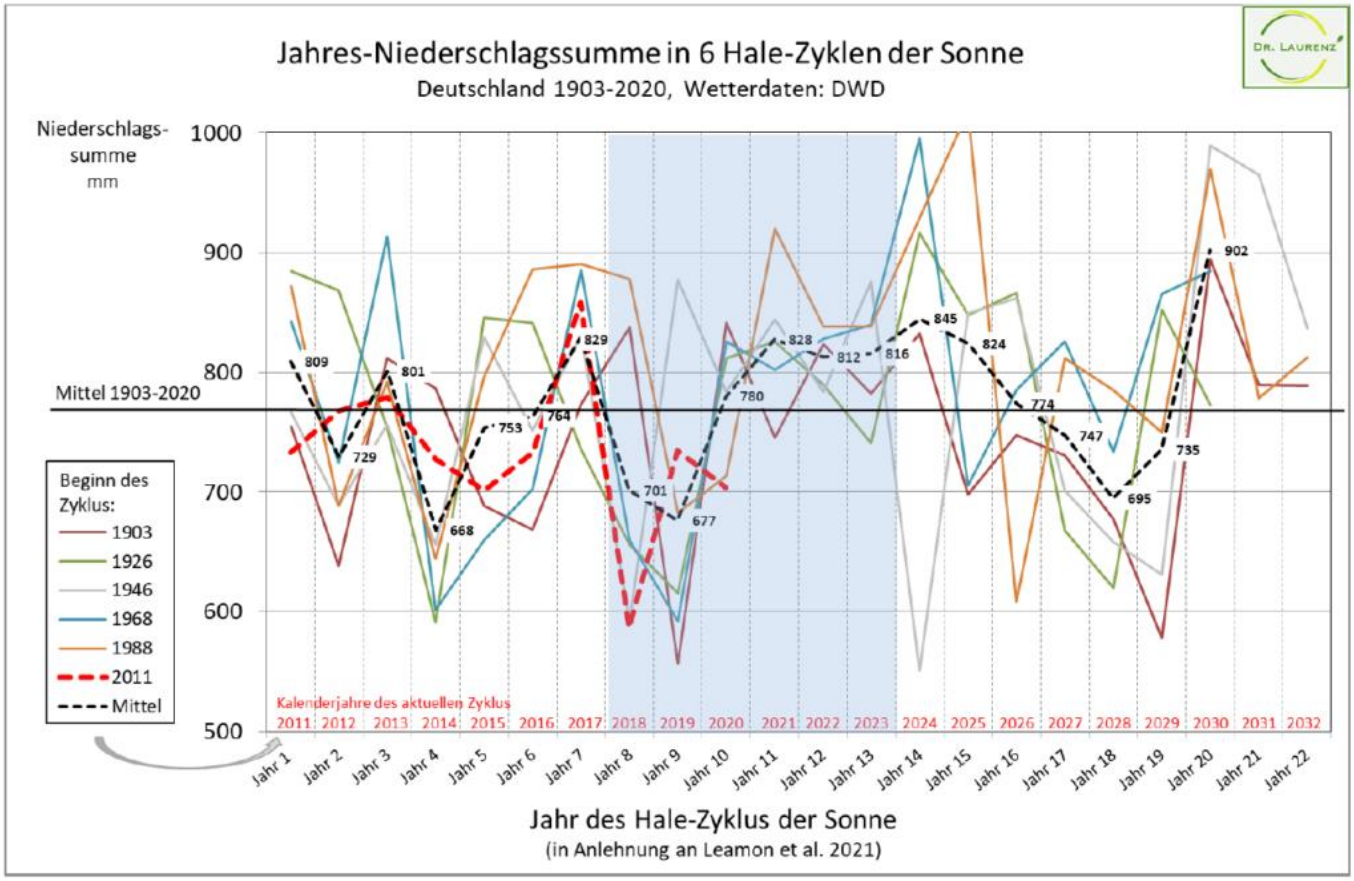

Abbildung 3: Jahres-Niederschlagssumme in Deutschland während des Hale-Zyklus seit 1903
Die sechs Kurven folgen innerhalb eines Korridors überwiegend einem gemeinsamen Trend. Es wechseln Einzeljahre und Phasen mit unter- und überdurchschnittlicher Niederschlagssumme. In der ersten Hälfte des Hale-Zyklus dominieren unterdurchschnittliche Niederschlagssummen, in der zweiten Hälfte sind die Niederschlagssummen meist überdurchschnittlich. Besonders auffällig und einheitlich ist der Trend der Niederschlagssumme in den Zyklusjahren 8 bis 13, s. grau hinterlegte Fläche. In den Zyklusjahren 8 und 9 besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine extrem niedrige Jahresniederschlagssumme. Zu diesen beiden Zyklusjahren zählen die aktuellen Kalenderjahre 2018 und 2019. Mit schon fast gesetzmäßiger Zuverlässigkeit steigt das Niveau der Niederschlagssumme nach einem Übergangsjahr im Zyklusjahr 10 auf überdurchschnittliche Summen in den Zyklusjahren 11 bis 13. Ab dem Zyklusjahr 14 sinkt die Niederschlagssumme in einem breiten Korridor tendenziell wieder ab, um danach im Zyklusjahr 20 spontan auf ein 200 mm höheres Niveau zu steigen.

Eine statistische Überprüfung der Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und der Jahresniederschlagssumme in Deutschland ist schwierig, weil der Frequenztest das Sonnensignal in der periodisch von Jahr zu Jahr wechselnden Niederschlagssumme unzureichend erfasst. Trotzdem kann aus dem einheitlichen Kurvenverlauf vom Zyklusjahr 8 bis 13 eine signifikante Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und der Jahresniederschlagssumme angenommen werden.

Solarer Einfluss auf die Sommer-Sonnenscheindauer in Deutschland

Solarer Einfluss zeigt sich in der Sonnenscheindauer deutlicher als in der Temperatur. Für die Sonnenscheindauer in Deutschland liegen Daten vom Deutschen Wetterdienst erst seit 1951 vor. Das erlaubt eine Trenddarstellung über drei vollständige Hale-Zyklen, s. Abbildung 4.

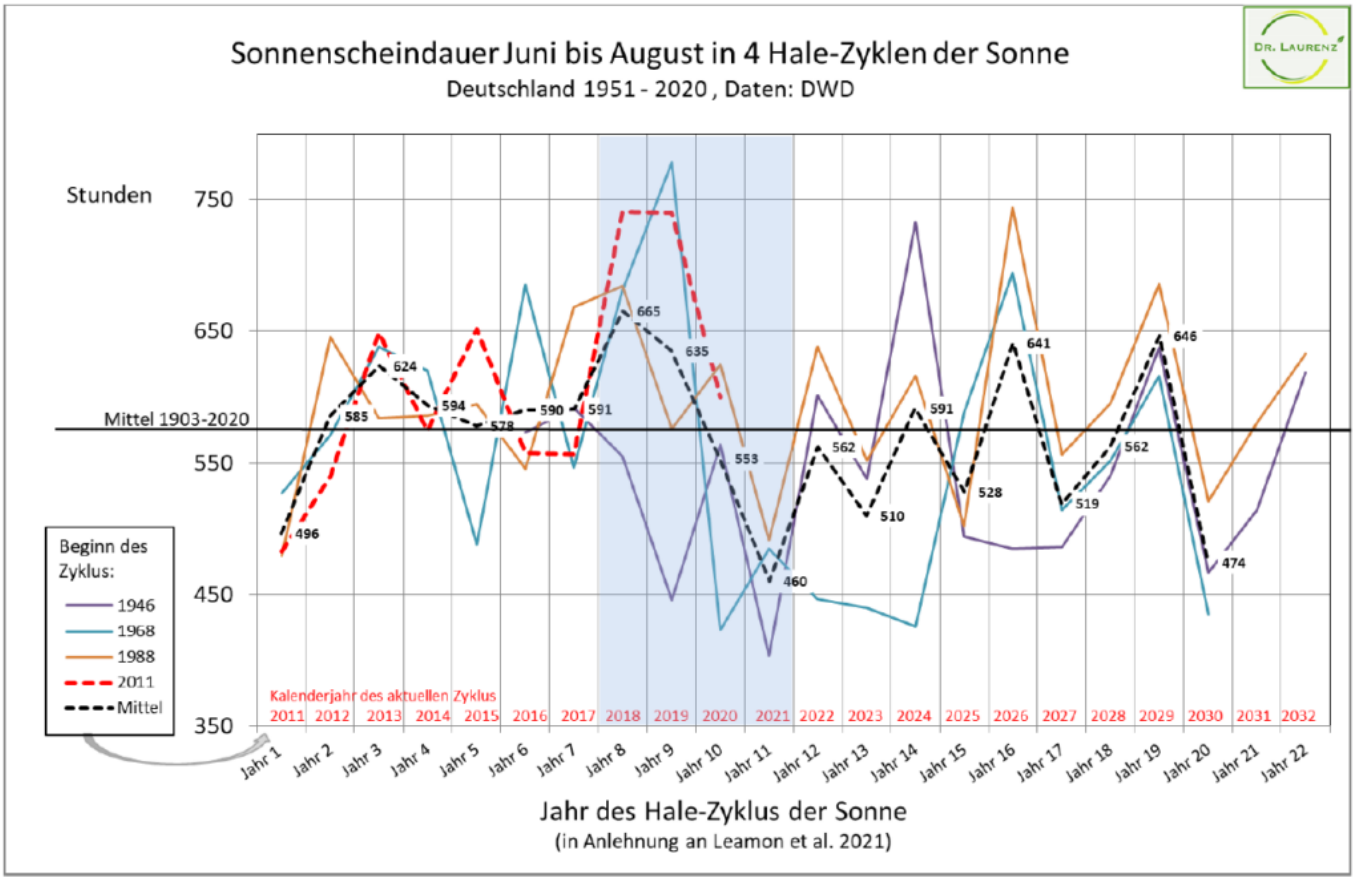

Abbildung 4: Sonnenscheindauer Juni bis August in Deutschland während des Hale-Zyklus seit 1951

Auch beim Trend der Sonnenscheindauer von Juni bis August wechseln sich Phasen mit chaotischem und eher einheitlichem Kurventrend ab. Die Sonnenscheindauer steigt einheitlich vom Zyklusjahr 1 in den sechs Folgejahren auf ein leicht überdurchschnittliches Niveau. In drei von vier Zyklen werden in den Zyklusjahren 8 und 9 hohe Werte erreicht. Danach sinkt die Sonnenscheindauer bis zum Zyklusjahr 11 auf das im Mittel der drei Zyklen niedrigste Niveau des gesamten Hale-Zyklus. Das Kalenderjahr 2021 zählt zum Zyklusjahr 11.

Nach bisher nur drei vollständigen Hale-Zyklen ist eine endgültige Bewertung des solaren Einflusses auf die Sonnenscheindauer im Sommer von Deutschland noch nicht möglich. Dennoch ist aus dem Kurventrend besonders in den Zyklusjahren 8 bis 12 zu vermuten, dass zwischen der Sonnenaktivität und der Sommer-Sonnenscheindauer eine Korrelation besteht. Sollte die Sonnenscheindauer auch in diesem Sommer 2021 unter den Durchschnitt fallen, wird aus der Vermutung statistische Signifikanz.

Solarer Einfluss auf das Auftreten von Sommer-Dürre in Deutschland

Die Ursache der durch lang anhaltende Sonnenscheindauer, Hitze und Niederschlagsdefizit ausgelöste Sommerdürre 2018 und 2019 in Deutschland war in letzter Zeit Thema vieler Diskussionen. Mit Hilfe des rund 22-jährigen Hale-Zyklus kann überprüft werden, ob die Dürren der letzten Jahre solar beeinflusst sind. Für die Überprüfung bieten sich die seit 1952 vorliegenden Dürremonitorbilder des Helmholtz-Zentrums Umweltforschung UFZ in Leipzig an (5). Die Dürremonitorbilder liefern flächendeckende **Informationen zum**

Bodenfeuchtezustand bis 1,80 m Tiefe als Mittel von April bis Oktober, s. Abbildung 5. Je intensiver die Braunfärbung in den folgenden Bildern ist, umso länger und tiefer waren die Böden ausgetrocknet.

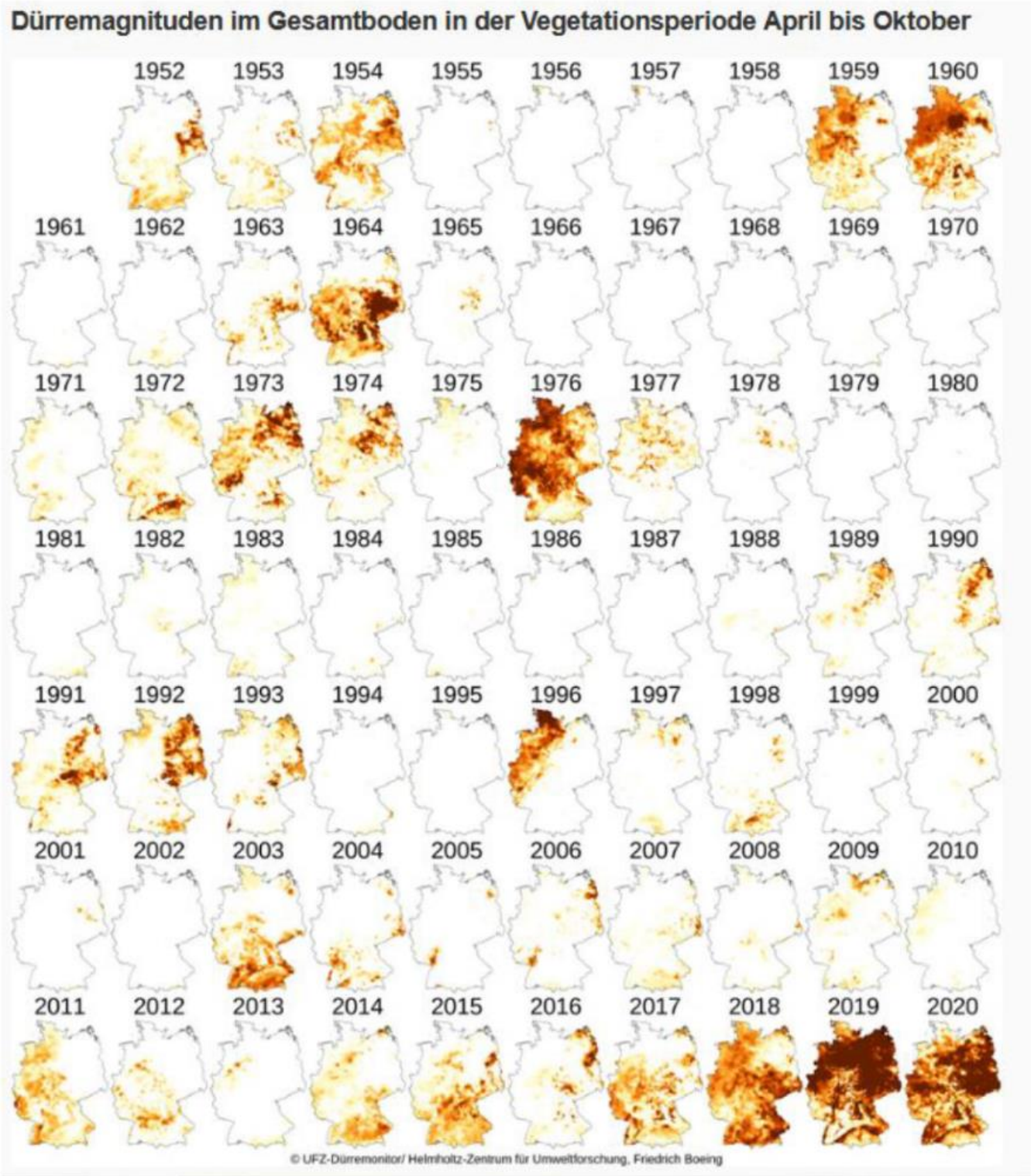

Abbildung 5: Dürremagnituden im Gesamtboden (180 cm Bodentiefe) in Deutschland in der Vegetationsperiode April bis Oktober seit 1952, nach Jahrzehnten geordnet
Die Dürrejahre verteilen sich ungeordnet über den gesamten Zeitraum. Auffällig ist die Intensivierung der Dürre in den letzten drei Jahren.

Werden die Dürrebilder nach den Jahren des Hale-Zyklus geordnet, konzentrieren sich die meisten Jahre mit brauner Färbung und Dürre auf die erste Hälfte des Hale-Zyklus, s. Abbildung 6.

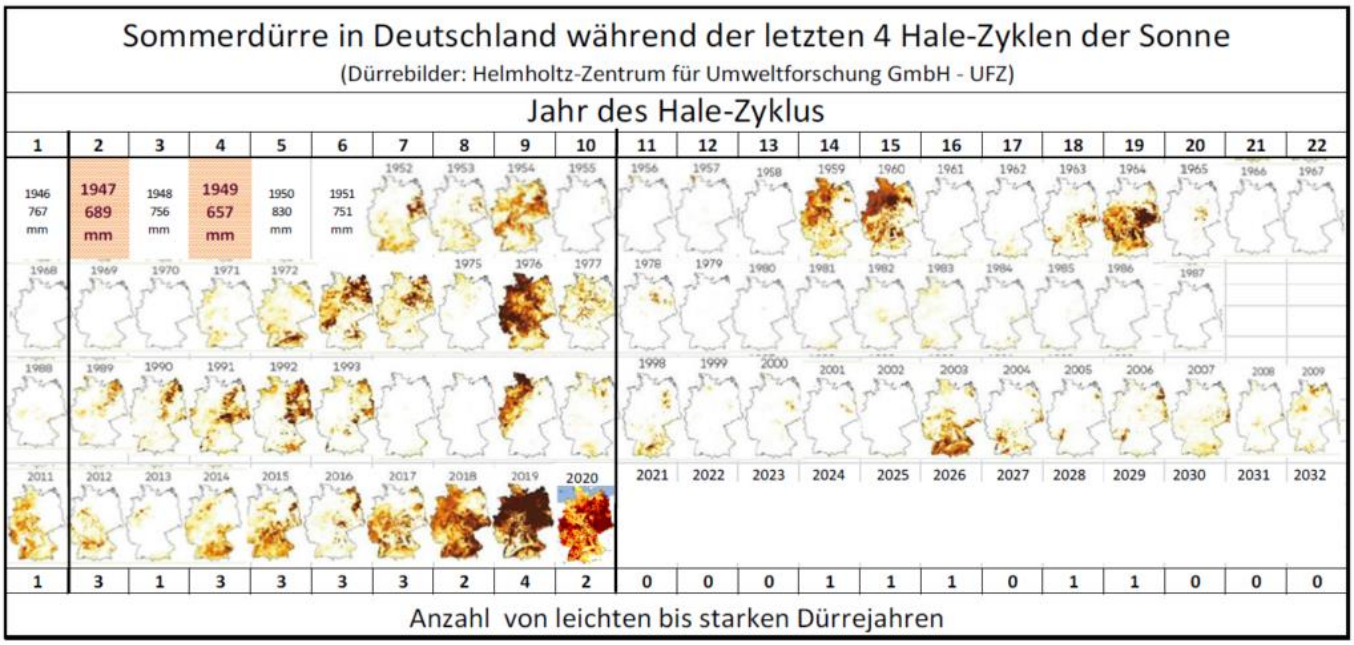

Abbildung 6: Dürremagnituden im Gesamtboden (180 cm Bodentiefe) in der Vegetationsperiode April bis Oktober seit 1952, nach dem Hale-Zyklus der Sonne geordnet

Im ersten Hale-Zyklus in der obersten Zeile fehlen die Monitorbilder vor 1952. Sie werden durch die Angabe der Jahresniederschlagssumme und Recherchen über das Auftreten von Dürre ergänzt. 1947 herrschte eine Jahrhundertdürre. Die Dürre 1949 war weniger intensiv als zwei Jahre zuvor. In Abbildung 6 fehlt das Bild vom Jahr 2010, das frei von Dürre ist.

Die an der Braunfärbung erkennbaren Dürren konzentrieren sich auf die Zyklusjahre 2 bis 10. Etwa 80 Prozent aller Deutschlandbilder mit mehr oder weniger brauner Farbe liegen in dieser Phase. Ab dem Zyklusjahr 11 bis einschließlich dem ersten Jahr des nächsten Hale-Zyklus sind Dürresommer wesentlich seltener.

Insgesamt betrachtet deuten die Farbbilder in Abbildung 5 auf eine Korrelation zwischen der Sonnenaktivität und dem Auftreten von Dürre hin. Die Konzentration der Dürreereignisse auf die Zyklusjahre 2 bis 10, insbesondere auf das Zyklusjahr 9, ist so auffällig, dass ein Zufall unwahrscheinlich erscheint.

Zur statistischen Absicherung ist die Intensität der Dürren in den Jahren seit 1952 in Abbildung 6 mit Noten bewertet: Ohne Dürre = 1, extreme Dürre wie 2018 = 10. Die nach Intensität der Braunfärbung und Augenschein vergebenen Noten sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1

Dürrenoten seit 1952

	Jahr des Hale-Zyklus																					
Zyklusbeginn	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*
1946							5	4	6	1	1	1	1	6	7	1	1	4	7	1	1	1
1968	1	1	1	2	5	6	5	2	8	5	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4
1990	4	5	6	5	1	1	6	2	3	1	2	1	1	6	3	2	3	3	1	3	1	
2011	5	4	2	5	6	4	6	8	10	8												

Zum Frequenztest wurde ein niederländisches Programm genutzt (https://climexp.knmi.nl/start.cgi).

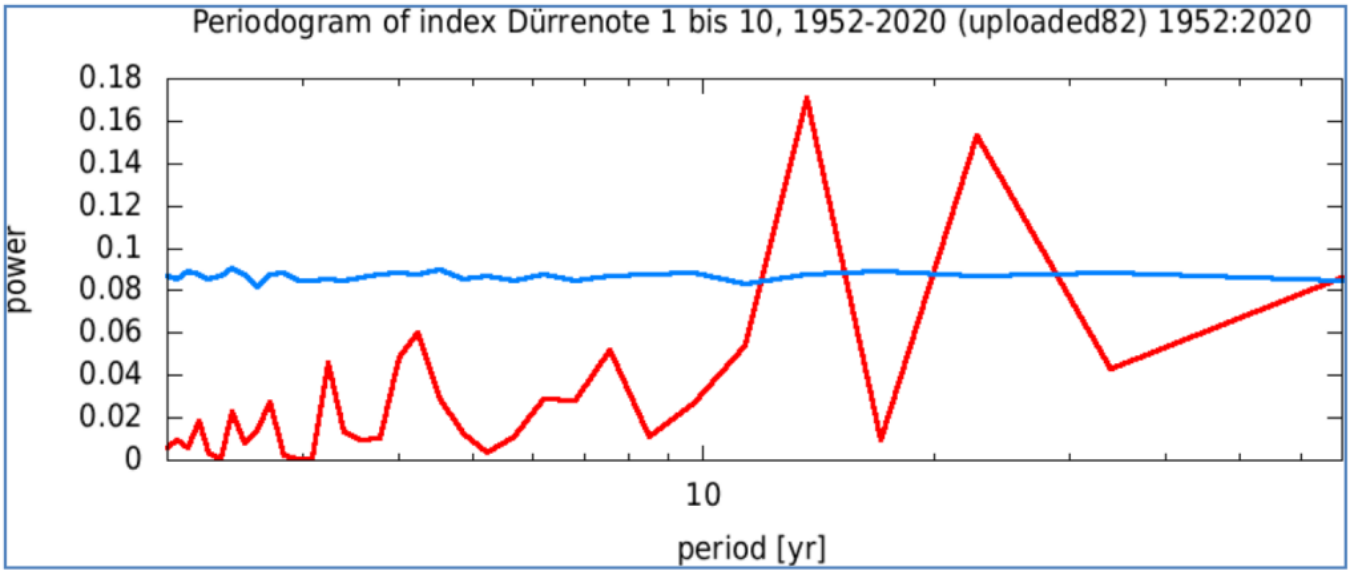

Abbildung 7: Periodogramm der Dürrenote 1952 bis 2020 mit Signifikanz (p<0.05) bei der Periode von 12 und 21 Jahren

Im Periodogramm sind zwei gleichrangige Spitzen bei ca. 12 und 21 Jahren zu erkennen. Die Periode von 12 Jahren liegt im Bereich der Periodenlänge des Schwabe-Zyklus der Sonne, die Periode von ca. 21 Jahren im Bereich der Periodenlänge des Hale-Zyklus. Damit ist nachgewiesen, dass das Auftreten von Dürresommern in Deutschland mit dem Schwabe-Zyklus und dem Hale-Zyklus der Sonne signifikant korreliert.

Sommerdürrebilder in Kombination mit der Jahresniederschlagssumme und der Sonnenscheindauer verstärken den Eindruck von solarem Einfluss

Um noch mehr Sicherheit in der Bewertung des solaren Einflusses auf das Auftreten von Dürre zu bekommen, werden die Dürrebilder (Abbildung 6) mit der Jahresniederschlagssumme (Abbildung 3) und der Sonnenscheindauer (Abbildung 4) verknüpft, s. Abbildung 8. Wie schon zuvor festgestellt, konzentrieren sich Dürreereignisse, Niederschlagsarmut und überdurchschnittliche Sonnenscheindauer auf die Zyklusjahre 2 bis 10. Der solare Einfluss auf die Jahresniederschlagssumme und Sonnenscheindauer spiegelt sich in den Dürreminitorbildern wider, insbesondere dann, wenn zwei oder mehr Jahre mit unterdurchschnittlicher Jahresniederschlagssumme aufeinander folgen.

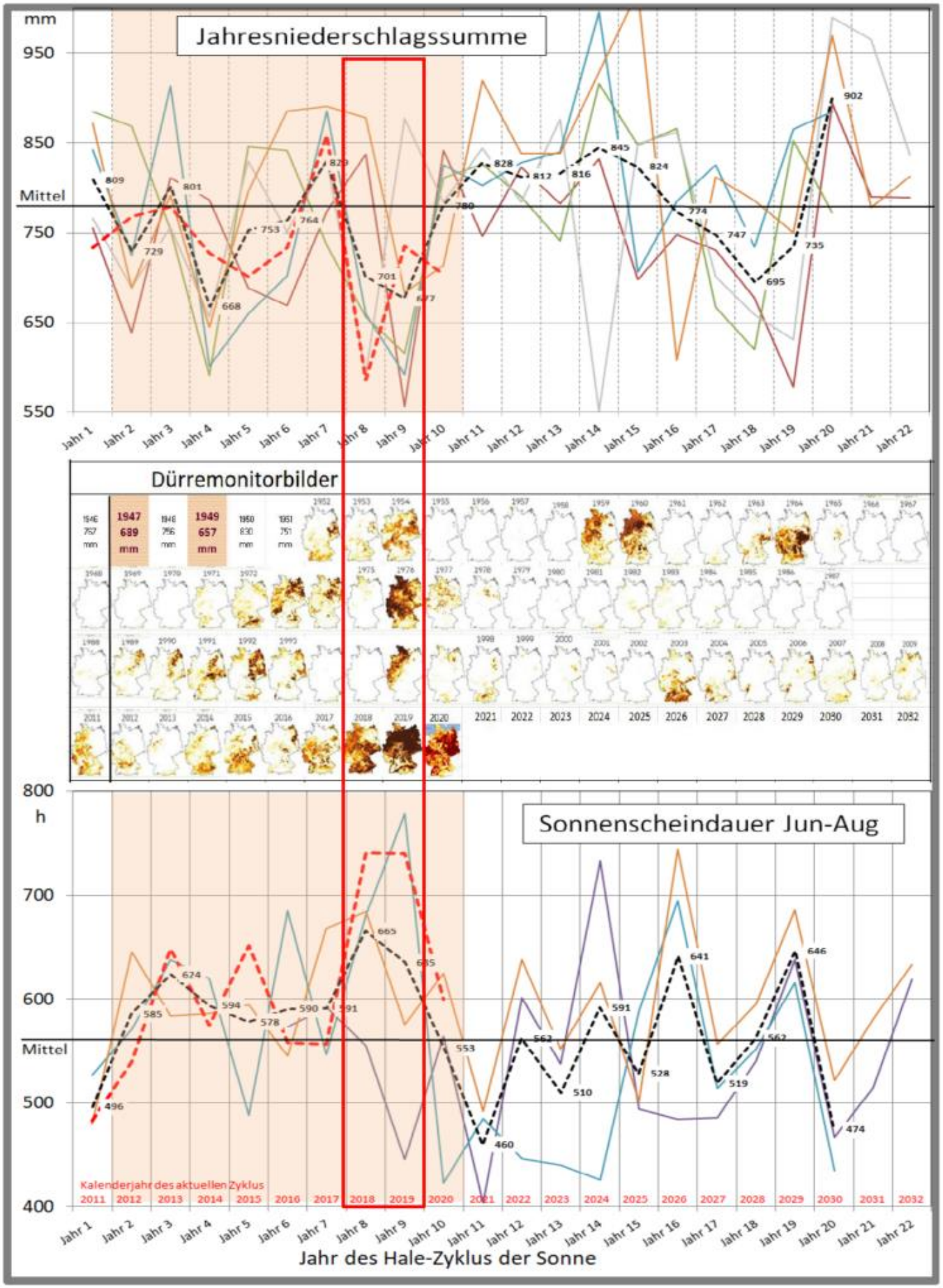

Abbildung 8: Jahresniederschlagssumme, Sonnenscheindauer Juni bis August und Dürremonitorbilder während des Hale-Zyklus der Sonne – mit farbiger Hervorhebung der Zyklusjahre 2 bis 10 mit meist unterdurchschnittlicher Jahresniederschlagssumme, überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer und gehäuftem Auftreten von Dürre.

Die beiden Zyklusjahre 8 und 9 sind am stärksten von extrem niedriger Jahresniederschlagssumme und hoher Sonnenscheindauer betroffen, s. roten Rahmen in Abbildung 6. Im Zyklusjahr 9 sind die Böden mit Abstand am häufigsten und stärksten ausgetrocknet. Das ist das Ergebnis der schon niedrigen Niederschlagssumme im Zyklusjahr 8 mit dem Aufbau eines Bodenfeuchtedefizites, dass sich unter der Niederschlagsarmut und hohen Sonnenscheindauer im Zyklusjahr 9 noch intensiviert. Im aktuellen Zyklus konnten die Böden auch im Zyklusjahr 10 (2020) wegen des extremen Defizites und nur knapp durchschnittlicher Niederschlagssumme noch nicht aufgefüllt werden.

Ab dem Zyklusjahr 11 besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Dürrestress aus der ersten Hälfte des Hale-Zyklus in den meisten Regionen Deutschlands überstanden ist und mehrere Jahre mit hoher Niederschlagsaktivität folgen.

Die vier Zyklen unterscheiden sich in der Intensität der Dürren, an der braunen Farbe erkennbar. Im ersten und vierten Zyklus sind die Dürren intensiver als in den beiden dazwischen liegenden Zyklen.

Solarer Einfluss auf Niederschlagssummen ist weltweit vorhanden
Solarer Einfluss auf Niederschlagssummen ist nach bisheriger Recherche weltweit in allen Klimazonen nachweisbar. Mal zeigt sich der solare Einfluss nur in der Jahresniederschlagssumme, mal in der Niederschlagssumme einzelner Monate oder Jahreszeiten. Im Mittleren Westens der USA, der Ukraine oder auch Indien ist der solare Einfluss in der Niederschlagssumme von April bis August am stärksten. Das ist die Hauptwachstumszeit für Mais, Weizen, Sojabohnen und Reis.

Solarer Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Dürresommern ermöglicht mehrjährige Langfristprognosen mit vielfältigem Nutzen
Die Landwirtschaft ist der klimaempfindlichste Wirtschaftszweig. Mit Hilfe von auf solarem Einfluss basierenden Prognosen können weltweit und regional Jahre mit besonders hohen Dürrerisiken vorhergesagt und die Vorratswirtschaft darauf ausgerichtet werden. Die Anbautechnik kann an das zu erwartenden Niederschlagsniveau beziehungsweise Dürrerisiko angepasst werden.

Die Energiewirtschaft kann rechtzeitig Vorsorge treffen für außergewöhnliche solar verursachte Wetterphasen oder Jahre. Das betrifft besonders die Stromproduktion mit Sonne und Wasserkraft. Die Bauindustrie kann Großprojekte, die durch Hochwasser Schaden erleiden könnten, auf die Jahre des Hale-Zyklus legen, in denen mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Niedrigwasser zu rechnen ist. In der Forstwirtschaft können Neuanpflanzungen im Herbst vor den Jahren vermieden werden, in denen ein erhöhtes Risiko von extremer Dürre besteht. Die Holz verarbeitende Industrie kann sich auf erhöhten Holzeinschlag am Ende der ersten Hälfte des Hale-Zyklus einstellen. In der ersten Hälfte des Hale-Zyklus ist die Gefahr mehrjährige Dürre, dem Risiko von Borkenkäferbefall und Vertrocknen der Bäume wesentlich höher als in der zweiten Hälfte des Hale-Zyklus.

Wir müssen in den nächsten Jahrzehnten aufgrund des aktuell und prognostiziert niedrigen Niveaus der Sonnenaktivität mit häufigeren Trockenperioden rechnen
Schwerpunkt dieses Beitrages ist die Analyse des solaren Einflusses auf Wettertrends *innerhalb der 22 Jahre des Hale-Zyklus.* In einem Folgebeitrag wird der solare Einfluss auf Wettertrends *zwischen den einzelnen Hale-Zyklen* untersucht. Die Hale-Zyklen unterscheiden sich im Niveau der Sonnenaktivität. Das Niveau der Sonnenaktivität des aktuellen Hale-Zyklus ist außergewöhnlich niedrig.

Erst vor wenigen Wochen erschien eine Publikation von M. **Ionita** et al. (6), in der ein Zusammenhang zwischen dem Niveau der Sonnenaktivität und dem Auftreten von Trockenperioden nachgewiesen wird: *„Wir haben unabhängige Reanalyse-Datensätze und Proxy-Aufzeichnungen verwendet, um zu zeigen, dass gleichzeitig mit geringem Niveau der Sonnenaktivität kalte nordatlantische Bedingungen mit einem Hochdrucksystem über Mittel- und Nordwesteuropa einhergehen, was zu lang anhaltenden Trockenperioden in der Mitte des 15. und zu Beginn des 18. Jahrhunderts führte".* In der Publikation sind 66 Veröffentlichungen mit dem aktuellen Forschungsstand berücksichtigt.
Sollte das Niveau der Sonnenaktivität in den nächsten Jahrzehnten tatsächlich auf niedrigem Niveau verharren, besteht in Deutschland die Gefahr ausgedehnter Trockenphasen. Die in diesem Beitrag verwendeten Daten unterstützen diese Annahme. Darüber wird in einem Folgebeitrag berichtet.

Jeder kann weltweit nach solarem Einfluss suchen
In den nächsten Monaten und Jahren kann jeder weltweit mit Hilfe der Wechseljahre des Hale-Zyklus und relativ einfacher Rechenvorgänge mit einfacher Computerausstattung in historischen Wetterdaten oder auch physikalischen Messdaten der gesamten Atmosphäre nach solarem Einfluss suchen, den Einfluss für Vorhersagen nutzen und in Diskussionen über die Ursache von Klimaveränderungen einbringen.

Quellen:

1. Robert J. Leamon et al. (Feb. 2021), Termination of Solar Cycles and Correlated Tropospheric Variability, doi.org/10.1029/2020EA001223
- Laurenz, L. (Mai 2021), Signifikanter Einfluss der Sonnenaktivität auf die Wintertemperatur in der Polarnacht von Skandinavien, https://kaltesonne.de/signifikanter-einfluss-der-sonnenaktivitaet-auf-die-wintertemperatur-in-der-polarnacht-von-skandinavien/
- Owens, M.J., Lockwood, M., Barnard, L.A. et al. (2021), Extreme Space-Weather Events and the Solar Cycle. Sol Phys 296, 82, doi.org/10.1007/s11207-021-01831-3
- P. A. Newman, L. Coy, S. Pawson, L. R. Lait (2016), The anomalous change in the QBO in 2015–2016 doi.org/10.1002/2016GL070373
- Dürremagnituden im Gesamtboden in der Vegetationsperiode April bis Oktober, https://www.ufz.de/index.php?de=47252
- Ionita, M., Dima, M., Nagavciuc, V. et al. (2021), Past megadroughts in central Europe were longer, more severe and less warm than modern droughts. Commun Earth Environ 2, 61 https://doi.org/10.1038/s43247-021-00130-w

Quelle: https://kaltesonne.de/signifikanter-einfluss-der-sonnenaktivitaet-auf-die-duerre-2018-und-2019/
20210701 DT (https://stopreset.ch)