Das Klima von Gundersheim - Analyse nach 30 Jahren Messungen-

Kennzeichen, Besonderheiten und Veränderungen

MARTIN WERNER & HANS-JOACHIM FUCHS

Kurzfassung

Die 30-jährige Klimastudie in Gundersheim (1995-2024) zeigt eine deutliche Erwärmung mit steigenden Durchschnittstemperaturen. Der wärmste Monat ist der Juli mit durchschnittlich 20,5°C, während der kälteste Monat Januar mit 1,9°C ist. Die Zahl der heißen Tage (≥30°C) hat sich in den letzten Jahrzehnten erhöht, während Frosttage abgenommen haben. Die jährlichen Niederschlagssummen schwanken stark zwischen 327 mm (2003) und 738 mm (2002). Aufgrund des Leeeffekts der umliegenden Mittelgebirge zählt Gundersheim zu den trockensten Regionen Deutschlands. Starke Tag-Nacht-Schwankungen treten besonders im Frühjahr und Herbst auf, während Sommernächte wärmer geworden sind. Die jährliche Niederschlagsintensität hat zugenommen, was zu häufigeren Starkregenereignissen führt. Die Korrelation zeigt, dass CO_2-Werte einen signifikanten Einfluss auf die Temperaturentwicklung haben. Sonnenfleckenzyklen beeinflussen das Klima nur geringfügig, während anthropogene Faktoren dominieren. Die Daten belegen einen Trend zu längeren Sommern, kürzeren Wintern und einer Verschiebung der Niederschläge.

Abstract

The 30-year climate study in Gundersheim (1995-2024) shows significant warming with rising average temperatures. The warmest month is July with an average of 20.5°C, while the coldest month is January with 1.9°C. The number of hot days (≥30°C) has increased in recent decades, while frost days have decreased. Annual precipitation varies significantly, ranging from 327 mm (2003) to 738 mm (2002). Due to the lee effect of the surrounding mountains, Gundersheim is one of the driest regions in Germany. Strong day-night temperature fluctuations occur in spring and autumn, while summer nights have become warmer. Annual precipitation intensity has increased, leading to more frequent heavy rain events. Correlation analysis shows that CO_2 levels significantly influence temperature development. Solar cycles have a minor effect on climate, while anthropogenic factors dominate. The data indicate a trend towards longer summers, shorter winters, and shifting precipitation patterns.

Key words

Climate change, Temperature development, Precipitation patterns, Extreme weather events, CO_2 concentration, Seasonal shift, Increase in droughts

1. Rheinhessen, eine Region voller geographischer Besonderheiten und Wechselwirkungen

Wer aus den Waldarealen des Donnersbergs, der dem westlichen Horizont Rheinhessens das orographische Gepräge gibt, seinen Blick östlich bis nördlich schweifen lässt, dem öffnet sich ein weiträumiges Landschaftsbild. Das Rheinhessische Tafel- und Hügelland grenzt geographisch an das Nordpfälzer Bergland. Im südlichen Rheinhessen, auch als Wonnegau bezeichnet, liegt am östlichen Rand eines Plateaus die kleine durch den Weinanabau geprägte Gemeinde Gundersheim mit 1.548 Einwohnern (Stand: 31.12.2023). Weiterführende regionalgeographische Aspekte sowie Auswertungen zu mikro- und mesoklimatischen Besonderheiten von Gundersheim wurden vom Autorenteam bereits in früheren Publikationen erörtert (FUCHS, H.-J. et WERNER, M.).

Abb. 1: Blick auf den Donnersberg (links), Blick auf Gundersheim (rechts), Quelle: Hubert WERNER

Wie nur wenige Landstriche in Deutschland, ist Rheinhessen im Hinblick auf die klimageographische Ausstattung sehr begünstigt, wodurch sich der Weinanbau gerade hier von alters her in so ausgedehntem Maße entwickeln und bis heute erhalten konnte. Trockenheit in der Reifephase, reicher Sonnenschein, Wärme bei langer Vegetationszeit und die guten tiefgründigen Böden sind die idealen Bedingungen für den intensiven Weinbau. Rheinhessen gesamt gesehen ist daher nicht überraschend auch das größte zusammenhängende Weinanbaugebiet in Deutschland. Im Regenschatten der westlich und nordwestlich gelegenen Höhenzüge des Donnersbergs (Abb. 1), Hunsrück und Taunus gelegen, ist die geographische und klimatische Lage außerordentlich günstig für Wein, Obst und Gemüsebau. Mit 180 bis 200 frostfreien Tagen ist die hohe durchschnittliche Jahrestemperatur in Mainz, Worms, Oppenheim und Alzey von 9,8°C zu erklären. In der waldarmen Region erreicht die durchschnittliche Niederschlagssumme nur 510 mm mit jährlichen Schwankungen zwischen 450 mm und 590 mm. Für den Weinbau und die Erzielung von Spitzenweinen ist ausschlaggebend, dass lange, warme, trockene und sonnenreiche Herbste häufig vorkommen. Nicht ohne Grund wird diese Region gerne als Toskana Deutschlands bezeichnet. Dazu kommen noch die günstigen edaphischen Bedingungen. Die rheinhessischen Böden, die geologisch zum Mainzer Becken gehören, wurden maßgeblich durch die letzte Kaltzeit geprägt. Es dominiert der feinsandige, zum Teil kalkhaltige Löss, der seine Ablagerung im Wesentlichen dem Wind verdankt und am meisten verbreitet ist.

Die Wasserhaltekraft der Lössböden ist eine wichtige Voraussetzung für die große Fruchtbarkeit. Diese besondere klimageographische Ausprägung, bestehend aus der thermischen Begünstigung als auch der hygrisch reduzierten Regenmenge durch den Leeeffekt bei vorherrschenden Winden aus westlichen Richtungen, machen diesen Landstrich für die vorliegende Studie so spannend. Vor diesem Hintergrund wurde eine Mess-Kampagne am 1.1.1995 gestartet und erreichte am 31.12.2024 den Gesamtmesszeitraum von 30 Beobachtungsjahren.

Das laufende Klima-Projekt untersucht neben den allgemeinen Kennzeichen des vorherrschenden Klimas sowie Veränderungen innerhalb des 30-jährigen Messzeitraumes auch die Fragestellung: gehört Gundersheim zu dem niederschlagsärmsten Orte von Deutschland? Das Projekt wird wissenschaftlich betreut von Prof. Dr. Hans-

Joachim Fuchs vom Geographischen Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Die Stationsleitung liegt bei Diplom-Geograph Martin Werner und seinem Vater Hubert Werner.

2. Klimageographische Einordnung der Station Gundersheim

Im neuesten Diercke Weltatlas (2023) werden in einer Karte die Klimaregionen Deutschlands detailliert aufgeschlüsselt (Abb. 2). Darin erkennbar ist eine kleinräumige Zone östlich des Donnersbergs, die als klimaökologischer Leeschatten fungiert. Innerhalb dieser Zone sind höhere Temperaturen (mit zugleich den geringsten jährlichen Niederschlagssummen erkennbar. Der Bereich ist in dem vergrößerten Kartenausschnitt noch einmal mit einem blauen Kreis hervorgehoben worden.

Die Niederschläge werden hierbei in 6 Klassen eingeteilt, die mit A beginnen und mit F abschließen, die thermische Einteilung ergibt sich als Nummer von 3 beginnend bis 7, es handelt sich hierbei um die Wachstumsmonate, gekennzeichnet durch eine Monatsmitteltemperatur von 10° C oder mehr. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme und jährliches Temperaturmittel werden durch die Kombination des Buchstabens und der Nummer gebildet. Sehr deutlich ausgeprägt erkennbar ist die als bräunliche Farbe erkennbare Zone im nördlichen Oberrheingraben, südlich von Mainz. In diesem Bereich Deutschlands werden die höchsten Jahrestemperaturen erreicht, hier liegen im Mittel 7 Monate des Jahres über 10°C. Zugleich bewegen sich die Jahresniederschlagssummen bei unter 600 mm. Daraus ergibt sich die Kennzeichnung „A7“. Im Osten Deutschlands (Magdeburger Börde bzw. rund um Berlin) werden nur 5 Monate mit einer Jahresdurchschnittstemperatur im Mittel erreicht, die Niederschläge dort liegen auch unter 600 mm Niederschlag pro Jahr; daraus ergibt sich die Kennzeichnung „A5“. Eine kleinräumige Zone im südlichen Rheinhessen befindet sich östlich des Donnersbergs, erkennbar als gepunktete Fläche und der Ausweisung als „A6“: es werden in diesem Bereich Niederschläge unter 600 mm im Jahresdurchschnitt erreicht, allerdings sind nur 6 Monate mit einer Mitteltemperatur von größer 10°C ausgewiesen. Die thermische Gunst, verbunden mit einer zusätzlich reduzierten durchschnittlichen Niederschlagsmenge machen diesen Raum zu einer klimageographischen Besonderheit. Die 30-jährige Studie ergab, dass Gundersheim nicht zur Kategorie „A6“, sondern sogar zu „A7“ gehört. Die Kategorie „A7“ ist deutschlandweit außer im nördlichen Oberrheingraben noch im Stadtgebiet von Berlin zu finden, wo diese Kategorie möglicherweise infolge des städtischen Wärmeinseleffekts gegeben ist.

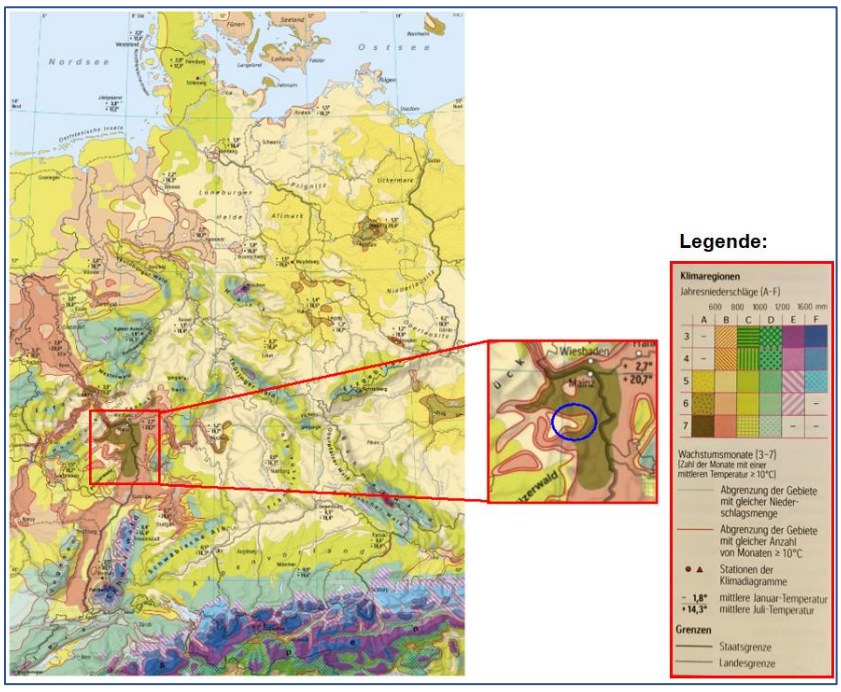

Abb. 2: Klimaregionen Deutschlands (aus: Diercke Weltatlas, 2023)

3. Klimadiagramm von Gundersheim

In der Reliefkarte von Rheinland-Pfalz ist Gundersheim mit einem roten Punkt und der Abkürzung „Gsh“ gekennzeichnet (Abb. 3). Erkennbar sind die nordwestlich und westlich von Gundersheim gelegenen Mittelgebirge Eifel, Hunsrück, Nordpfälzer Bergland mit dem Donnersberg als orographischer „Eckpfeiler“. Diese Mittelgebirgszüge fungieren an den Luvseiten als sog. „Regenfänger“: die atlantischen Luftmassen, mit Feuchtigkeit reichlich beladen, regnen sich hier ab. Bei Erreichen des östlich/südöstlich gelegenen Oberrheingrabens sinken die Luftmassen ab, was zu deren Erwärmung und Wolkenauflösung führt, häufig sichtbar an föhnartigen Aufheiterungen am Himmel und sehr geringem Niederschlag. Diese orographische Mehrfachleelage ist sehr markant ausgeprägt.

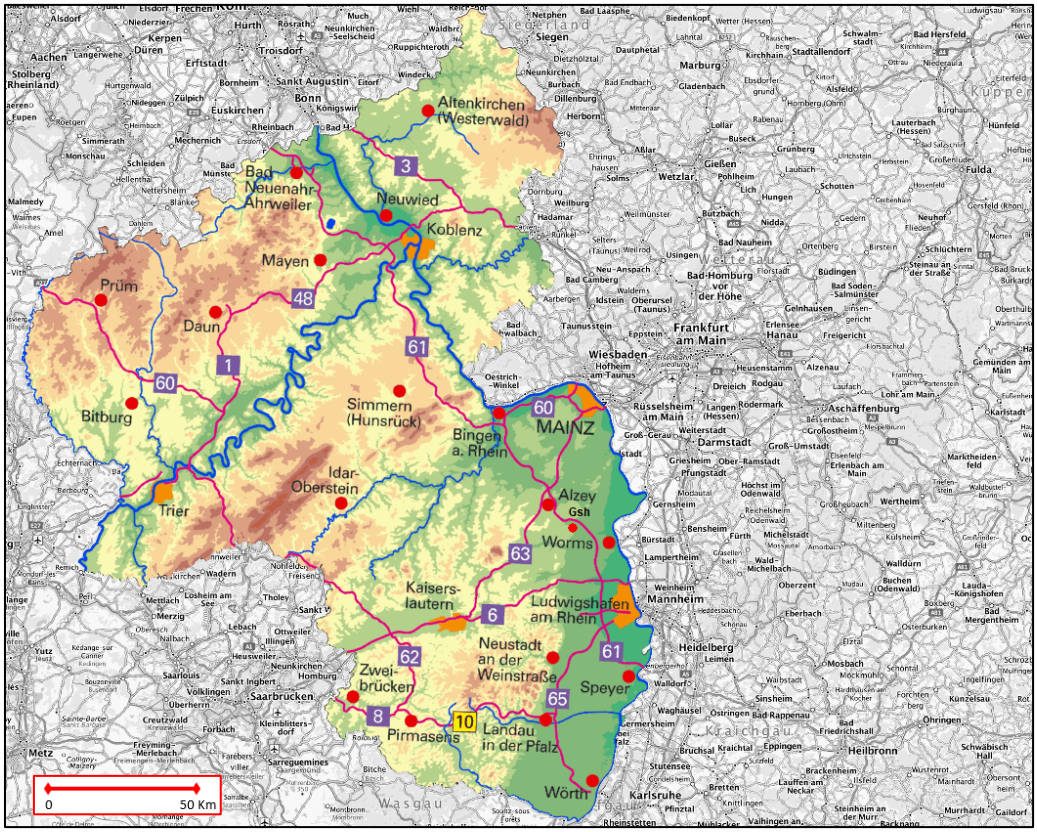

Abb. 3: Reliefkarte von Rheinland-Pfalz (links) mit Lage von Gundersheim (Gsh), Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, https://maps.rlp.de/viewer/gelaende/#

Für die Erstellung eines Klimadiagramms mit den damit verbundenen Aussagen über das Klima eines Ortes müssen sehr viele Daten erfasst werden. Gemäß der Richtlinie der WMO (World Meteorological Organisation, Genf, Schweiz) muss mindestens eine 30-jährige Messreihe vorliegen (Standardperiode).

Temperatur und Niederschlag wurden in Gundersheim über die letzten 30 Jahre gemessen. Dieser Studie zugrunde und erstmals in diesem Aufsatz veröffentlicht liegen Messwerte für die Temperatur auf stündlicher Basis vor; für den Niederschlag wurde die tägliche Niederschlagssumme erfasst. Die erfasste Datenmenge liegt bei über 273.750 Werten, die Monat für Monat aus den erfassenden Messgeräten ausgelesen und in MS Excel eingegeben wurden. In den Anfangszeiten wurden Thermo-Hygrographen nach THIES verwendet, ab 2002 erfolgte die Umstellung auf eine digitale Station namens Telemet, 2010 auf WS3600 und digitale Datenlogger. Seit 2016 werden die meteorologischen Daten aus drei automatisch registrierenden Stationen des Typs WS2816 gewonnen. Bei der WS 2816 des Herstellers Techno Line handelt es sich um eine Wetterstation mit mehreren Sensoren, welche Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Niederschlagsmenge stündlich ermitteln und in einem internen Speicher ablegen. Diese Messwerte werden dann regelmäßig über die USB-Schnittstelle ausgelesen und in eine Wetterdatenbank gespeichert.

Bei Gerätewechsel wurden nach Einsatz der neuen Apparaturen die herkömmlichen Messgeräte eine Zeitlang parallel weitergeführt und die Messwerte auf Homogenität übergeprüft. Es könnte zu Abweichungen durch den jeweiligen Gerätewechsel kommen. Dies war nicht der Fall. Der Standort der Station wurde nicht verlegt, und es gab auch keine sonstigen Veränderungen in der unmittelbaren Umgebung.

Die stündlichen Daten der Klimaelemente Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlag wurden in den Messgeräten gespeichert und regelmäßig monatlich ausgelesen. Aus den erfassten Stundendaten wurden Tagesdaten ermittelt, aus diesen wiederum Monats- und schließlich Jahresdaten generiert. Das erstellte Klimadiagramm von Gundersheim (Abb. 4) ist an das Gestaltungsprinzip nach Walter & Lieth angelehnt. Hierbei werden die monatlichen Temperatur- und Niederschlagswerte zusammen in einem Diagramm gezeigt. Die Niederschlagsmengen werden auf einer Skala mit Verhältnis 2:1 zu den Temperaturwerten dargestellt. Liegen die Niederschlagssäulen im Diagramm höher als die Werte in der Temperaturkurve, handelt es sich um einen Ort, an dem die Niederschläge klimaökologisch als ausreichend feucht (humid) zu interpretieren sind. Liegen sie darunter, werden die jeweiligen Monate als trocken (arid) bezeichnet. Das Klimadiagramm wurde erstellt über den gesamten 30-jährigen Beobachtungszeitraum vom 1.1.1995 bis 31.12.2024. Darin ersichtlich ist der typische Charakter eines Cfb-Klimatyps (nach der Klimaklassifikation von KÖPPEN) mit warmen, feuchten Sommern und milden, mäßig humiden Wintermonaten. Der kälteste Monat ist der Januar mit 1,9°C, der wärmste Monat der Juli mit 20,5°C. Die durchschnittliche Jahresamplitude -Spannweite zwischen wärmstem und kältestem Monat- beträgt 18,6 K.

Der Monat mit der geringsten Niederschlagssumme stellt der April dar mit einer mittleren Monatssumme von nur 31 mm. Der Monat mit der höchsten Niederschlagssumme stellt der August dar mit 57 mm Niederschlag. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt 519 mm und lässt sich als vergleichbar gering beurteilen. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt für Deutschland in etwa 830 mm. Die Niederschläge verteilen sich aber regional sehr unterschiedlich. Typischerweise liegen die Stationen mit den geringsten Niederschlägen im mehr kontinental geprägten Klima im Osten Deutschlands, in Brandenburg rund um Berlin sowie östlich des Harzes. Im Westen Deutschlands stellt der Oberrheingraben eine Region dar, die von den geringsten Niederschlägen gekennzeichnet ist. Aufgrund der im Westen gelegenen Mittelgebirge Pfälzerwald, Hunsrück, Eifel, Ardennen regnen sich die aus Nordwesten und Westen kommenden Luftmassen ab, was zu deutlich reduzierten Niederschlagsmengen östlich davon führt. Eine mesoklimatische Besonderheit stellt hierbei der Donnersberg dar: im Nordpfälzer Bergland am Rand des Oberrheingrabens gelegen ist dieses markante Bergmassiv die letzte orographische Hürde für die aus Westen ankommenden Luftmassen.

Im Lee-Bereich kommt es häufig zum Absinken der Luftmassen mit ausgeprägter Wolkenauflösung, sichtbar an heiterem Wetter und typischen Altocumulus lenticularis (Föhn-)Wolken. Daraus ergeben sich eine höhere Sonnenscheindauer, geringere Niederschläge und erhöhte Temperaturen.

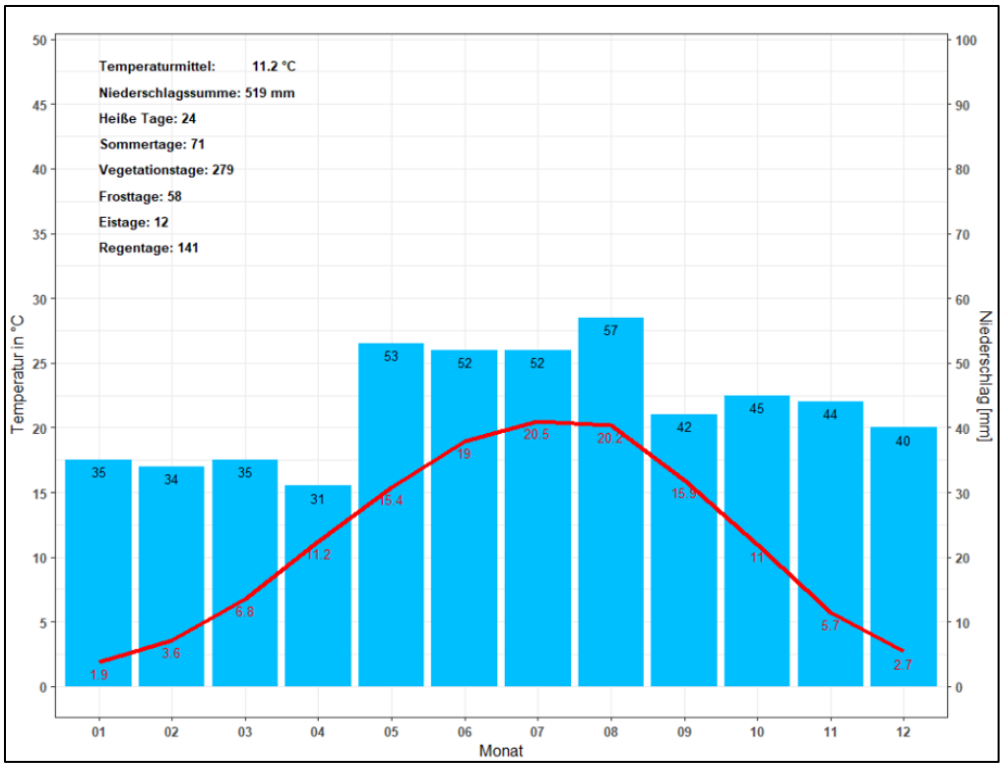

Abb. 4: Klimadiagramm von Gundersheim, 193 m ü. NHN (1995-2024) nach Walter & Lieth

Gemäß dem Klimadiagramm sind im langjährigen Mittel 24 heiße Tage pro Jahr zu erwarten, 71 Sommertage, 279 Vegetationstage, 58 Frosttage und 12 Eistage. Durchschnittlich verzeichnet Gundersheim 141 Regentage im Jahr.

Ein Zeitreihenvergleich der Jahresmitteltemperaturen und -niederschläge wird in folgendem Diagramm dargestellt (Abb. 5). Es handelt sich um eine bedingte Formatierung in MS Excel. Es wurde die „Blau-Weiß-Rot-Farbskala“ gewählt, die einen guten Überblick über die gewählten Daten gibt. Es wird deutlich, wie kühlere Jahre mit wärmeren Jahren abwechseln, insbesondere in den letzten Jahren haben wir es mit sehr warmen Jahren zu tun. Was die Niederschläge angeht, sind die Summen in den letzten 10 Jahren zunächst unterdurchschnittlich, dann wiederum etwas überdurchschnittlich. In der dritten kleineren Zeile wurde der Quotient errechnet aus der doppelten Mitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme. Der Quotient lässt einen direkten Vergleich der Jahre untereinander zu. Wo der Quotient sehr groß ist, bedeutet dies, dass es sehr hohe Temperaturen im Vergleich zur jährlichen Niederschlagssumme gab. Mit einem Wert von 3,4 stellt das Jahr 2017 für Gundersheim das wärmste und zugleich trockenste Jahr dar. Die Werte über 2,0 sind in den letzten 10 Jahren durchweg präsent, von daher lässt sich interpretieren, dass die Niederschläge im Verhältnis zu den erhöhten Temperaturen sehr niedrig ausfallen.

Abb. 5: Zeitreihenvergleich der Jahresmitteltemperaturen und -niederschläge für Gundersheim

4. Auswertung der monatlichen Niederschlagssummen

Das folgende Niederschlagsdiagramm (Abb. 6) zeigt die monatlichen Niederschlagssummen für den Zeitraum von 1995 bis 2024 auf. Bei dem Diagramm handelt es sich um eine 2D Heatmap mit integrierten Isohyetenlinien. Eine Isohyete ist eine Linie auf einer Karte, die Punkte mit gleichem Niederschlag verbindet. Es wurde mit Plotly in Python erstellt und ist als interaktives Diagramm in die Projektwebseite (https://www.klimastation-gundersheim.de/temp.htm) eingebunden. Auf der x-Achse sind die Jahre von 1995 bis 2024 aufgetragen, auf der y-Achse von oben nach unten die Monate von Januar bis Dezember. Über das Diagramm kann für jeden Monat und jedes Jahr die gefallene Niederschlagsmenge ermittelt werden. Der kontinuierliche Wechsel der Farben von hellgelb (sehr trocken) über hellblau zu blau (feucht) vermittelt auf anschauliche Weise, wo es Jahre gab mit trockenen bzw. feuchten Monaten. Es wird ersichtlich, dass die Monate mit den höchsten Niederschlagssummen meist in den Sommermonaten zu finden sind. Es sind oft einzeln auftretende Starkregenereignisse in Form von Gewittern, die den Wert der monatlichen Niederschlagssumme bestimmen. Im einzeln zu nennen sind die Monate August 2002, August 2006 sowie 2010 aber auch Juli 2014. Ferner auch der Juni (2018/ 2021). Schließlich auch der Mai 2024. In diesen Monaten wurden Niederschlagssummen von über 100 mm gemessen, weit über den langjährigen Monatsmitteln. Darin wird auch die Tatsache bestätigt, dass höhere Lufttemperaturen zu noch mehr Aufnahme von Wasserdampf in der Atmosphäre führen, was sich bei starker Konvektion der Luftmassen durch hohe Sonneneinstrahlung bei sommerlicher Hitze entsprechend in Starkregen entlädt. Selbst der Monat Mai ist davon auch bereits betroffen.

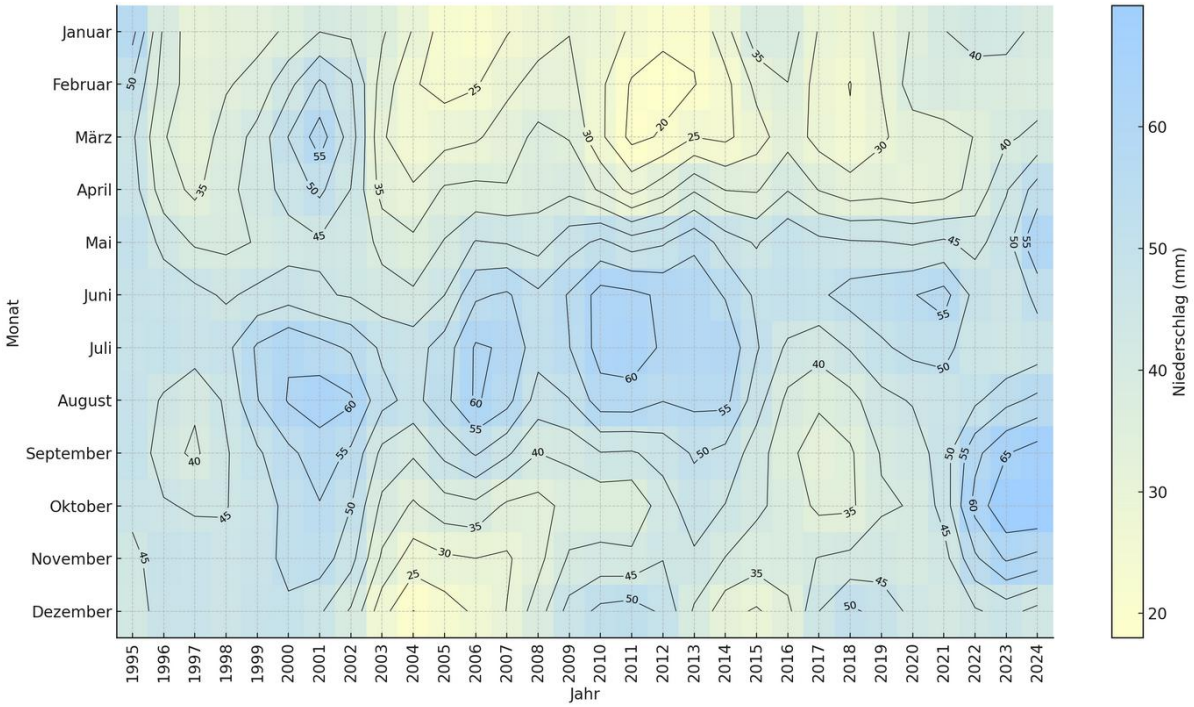

Abb. 6: Monatliche Niederschlagssummen für den Zeitraum von 1995-2024 in Gundersheim

Der Tag mit der höchsten Tagesniederschlagssumme in Gundersheim stellt der 27. August 2002 dar. An diesem Tag gab es ein Gewitter in Gundersheim, das sich in den Nachmittagsstunden bildete und gegen 18 Uhr gab es sintflutartigen Niederschlag. In nur einer Stunde wurden 83,1 mm Niederschlag gemessen. Es kam im ganzen Ortsgebiet zu Überschwemmungen, zahlreiche Keller mussten von der Feuerwehr ausgepumpt werden. Ein Vergleich mit der nächstgelegenen Station des DLR, Kettenheim, zeigte, dass es dort nur 1,0 mm Niederschlag gab, also fast gar keinen Niederschlag. Die Gewitterzelle hatte sich direkt über Gundersheim abgeregnet, was für diese katastrophalen Auswirkungen sorgte.

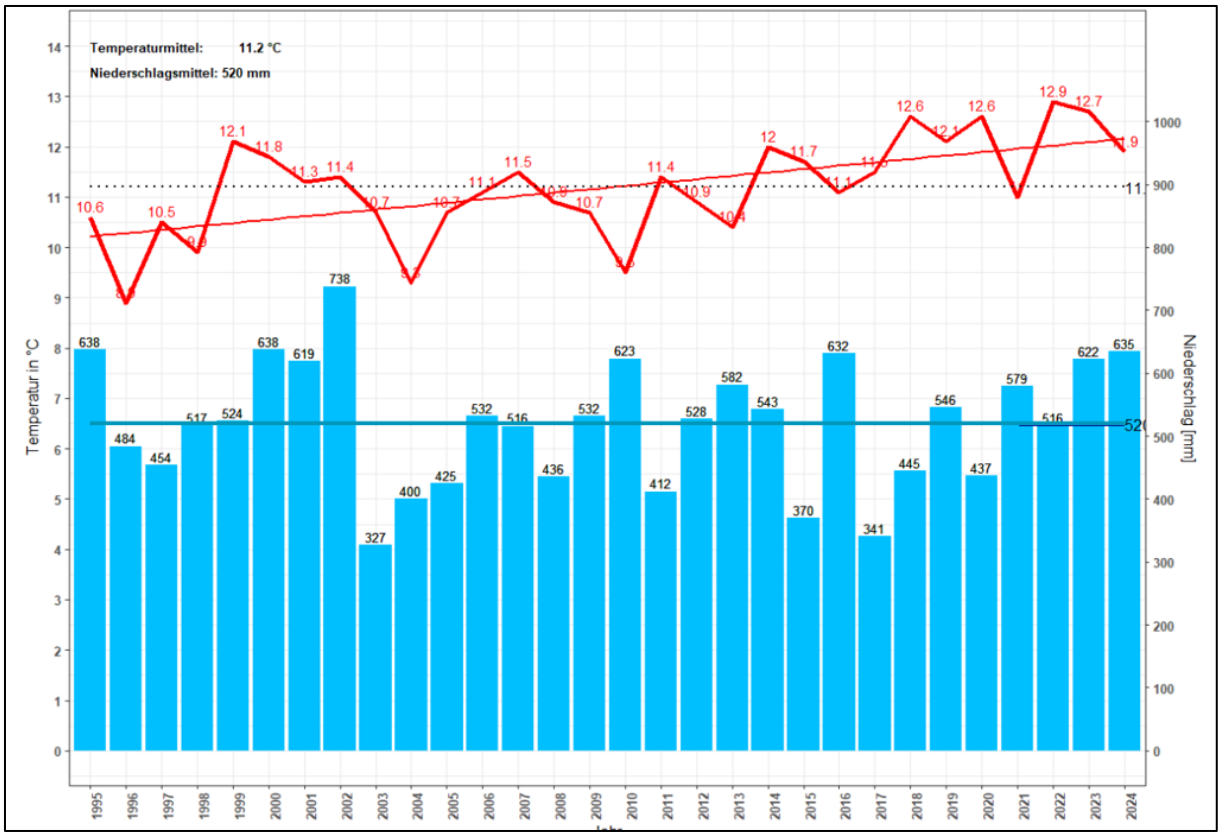

Abb. 7: Jahresmitteltemperaturen und Niederschlagssummen in Gundersheim (1995 – 2024)

Die Jahresmitteltemperaturen und -niederschlagssummen für den Zeitraum 1995 bis 2024 (Abb. 7) zeigen für beide Klimaelemente ausgeprägte interannuelle Schwankungen. Die Jahrestemperaturen schwanken zwischen 8,9°C für das Jahr 1996 und 12,9°C für das Jahr 2022. Insgesamt gesehen zeigen die Temperaturen einen leicht ansteigenden Trend: während zu Beginn des Beobachtungszeitraums die Temperaturen zwischen 10 und 11°C lagen, ergeben sich für das Ende eher Temperaturen um die 12°C.

Die Jahresniederschlagssummen schwanken sehr deutlich von Jahr zu Jahr: die geringste Jahresniederschlagsmenge wurde im Jahr 2003 ermittelt mit 327 mm (das war der sog. Jahrhundertsommer in Mitteleuropa mit gravierenden Auswirkungen; viele Menschen starben aufgrund der großen Hitze), die höchste Jahresniederschlagssumme wurde ein Jahr früher verzeichnet, im Jahr 2002 mit 738 mm. Dies zeigt, wie dicht manchmal Extreme aufeinander folgen können.

Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt einen Dygraph einer Timeseries-Darstellung für Temperatur und Niederschlag in Gundersheim des Zeitraums 1995 bis 2024 wie er in RSTudio als Interface zu JavaScript entworfen wurde. Dargestellt sind die Tagestemperaturen (Minimum, Mittel, Maximum) sowie die Tagesniederschlagssummen. Bei dieser Grafik handelt es sich um eine interaktive Grafik. Diese ist auf der Projekt-Homepage (https://www.klimastation-gundersheim.de/temp.htm) einsehbar. In der Grafik kann dann gezoomt werden, um Daten eines einzelnen Tages oder eines beliebigen Zeitraumes zu ermitteln. Ein Doppelklick in die Grafik setzt das Zoom zurück. Bei gedrückter Shift-Taste kann mit der Maus die Grafik horizontal und vertikal bewegt werden. Auf diese Weise kann der User sich auf der horizontalen Zeitachse bewegen.

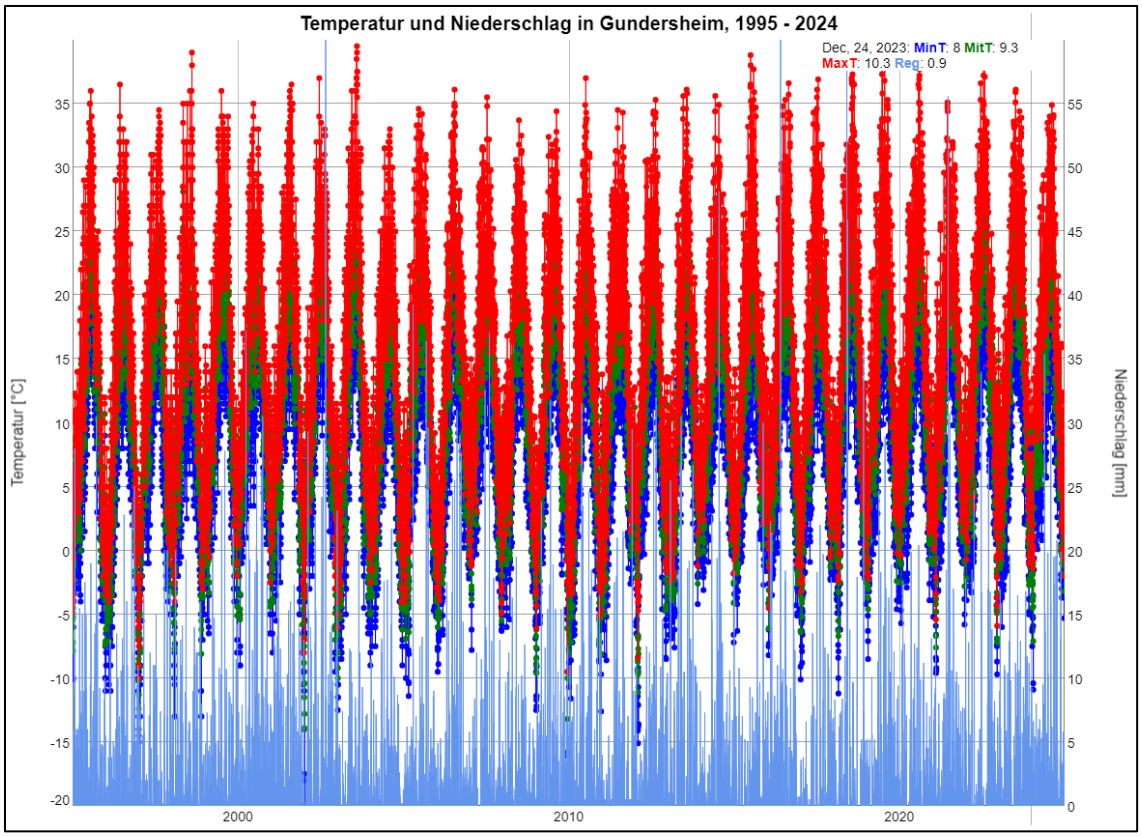

Abb. 8: Temperatur und Niederschlag in Gundersheim, Tageswerte vom 1.1.1995 bis 31.12.2024

Wird diese Grafik etwas genauer betrachtet, fallen einige Rekorde auf, die in dem 30-jährigen Zeitraum in Gundersheim stattgefunden haben. Hier seien nur ein paar Rekorde aufgelistet:

Titel	Wert	Datum
Heißester Tag	40,6°C	25.07.2019
Kältester Tag	-20,0°C	04.01.2002
Höchster Tagesniederschlag	83,1 mm	27.08.2002
Niedrigstes Tagesmittel der Temperatur	-13,9°C	04.01.2002
Höchstes Tagesmittel der Temperatur	32,3°C	25.07.2019
Höchstes Temperaturminimum	24,4°C	26.07.2019

Tab. 1: Wetterrekorde in Gundersheim im Zeitraum 1995 bis 2024

Aus der Tabelle lässt sich herauslesen, dass der 25.07.2019 mit 40,6°C der heißeste Tag des 30-jährigen Beobachtungszeitraums war. Das äußerst hohe Tagesmittel der Temperatur von 32,3°C bedeutet, dass es in den Abend- und Nachtstunden dieses Tages kaum abkühlte, so dass das Minimum am Morgen des Folgetags mit 24,4°C sehr hoch lag. Es war dies die Nacht mit den höchsten Temperaturen des gesamten Beobachtungszeitraums.

In der Grafik wird in das Jahr 2024 gezoomt (Abb. 9, ausgehend aus Abb. 8 online). Nun werden mehr Details sichtbar. Die rote Linie stellt das Tagesmaximum der Temperatur dar, der Mauszeiger wurde auf die höchste Temperatur des Jahres 2024 gesetzt. Rechts oben in der Grafik werden als Tooltip die Werte für den Tag angezeigt. Am 13. August erreichte die Temperatur 34,9°C. Das Tagesmittel bewegte sich an diesem Tag bei 26,5°C. Das Tagesminimum von 20,9°C an diesem Tag weist auf eine Tropennacht hin; in solchen Nächten wird die 20-Grad-Schwelle nicht unterschritten, was sehr belastend für die Schlafqualität ist. An diesem heißen Tag gab es ein Gewitter: es wurde ein Niederschlag von 6,2 mm registriert.

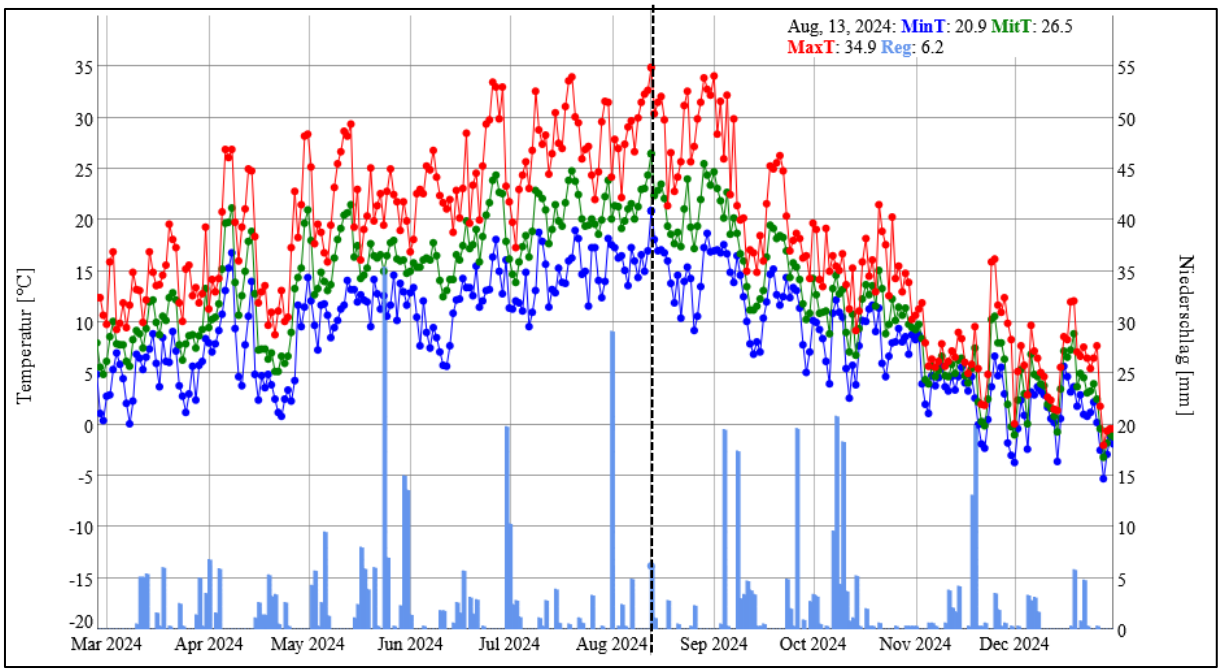

Abb. 9: Temperatur und Niederschlag in Gundersheim von März bis Dezember 2024

Über das Zoom eines Jahres kann auch schnell ersehen werden, an welchen Tagen sehr hohe Niederschläge erreicht wurden. Für das Jahr 2024 waren das insbesondere die Tage: 24.05. (35,4 mm) und 1.08. (29,1 mm), um nur zwei Starkniederschlagsereignisse zu erwähnen. Auf diese Weise kann sich der Betrachter über jeden Tag des 30-jährigen Zeitraums über Temperatur und Niederschlag informieren. Es wird in dieser Grafik deutlich, wie stark die Spanne zwischen Minimum und Maximum besonders in den Sommermonaten auseinanderliegt, in den Wintermonaten hingegen ist die Differenz zwischen Maximum und Minimum nicht so groß.

5. Betrachtung und Analyse der einzelnen Dekaden im Beobachtungszeitraum 1995-2024

Die drei Dekaden des 30-jährigen Beobachtungzeitraums unterscheiden sich teils sehr beträchtlich voneinander (Abb. 10). Für den gesamten Zeitraum ergibt sich für die Temperatur ein langjähriges Jahresmittel von 11,2°C. In der ersten Dekade (1995-2004) wurde eine Mitteltemperatur von 10,6°C ermittelt, für die 2. Dekade (2005-2014) ein Mittel von 10,9°C und für die dritte Dekade (2015-2024) eine Mitteltemperatur von 12,0°C. Es zeigt sich insbesondere das sehr deutliche Ansteigen in der 3. Dekade 2015-2024.

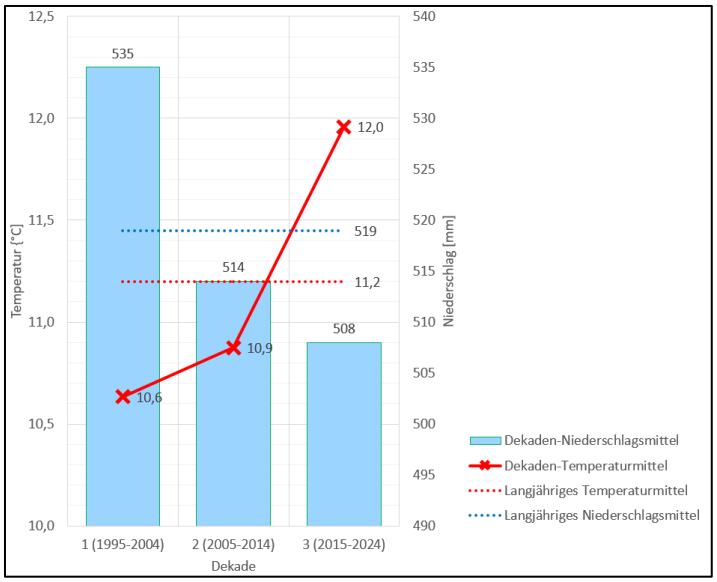

Abb. 10: Vergleich der Dekaden zu den langjährigen Mittelwerten von Temperatur und Niederschlag in Gundersheim für den Beobachutngszeitraum 1994-2024

Die Niederschläge lagen in der 1. Dekade bei 535 mm, in der 2. Dekade bei 514 mm und in der 3. Dekade bei 508 mm. Die Niederschläge haben im 30-jährigen Beobachtungszeitraum bei der Betrachtung von drei Dekaden abgenommen.

Die Daten wurden für eine detaillierte Analyse weiter aufgeteilt (Abb.11). Die Dekaden auf Monatsbasis zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich Temperatur und Niederschlag. Ein durchschnittlicher Jahresverlauf der ersten Dekade (1995-2004) weist insbesondere im Juni das niedrigste Mittel auf, ebenso in den Wintermonaten November, Dezember und Januar. Die mittlere Jahresniederschlagssumme von 535 mm verteilt sich besonders auf die erste Jahreshälfte, Spitzenreiter ist der März mit einer Menge von 45 mm. Die zweite Dekade (2005-2014) weist die Niederschlagsspitzen insbesondere im Juni und August auf, dafür sind die Niederschläge in Frühling und Herbst – im Vergleich zu den anderen Dekaden – stark reduziert. Auffällig ist die dritte Dekade (2015-2024): hier zeigen sich durch das ganze Jahr hinweg die höchsten Monatstemperaturen. Die Niederschläge sind, im Vergleich zu den anderen Dekaden, im Winterhalbjahr erhöht, währenddessen die Sommermonate mit reduzierten Mengen einhergehen. Es lässt die Interpretation zu, dass sich die Temperaturen für alle Monate in den 30 Jahren erhöht haben, zugleich haben sich die Niederschlagsmengen von höheren Niederschlägen im Sommer verlagert auf die Wintermonate. Interessant erscheint in diesem Hinblick der Monat Juli: in der 3. Dekade liegt die Niederschlagsäule deutlich niedriger als das Monatsmittel der Temperatur, was auf aride Verhältnisse (nach Walter & Lieth) schließen lässt, in welchem sich die Niederschlagssumme unter der Temperaturkurve zeigt. Eine schwache Aridität weist auch der Juni in der 1. Dekade aus, denn die Niederschlagssäule im Diagramm liegt niedriger als das Monatsmittel der Temperatur, was auf aride Verhältnisse (nach Walter & Lieth) schließen lässt. Auch der April kommt in der dritten Dekade der Aridität recht nahe: die Niederschlagssumme beträgt 27 mm, die Temperatur 11,2°C.

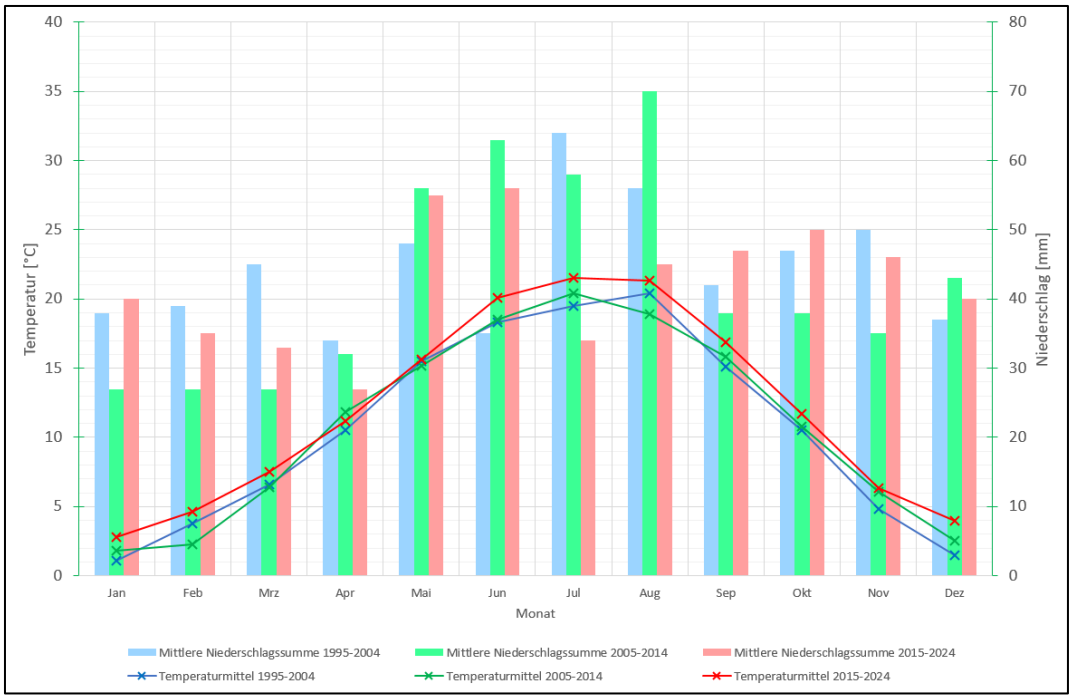

Abb. 11: Vergleich der Temperaturmittel und Niederschlagssummen in Gundersheim nach Dekaden

Das Thermoisoplethendiagramm von Gundersheim nach Carl TROLL (Abb. 12) zeigt den tageszeitlichen Verlauf der Temperatur für den Zeitraum von 1995 bis 2024. Der Begriff „Thermoisoplethe“ bedeutet Linie gleicher Temperatur. Somit sind in einem solchen Diagramm nur Temperaturwerte dargestellt. Im Gegensatz zum klassischen Klimadiagramm wird in diesem nicht nur der Jahresverlauf, sondern auch der Tagesverlauf der Temperatur gleichzeitig dargestellt. Die Datengrundlage sind 24 Stundenwerte (30-jähriges Mittel) für jeden der 12 Monate im Jahresverlauf, also 288 Mittelwerte der 30-jährigen Beobachtungsreihe. Thermoisoplethendiagramme finden aktuell eine große Beachtung in der Klimaforschung, da man daran sehr genau die intraannuelle Variation (Veränderung/Verschiebung der Jahreszeiten) und somit den Gesamt-Klimacharakter erkennen kann. Vergleicht man unterschiedliche Standardperioden oder Dekaden miteinander, können dadurch sehr genau die tages- und jahreszeitlichen Veränderungen des Klimas erkannt und analysiert werden.

Aus einem Thermoisoplethendiagramm können die Tagestemperaturen für jeden Monat ermittelt werden. So wird im langjährigen Mittel die tiefste Temperatur im Januar erreicht, und zwar um 6 Uhr morgens mit 0,8°C. Die höchste Temperatur hingegen wird im Juli erreicht, um 16 Uhr beträgt dann die Temperatur 25,4°C. Die tiefsten Temperaturen werden kurz nach Sonnenaufgang erreicht - solange die Einstrahlung die Ausstrahlung noch nicht überwiegt. Die Temperaturmaxima werden in den Wintermonaten schon um 14 Uhr erreicht, währenddessen die höchste Temperatur in den Sommermonaten erst um 16 Uhr erreicht wird. Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass in den Wintermonaten der Tagesgang der Temperatur sehr gering ist, hingegen in den Sommermonaten sehr stark ausgeprägt. Man unterscheidet Tages- und Jahreszeitenklima. Im Fall von Gundersheim sind die Temperaturschwankungen über das Jahr stärker im Vergleich zu den Tagesschwankungen; man spricht dann vom sog. Jahreszeitenklima. Dies wird besonders gut ersichtlich an den vertikal verlaufenden Isoplethen. Verlaufen hingegen die Linien überwiegend waagerecht, dann handelt es sich um einen Ort mit ausgeprägtem Tagesgang der Temperatur, was sehr typisch für tropische Standorte ist.

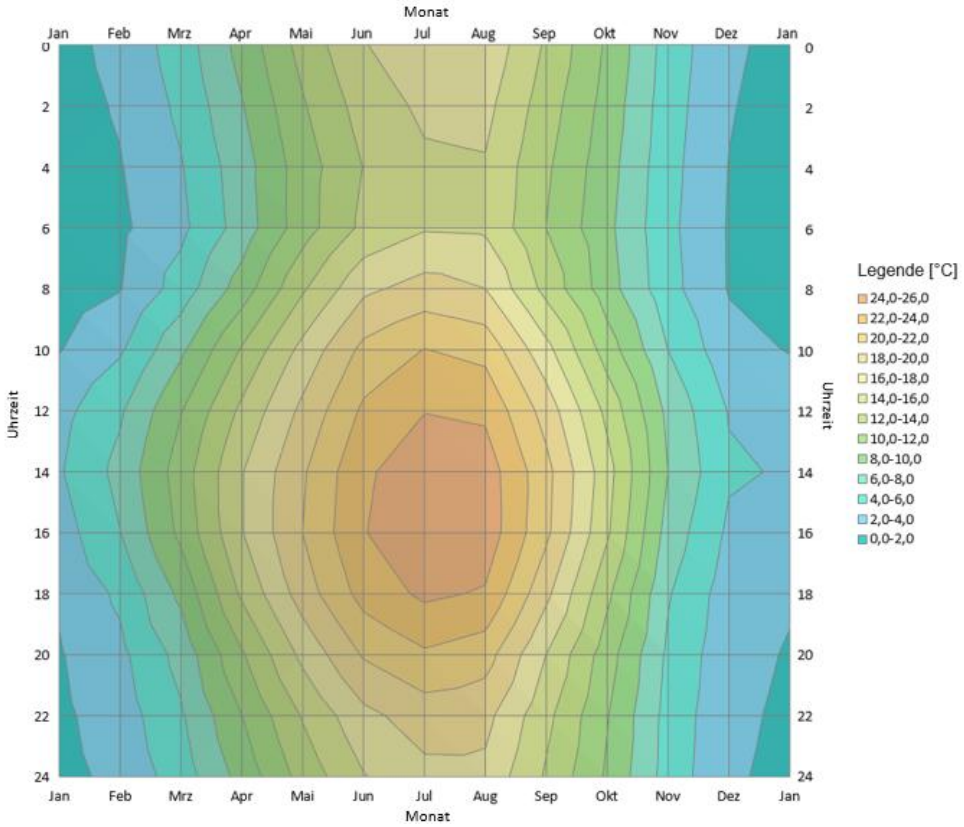

Abb. 12: Thermoisoplethendiagramm von Gundersheim, 192 m ü. NHN, 49°41'N / 8°11'E

In der Abbildung 13 sind die drei Dekaden der 30-jährigen Beobachtungsreihe in Form von Thermoisoplethendiagrammen (erstellt in MS Excel) nebeneinander dargestellt. Gemeinsam in allen drei Dekaden ist das frühmorgendliche Minimum. Dieses wird in den Wintermonaten gegen 8 Uhr erreicht, in den Sommermonaten schon um 5 Uhr. Kurz vor Sonnenaufgang ist die Ausstrahlung am größten, hier wird im Mittel die tiefste Tagestemperatur erreicht. Wegen den früheren Sonnenaufgängen in den Sommermonaten ist das Minimum nach vorn verschoben. Die Tageshöchsttemperaturen fallen stets in die Nachmittagsstunden, etwa zweieinhalb Stunden nach dem Sonnenhöchststand. Auf 8° östlicher Länge überschreitet die Sonne erst gegen 12:28 Uhr den Meridian, es dauert bis 15 Uhr, bis die höchsten Temperaturen (erkennbar an der roten Wärmeinsel) erreicht werden. Es fällt auf, dass die dritte Dekade wesentlich höhere Temperaturen aufweist als die beiden vorhergehenden. Betrugen die Höchstwerte in den Nachmittagsstunden 14-16 Uhr 25°C, so sind die Maxima in der 3. Dekade auf 27°C angewachsen. Auch halten die Temperaturen bis in die Nachtstunden länger an, was auf eine erhöhte Anzahl von Tropennächten (eine Nacht, in der die Temperatur nicht unter 20°C sinkt) schließen lässt; die „Wärmebrücke" in die Nacht hinein vollzieht sich bei Temperaturen um die 14°C, sichtbar an der Öffnung der 14°-Isoplethe. Auch die winterlichen Temperaturen erfahren mehr „Dynamik" in der 3. Dekade: wurden in den beiden ersten Dekaden lediglich ein oder zwei Temperaturkategorien durchlaufen, sind es in der 3. Dekade bereits drei Temperaturklassen (von 0-6°C). Dies lässt auf einen ausgeprägteren Tagesgang schließen. Der Trend hin zu höheren Temperaturen, insbesondere in den Winter- und Sommermonaten, ist ersichtlich und wird vermutlich in der Zukunft weiter zunehmen.

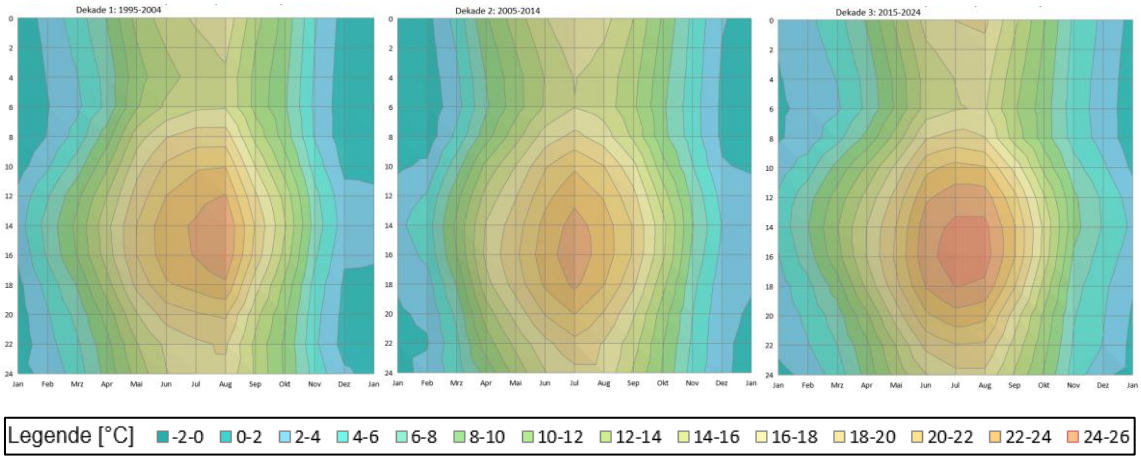

Abb. 13: Thermoisoplethendiagramme der drei Dekaden. Links: Dekade 1 (1995-2004), Mitte: Dekade 2 (2005-2014), Rechts: Dekade 3 (2015-2024)

Es lässt sich festhalten, dass es in allen Monaten über die drei Dekaden hinweg einen klaren Erwärmungstrend gibt. Die Durchschnittstemperaturen in allen Jahreszeiten sind gestiegen, insbesondere in den Sommermonaten. Die Temperaturen haben sich in den Wintermonaten um bis zu 2°C erhöht. Die Nächte werden insgesamt wärmer. Der stärkste Temperaturanstieg ist in den Sommermonaten am Nachmittag zu verzeichnen mit bis zu 3°C höheren Spitzenwerten. In den Abendstunden gibt es ein langsameres Abkühlen in den letzten Jahren, insbesondere in den Sommermonaten. Die Durchschnittstemperaturen steigen in den Frühlingsmonaten schneller als in anderen Jahreszeiten. Im März gibt es einen starken Anstieg der Tagestemperaturen von 9,0°C (1995-2004) bis 11,8°C (2015-2024). Der Monat Mai hat heute Temperaturen, die früher erst im Juni erreicht wurden. Was den Sommer betrifft, werden die Hitzeperioden länger und intensiver. Der Juli und August weisen höhere Tageshöchsttemperaturen auf, mit einigen Werten über 27°C. Der Herbstmonat September zeigt mit +2,7°C Erwärmung die stärkste Veränderung. Der November bleibt eher stabil, aber die Nachttemperaturen sind gestiegen. Was den Winter angeht, gibt es weniger Frosttage, mildere Nächte. Und der Februar hat sich um fast 2°C erwärmt. Wärmere Winter bedeuten weniger Frosttage, was sich auf Landwirtschaft und Natur auswirkt. Hitzewellen im Sommer könnten häufiger auftreten, mit möglichen negativen Auswirkungen auf die Wasserversorgung und Vegetation. Der Frühling beginnt früher, der Sommer verlängert sich, der Winter ist kürzer und milder. Insgesamt zeigt sich eine kontinuierliche Erwärmung von ca. 2-3°C über 30 Jahre, mit den größten Veränderungen in den Sommer- und Frühlingsmonaten.

Die folgende Abbildung (Abb. 14) zeigt die Isoplethendiagramme der einzelnen Dekaden im Vergleich zueinander in Form von den absoluten Abweichungen auf. Temperaturdifferenzen werden in der Meteorologie in Kelvin (K) angegeben. Die erste Abbildung links zeigt den Vergleich von Dekade 2 zu Dekade 1 auf: hier fällt auf, dass Februar und August in der zweiten Dekade kühler ausfallen (-2 bis -3K), die Monate April und Juli sind von höheren Temperaturen insbesondere in den Abendstunden zwischen 18 und 21 Uhr gekennzeichnet (+3K). Im Mai fallen die Temperaturen insbesondere in den Morgenstunden (7-10 Uhr) kühler aus.

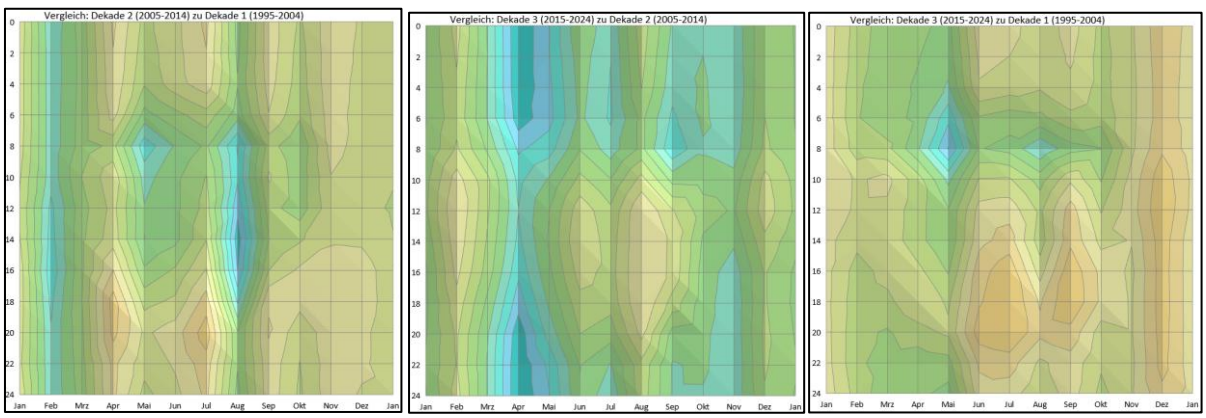

Abb. 14: Thermoisoplethendiagramme der drei Dekaden. Darstellung der absoluten Abweichungen zu den Langzeitmittelwerten. Links: Dekade 1 (1995-2004), Mitte: Dekade 2 (2005-2014), Rechts: Dekade 3 (2015-2024)

Der Vergleich der Dekade 3 mit Dekade 2 (Mitte) zeigt in den Sommer- als auch in den Wintermonaten positive Abweichungen bis hin zu 3K („Die Sommer/ Winter werden wärmer“), währenddessen die Frühlingsmonate, insbesondere der April, negative Abweichungen (-2K) verzeichnen. Die negativen Abweichungen im Frühling können Hinweise auf Spätfröste sein, welche in der Landwirtschaft, besonders im Obst- und Weinanbau für beträchtliche Ernteausfälle sorgen können. Die Sommermonate Juli und August verzeichnen deutliche Temperaturanstiege. Wird die 3. Dekade mit der ersten verglichen (rechts), werden die positiven Abweichungen in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar besonders deutlich: hier betragen die Abweichungen bereits 3K. Hervor stechen auch die Wärmeinseln in den Sommer- und Herbstmonaten in den Abendstunden, wo die positiven Temperaturabweichungen bereits +3K und mehr betragen. Vorsichtig interpretiert besteht eine Neigung hin zu wärmeren Sommer-, Herbst- und Wintermonaten, mit leicht negativen Tendenzen hin zu kühleren Frühlingsmonaten. Die allgemeine Tendenz zeigt eine signifikante Erwärmung, vor allem in den Wintermonaten. Die Sommermonate sind ebenfalls wärmer geworden, jedoch mit unterschiedlichen Mustern. Einige Monate (z.B. April) zeigen stellenweise Abkühlung. Die allgemeine Erwärmung spricht stark für einen Einfluss der globalen Erwärmung.

6. Gundersheim im Vergleich mit anderen trockenen Stationen in Deutschland

Auf der Stations-Webseite von Gundersheim https://www.mtwetter.de/monatskarte.php sind die Jahresniederschlagssummen von ganz Deutschland ersichtlich. Datengrundlage stellen Daten vom Deutschen Wetterdienst dar. Aufgelistet sind in der Grafik die Stationen mit der jeweils geringsten Jahresniederschlagssumme, erkennbar als rote Punkte (Abb. 15). Die Grafik zeigt, dass in 25 von 30 Jahren stets Stationen in den östlichen Bundesländern die niedrigsten Jahresniederschlagssummen aufwiesen. In fünf Jahren hingegen waren die Niederschlagssummen im Oberrheingraben am geringsten: es waren dies die Jahre 2004, 2005, 2007, 2015 und 2023 (gelbe Punkte).

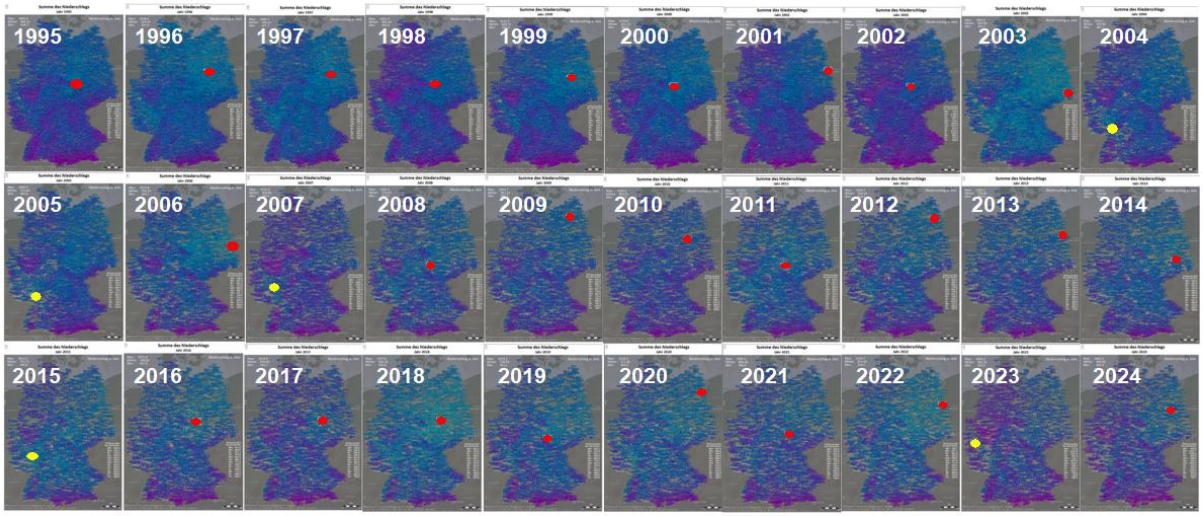

Abb. 15: Jahresniederschlagssummen in Deutschland, 1995-2024. Roter Punkt: Station des niedrigsten Jahresniederschlags (Ostdeutschland). Gelber Punkt: Station des geringsten Jahresniederschlags (Oberrheingraben). Quelle: Deutscher Wetterdienst.

Bei den trockensten Stationen Deutschlands (Abb. 16) zeigt sich, dass in den Fällen der Jahre, in denen die trockensten Stationen im Oberrheintal liegen, Gundersheim nicht der trockenste Ort darstellt. Im Jahr 2004 lag Frankenthal mit 388 mm Jahresniederschlag unter der Menge von Gundersheim (400 mm), im Jahr 2005 war es Bad Dürkheim mit 394 mm, 2007 Geisenheim nahe dem Mittelrheintal mit 510 mm und 2015 Ingelheim mit 345 mm. Im Jahr 2017 hingegen war Gundersheim der trockenste Ort Deutschlands mit einer Jahresmenge von 370 Liter pro Quadratmeter. Die vom Deutschen Wetterdienst identifizierte trockenste Station war Dessau-Roßlau-Rodleben in Sachsen-Anhalt mit 416,7 mm.

Jahr	Trockenste Station Deutschlands	Nmm	Gundersheim [mm]
1995	Beesenlaubingen	419	638
1996	Göttin	326	484
1997	Linthe	372	454
1998	Reinstedt	434	517
1999	Linthe	371	524
2000	Reinstedt	383	638
2001	Manschnow	443	619
2002	Reinstedt	484	738
2003	Kubschütz, Kr. Bautzen	301	327
2004	Frankenthal-Studernheim	388	400
2005	Bad Dürkheim	394	425
2006	Coschen	332	532
2007	Geisenheim	510	516
2008	Straußfurt/Unstrut	415	436
2009	Stavenhagen, Reuterstadt	447	532
2010	Berge	532	623
2011	Bad Tennstedt	376	412
2012	Friedland	418	528
2013	Neutrebbin	441	582
2014	Elsterwerda	391	543
2015	Ingelheim	345	370
2016	Bernburg/Saale (Nord)	358	632
2017	Dessau-Roßlau-Rodleben	417	341
2018	Dessau-Roßlau-Rodleben	257	445
2019	Erfurt-Weimar	351	522
2020	Grünow	364	437
2021	Sömmerda	349	579
2022	Neutrebbin	315	516
2023	Zülpich-Enzen	533	622
2024	Berlin-Colonie Alsen	433	635

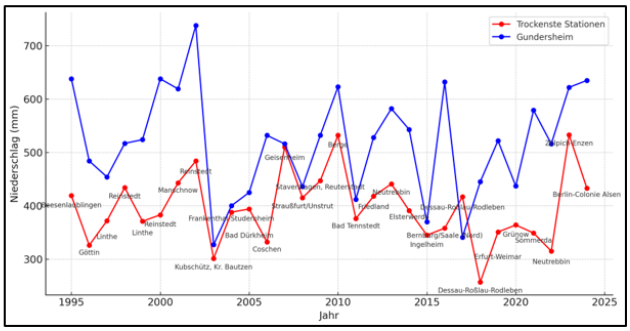

Abb. 16: Liste der Jahresniederschlagssummen der trockensten Stationen Deutschlands 1995-2024 im Vergleich zu Gundersheim. Rechts: Vergleich des Niederschlags: Trockenste Stationen vs. Gundersheim.

Auf der Internetseite vom Deutschen Wetterdienst https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_akt_html.html?view=nasPublication&nn=16102 werden die vieljährigen Mittelwerte der Jahre 1981-2010 aufgelistet. Enthalten sind 876 Stationen des Deutschen Wetterdienstes. Wird die Datenliste gefiltert nach der geringsten Niederschlagsmenge pro Jahr, so ist Grünow (im Landkreis Uckermark, Brandenburg) der Ort in Deutschland, der in diesem Zeitraum die geringste mittlere Jahresniederschlagsmenge empfängt. Es sind dies 483 mm Niederschlag. Der erste Ort mit der geringsten Niederschlagssumme, der sich in der Oberrheinischen Tiefebene wiederfindet, heißt Dannstadt-Schauernheim in Rheinland-Pfalz. Mit nur 542 mm Jahresniederschlag im Mittel von 1981-2010 handelt es sich um den trockensten Ort im Gebiet des Oberrheingrabens.

7. Gundersheim im mesoklimatischen Vergleich

Unter Mesoklima versteht man den Bereich, der zwischen Mikroklima und dem Makroklima liegt. Bislang wurde Gundersheim im großskaligen Umfeld betrachtet. Mit dem Aspekt des Mesoklimas werden ebenfalls regionale Unterschiede thermischer wie hygrischer Art sichtbar. Hierzu wurden in näherer Umgebung Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück herangezogen.

Der GeoBox-Viewer der Dienstleistungszentren Ländlicher Raum in Rheinland-Pfalz wird im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau herausgegeben von dem Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück. Die Karte zeigt die Übersichtskarte des Viewers. Der GeoBox-Viewer ist einsehbar im Internet unter der Adresse: https://geobox-i.de/GBV-RLP/

Aus einer Auswertung von 29 Stationen des DWD und des RLP wurden die Jahresniederschläge der Jahre 2015-2024 gemittelt und aus diesen Werten eine Isohyetenkarte (Karte mit Linien gleicher Niederschlagssumme) gezeichnet. Die Karte (Abb. 17) zeigt, wie die Niederschläge von West nach Ost abnehmen. Hierbei wird ein Minimum im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland erreicht, mit durchschnittlichen Niederschlagssummen zwischen 500 und 600 mm. Es bildet sich, wie im Diercke-Atlas angedeutet, der hygrische Fußabdruck im nördlichen Teil des Oberrheingrabens heraus. Deutlich werden auch zwei Trockenzonen: einmal 20 Kilometer nordnordöstlich vom Donnersberg, bei Sprendlingen (487 mm) und 15-20 Kilometer ostnordöstlich, um Gundersheim (489 mm). Alle ausgewerteten Stationen weisen mehr als 500 mm Niederschlag auf. Die Niederschläge steigen östlich und südlich von Gundersheim wieder an; hier macht sich bereits der beginnende Luv-Effekt des Odenwaldes bemerkbar.

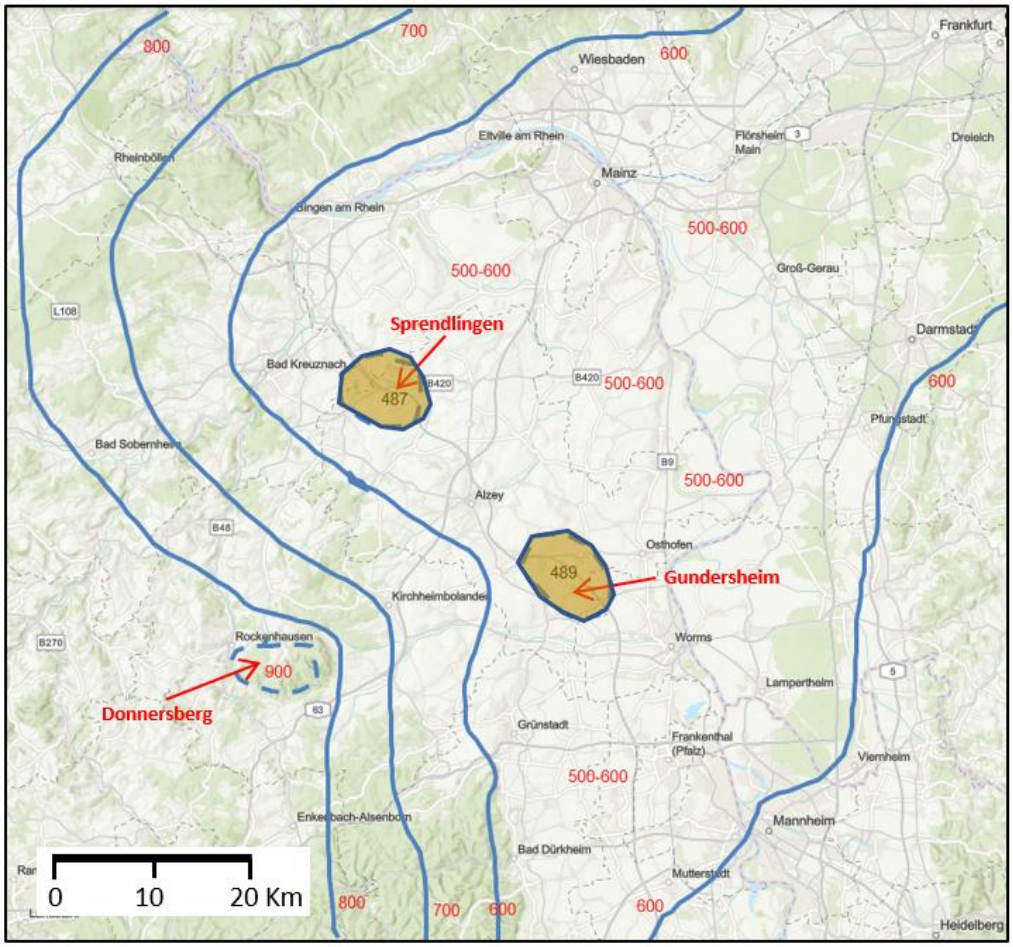

Abb. 17: Isohyetendarstellung der Dekade 3 (2015-2024) von Rheinhessen mit hervorgehobenen Trockeninseln (gelb). Kartengrundlage: GeoBox-Viewer: https://geobox-i.de/GBV-RLP/. Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR).

8. Auswertung von Temperaturschwellenwerten für den Zeitraum 1995-2024 in Gundersheim

Schwellenwerte der Temperatur sind sehr hilfreich zur weiteren Kennzeichnung der klimageographischen Prägung. Einige sollen auch hier für Gundersheim zur Anwendung gebracht werden:

Sommertag	Tmax ≥ 25°C
Heißer Tag	Tmax ≥ 30°C
Tropennacht	Tmin ≥ 20°C
Frosttag	Tmin ≤ 0°C

Eistag	Tmax ≤ 0°C

Tab. 2: Schwellenwerte der Temperatur in der Klimatologie

Als Sommertag gilt ein Tag, an dem das Maximum der Temperatur 25°C oder mehr erreicht.
Heißer Tag: als heißer Tag gilt ein Tag, an dem das Maximum der Temperatur 30°C oder mehr erreicht.
Tropennacht: als Tropennacht gilt ein Tag, wenn das Minimum der Temperatur 20°C nicht unterschreitet.
Frosttag: als Frosttag gilt ein Tag, wenn das Minimum der Temperatur 0°C oder weniger erreicht.
Eistag: als Eistag gilt ein Tag, wenn das Maximum der Temperatur 0°C nicht überschreitet.

Wird die Anzahl der Sommertage und heiße Tage in Gundersheim betrachtet (Abb. 18), zeigt sich, dass die Anzahl von Sommertagen und heißen Tagen zunehmen: gab es Ende der 90er Jahre noch um die 60 Sommertage, so sind es aktuell durchschnittlich 90 Sommertage, die es pro Jahr zu verzeichnen gibt. Allerdings ist diese Zunahme mit Vorsicht zu interpretieren, denn in den Jahren 2000 bis 2015 gab es eine Stagnation bei der Anzahl der Sommertage: durchschnittlich 60 Tage gab es in diesen Jahren zu verzeichnen, an heißen Tagen gab es in diesem Zeitraum 15-20 Tage zu verzeichnen. Auffällig sind die großen interannuellen Schwankungen. Dies zeigt sich auch bei den nachfolgenden Analysen von weiteren thermischen Schwellenwerten.

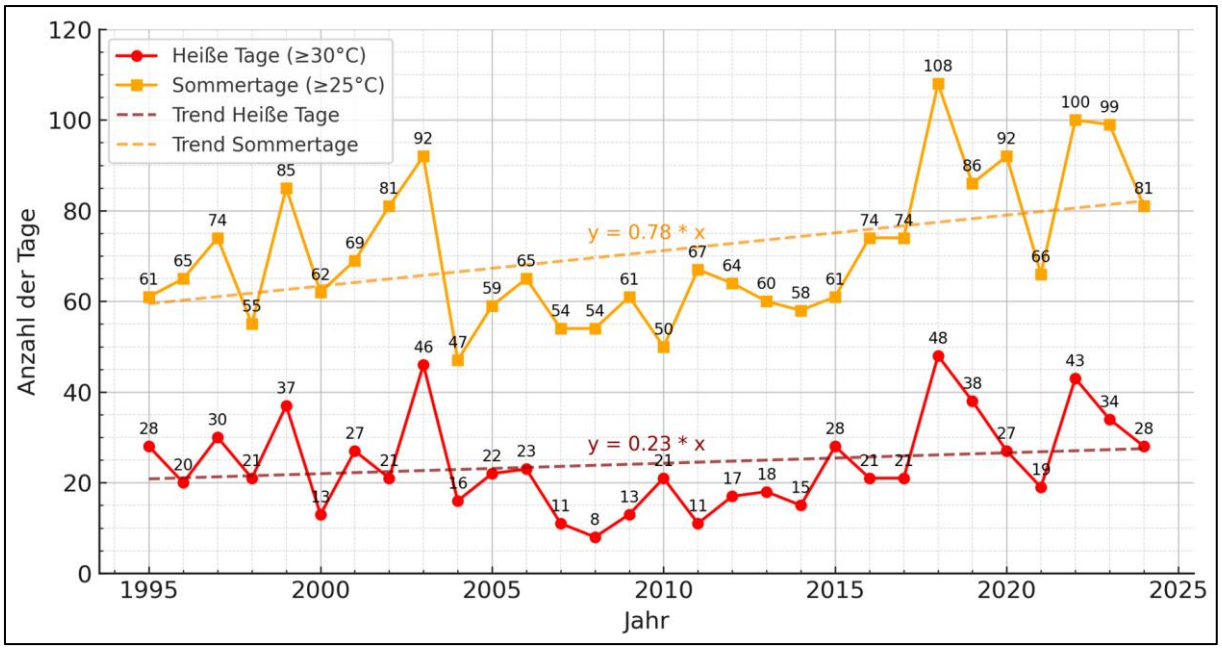

Abb. 18: Anzahl der heißen Tage und Sommertage pro Jahr (1995-2024) mit Trendlinie

Die Anzahl heißer Tage nimmt - wenn auch nur leicht - zu: der Trend beginnt bei 20 heißen Tagen im Jahr 1995 und endet bei 28 heißen Tagen im Jahr 2024.

Die Feststellung, dass es immer wärmer wird, geht auch einher mit der Tatsache, dass es immer weniger Frost- und Eistage gibt (Abb. 19). Besonders die Frosttage sind am "einschmelzen": gab es zu Beginn der Beobachtungsperiode noch durchschnittlich 80 Frosttage, so ist diese Anzahl auf unter 40 Tage gesunken. Immer weniger Frost bedeutet folglich auch weniger Eistage. Betrug die Zahl der Eistage im Jahr 1995 noch durchschnittlich 20 Tage so sind es aktuell nur noch 5 Tage. Hier wird der Klimawandel besonders sichtbar innerhalb der untersuchten 30-jährigen Datenreihe 1995-2024.

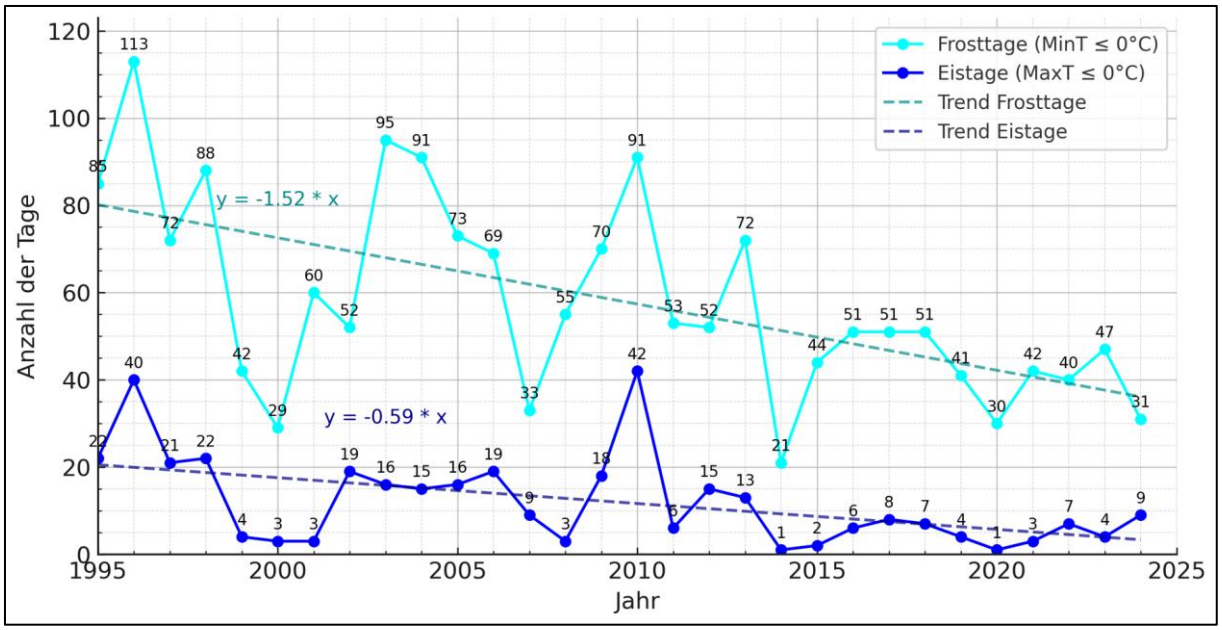

Abb. 19: Anzahl der Frost- und Eistage pro Jahr (1995-2024) mit Trend

Bei der Anzahl der Tropennächte von 1995 bis 2024 (Abb. 20) wird deutlich, dass auch die Nächte immer wärmer werden, was erhebliche bioklimatische Auswirkungen hat, denn dies sorgt für schlaflose Nächte bei vielen Menschen, insbesondere in den Städten und Ballungsräumen. Waren es früher keine oder eine Tropennacht pro Jahr, so sind in den letzten Jahren bis zu 5 oder gar 12 Tropennächte registriert worden.

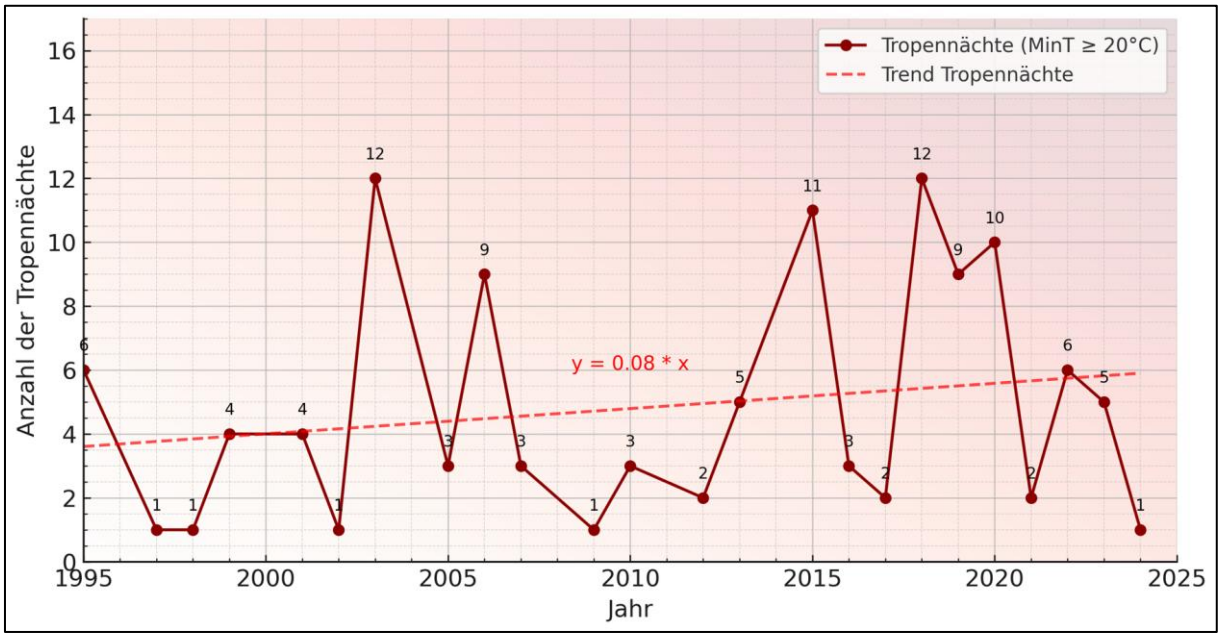

Abb. 20: Anzahl der Tropennächte pro Jahr (1995-2024) mit Trend

Die Niederschlagsintensität in Gundersheim ist auch ein wichtiges Maß für den Klimacharakter und seine zeitliche Veränderung 1995-2024 im Kontext des Klimawandels (Abb. 21). Ein Regentag ist definiert als Mindestregensumme von 1 mm pro Tag. Geringere Niederschlagssummen sind unbedeutend und werden nicht

berücksichtigt. Die Niederschlagsintensität wird berechnet nach der Regenmenge pro Jahr geteilt durch die Anzahl der Regentage.

Die Niederschlagsintensität hat im Zeitraum leicht zugenommen. Aus dem Diagramm lässt sich leicht ersehen, dass es in den 90er Jahren noch eine Niederschlagsintensität von 4,8 mm pro Regentag gab, im Verlauf bis zum Jahr 2024 hat sich diese aber auf 5,3 mm pro Regentag erhöht. Der lineare Trend mag keine Voraussicht in die Zukunft sein, doch lässt sich herleiten, dass aus höheren Niederschlägen innerhalb kurzer Zeit größere Probleme zu erwarten sind, gehen diese doch einher mit Starkniederschlägen, die mit den Konsequenzen Überflutungen, vollgelaufenen Kellern und Erosion zu tun haben.

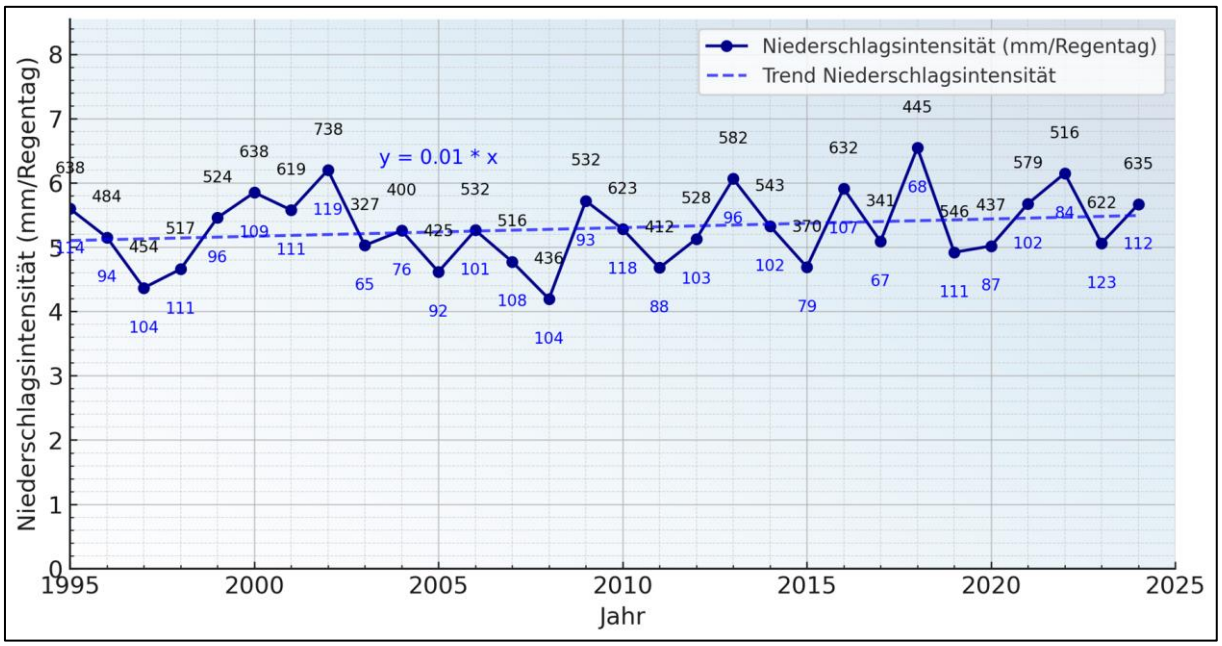

Abb. 21: Niederschlagsintensität pro Jahr (1995-2024) mit Trend

Die Analyse der Vegetationstage von 1995 bis 2024 zeigt einen deutlichen Anstieg der Tage mit einer Tagesmitteltemperatur von mindestens 5 °C, der lineare Trend weist einen Anstieg von etwa 0,8-1,0 Tagen pro Jahr aus, das entspricht einem Zuwachs von ca. 30 Tagen in 30 Jahren – also fast ein zusätzlicher Vegetationsmonat. Während Ende der 1990er Jahre durchschnittlich etwa 250 Vegetationstage gezählt wurden, überschreiten viele Jahre der 2010er und 2020er bereits die Marke von 240 bis 250 Tage. Dieser Trend weist auf eine Verlängerung der Vegetationsperiode hin, die vor allem durch den Klimawandel und milder werdende Winter begünstigt wird. Insgesamt hat sich die Vegetationszeit in den letzten drei Jahrzehnten um rund 30 bis 40 Tage verlängert.

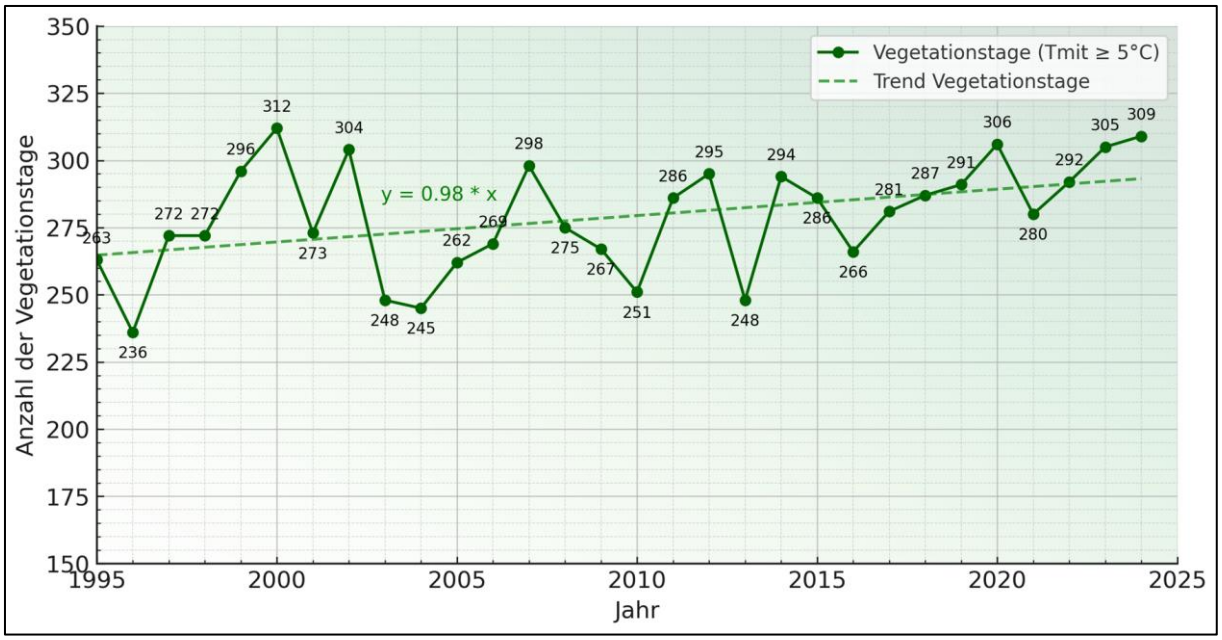

Abb. 22: Vegetationstage pro Jahr (1995-2024) mit Trend

9. Korrelation zwischen Temperatur, Niederschlag, Sonnenflecken und CO_2-Gehalt der Atmosphäre

Das Klima ist ein Zusammenspiel sehr verschiedenartiger Einflüsse. Es soll untersucht werden, welchen Einfluss die Sonnenaktivität sowie der CO_2-Gehalt darstellen. Hierzu wurde eine Tabelle erstellt, die die Jahresmitteltemperaturen mit den Jahresniederschlägen, Sonnenfleckenrelativzahlen und CO_2-Werten von 1995-2024 aufzeigt. Quelle der CO_2-Werte stellt die Webseite vom Umweltbundesamt dar: https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid-

Quelle der Sonnenfleckenrelativzahlen stellt die Webseite von Meteo.Plus dar: https://meteo.plus/sonnenaktivitaet.html

Die Sonnenfleckenrelativzahl ist ein leicht zu bestimmendes Maß für die Aktivität der Sonne, die normalerweise in einem ca. 11-jährigen Zyklus (Schwabe-Zyklus) schwankt. Die Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl bestimmt sich nach folgender Formel: $R = (10 * g) + f$ wobei g die Anzahl der Fleckengruppen auf der Sonne und f die Einzelflecken in allen Gruppen darstellen. Setzt man in die Formel z.B. Anzahl der Fleckengruppen = 4 und Einzelflecken in allen Gruppen = 77 --> R = 117. Hierbei stellt R die Sonnenfleckenrelativzahl dar. Im Mittel dauert ein Sonnenfleckenzyklus, gemessen von Minimum zu Minimum, etwa 11 Jahre. Beobachtet wurden unterschiedlich starke Zyklen mit Längen zwischen 9 und 14 Jahren. Es ist bekannt, dass die Sonnenaktivität das Klima beeinflusst. Im 16. und 17. Jahrhundert wurden keine oder nur ganz wenige Sonnenflecken auf der Sonne beobachtet, man spricht vom sogenannten Maunder-Minimum. In diese Zeiten fällt auch die sog. „Kleine Eiszeit“, die in Europa markante Folgen hatte (u.a. Hungersnöte). Es gab jahrzehntelang kühle Sommer und sehr niedrige Temperaturen mit zugefrorenen Flüssen und Seen im Winter. Viele Bilder damaliger Künstler (u.a. Pieter BREUGEL der Ältere: „Die Jäger im Schnee“ aus dem Jahr 1565) zeigen Menschen auf zugefrorenen Flüssen bzw. Kanälen insbesondere in den Niederlanden. Somit soll auch der mögliche Einfluss der Sonnenaktivität rezent betrachtet werden.

In einer Grafik sind die Sonnenfleckenrelativzahlen den Jahresmitteln der Temperatur gegenübergestellt. Es zeigt sich keine signifikante Korrelation der beiden Variablen. Zwar weisen einzelne Jahre durchaus einen Zusammenhang auf, diese sind aber über den gesamten Verlauf der Beobachtungsperiode nicht hinreichend signifikant. So gab es in den Jahren 2002 und 2003 im Maximum des 23. Sonnenzyklus überdurchschnittlich warme Jahresmittel zu verzeichnen (11,3°C / 10,6°C), beim Übergang vom 23. zum 24. Zyklus im Jahr 2009 ein immer schon leicht unterdurchschnittlich warmes Jahr (10,6°C), im darauffolgenden Jahr wurde das

zweitkälteste Jahr verzeichnet (9,4°C). Alle Monate des Jahres 2010 waren mit Ausnahme vom Juli deutlich kühler, teils bis zu 4K unter dem Gesamtdurchschnitt: Januar, Februar und Dezember lagen 3,9K, 2,3K und 4,7K unter dem Gesamtdurchschnitt. Es sind andere Klimafaktoren, die die Temperatur in jüngster Zeit beeinflussen; u.a. der zusätzliche anthropogene Treibhauseffekt durch den enormen Ausstoß von klimarelevanten Gasen seit 1850. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas) reichert sich das CO_2 in der Atmosphäre an: der Anstieg betrug vor 1950 etwa 0,5 ppm pro Jahr, seit 1950 erfolgte ein beschleunigter Anstieg (ca. 2 ppm pro Jahr). Seit 2000 liegt ein sehr schneller Anstieg vor (ca. 2,5 ppm pro Jahr). Durch die immer mehr zunehmende Abholzung von Wäldern wird immer weniger CO_2 gespeichert. Zudem sorgen Industrialisierung und Verkehr für den immer stärker werdenden Anstieg von CO_2. Wenn der Trend anhält, würde dies zu weiteren Temperaturanstiegen und extremen Wetterereignissen führen.

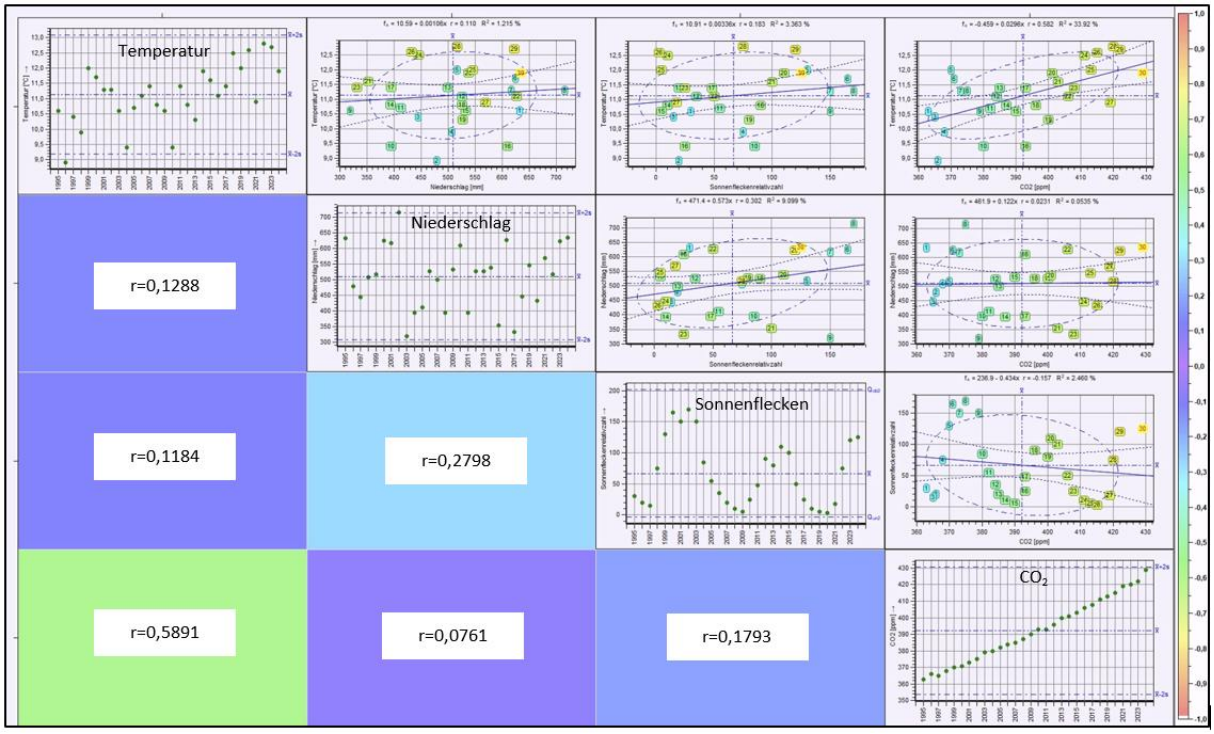

Abb. 23: Korrelationsmatrix der Variablen Temperatur, Niederschlag, Sonnenfleckenrelativzahl und CO_2 im Zeitraum 1995-2024. Quellen: Meteo.Plus / Umweltbundesamt

In der in Abb. 23 gezeigten Grafik handelt es sich um die Korrelationsmatrix der Variablen Temperatur, Niederschlag, Sonnenfleckenrelativzahl und CO_2 im Zeitraum von 1995-2024. Die Diagonale von oben links nach unten rechts enthält die Variablen Temperatur, Niederschlag, Sonnenfleckenrelativzahl und CO_2, der Zeitraum von 1995-2024 ist auf der Abszisse abgetragen, die Werte auf der Ordinate der jeweiligen Variable. In der linken unteren Hälfte sind in Farbe die Korrelationskoeffizienten dargestellt. Zur besseren Lesbarkeit werden die Koeffizienten farblich hervorgehoben: blaue Farben bedeuten keine Korrelation, grün eine schwache Korrelation, orange bzw. rot starke Korrelation, d.h. einen starken Zusammenhang zwischen den Variablen. Es zeigt sich, dass Temperatur und CO_2 in einem größeren Zusammenhang stehen als die anderen Variablen, der Korrelationskoeffizient beträgt r=0,5891. Das Bestimmtheitsmaß berechnet sich auf 33,92%. Das bedeutet, dass 33% der Residuen durch den linearen Zusammenhang zurückgeführt werden können. Somit steht fest, dass hohe CO_2-Werte mit höheren Temperaturen im Einklang stehen. Der x-y-Plot in der rechten oberen Ecke zeigt diesen Zusammenhang recht deutlich. Jedes Wertepaar stellt ein Jahr dar, der Farbverlauf der Werte zeigt zusätzlich, dass die letzten 10 Jahre des 30-jährigen Beobachtungszeitraum die höchsten Temperaturen als auch die höchsten CO_2-Werte aufweisen. Immerhin ist noch ein schwacher Zusammenhang bei den Variablen Niederschlag und Sonnenfleckenrelativzahl zu erkennen: allerdings beträgt hier der Korrelationskoeffizient nur r=0,2798.

Die Grafik der Korrelation der Sommertage mit der Sonnenfleckenrelativzahl enthält für jeden Datenpunkt des Zeitraums 1995-2024 die entsprechende Jahreszahl für eine bessere Lesbarkeit. Die berechnete Korrelation

beträgt etwa 0,12, was eine sehr schwache positive Korrelation darstellt. Der p-Wert von 0,52 zeigt, dass diese Korrelation statistisch nicht signifikant ist. Dies bedeutet, dass es keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Sonnenfleckenaktivität und der Anzahl der Sommertage gibt.

Die Korrelation der Sommertage mit CO_2 weist mit einem Wert von r=0,45 einen moderaten positiven Zusammenhang auf. Der p-Wert von 0,0124 deutet darauf hin, dass diese Korrelation statistisch signifikant ist. Dies legt nahe, dass ein Anstieg der CO_2-Konzentration mit einer Zunahme der Sommertage zusammenhängen könnte.

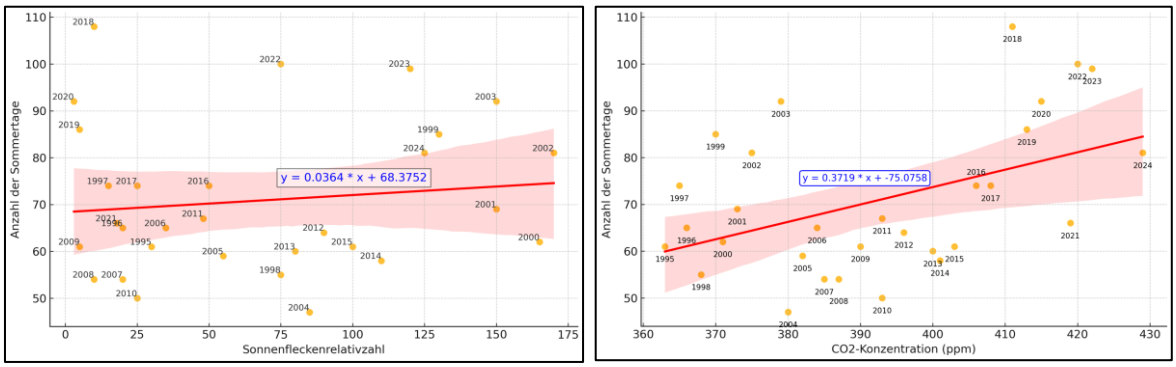

Abb 24.: Korrelation zwischen Sonnenflecken und Sommertagen mit Trend und 95%-Konfidenzbereich (1995-2024), r=0,12, p=0,52 (links). Korrelation zwischen CO_2 und Sommertagen mit Trend und 95%-Konfidenzbereich (1995-2024), r=0,45, p=0,0124 (rechts).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Korrelationsanalyse der letzten 30 Jahre ergab, dass CO_2 eine starke positive Korrelation mit der Temperatur (0.58) hat, was darauf hindeutet, dass höhere CO_2-Werte mit höheren Temperaturen zusammenhängen. Dies entspricht dem bekannten wissenschaftlichen Zusammenhang zwischen Treibhausgasen und globaler Erwärmung. Ebenso korreliert die Anzahl der Sommertage mit der CO_2-Konzentration. Insbesondere in den letzten 10 Jahren (2015-2024) gab es Jahre mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl von Sommertagen, welche mit den hohen Werten von CO_2 korreliert.

Die Sonnenfleckenrelativzahl hat eine schwache positive Korrelation mit Niederschlag (0.30) und Temperatur (0.18). Dies deutet darauf hin, dass mit höherer Sonnenaktivität auch höhere Niederschläge einhergehen. Dies könnte mit Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation zusammenhängen. Die Korrelation der Sonnenflecken mit den CO_2-Werten ist leicht negativ (-0.15), was bedeutet, dass Sonnenaktivität nicht direkt mit CO_2-Werten korreliert. Das bestätigt, dass CO_2-Emissionen durch menschliche Aktivitäten dominiert werden.

Die Korrelation zwischen CO_2 und Niederschlag ist sehr gering (0.02), was auf keinen direkten Zusammenhang hinweist. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass CO_2 den größten Einfluss auf die Temperatur hat. Sonnenflecken spielen nur eine kleine Rolle bei Temperatur- und Niederschlagsänderungen. Niederschlag und Temperatur hängen kaum miteinander zusammen.

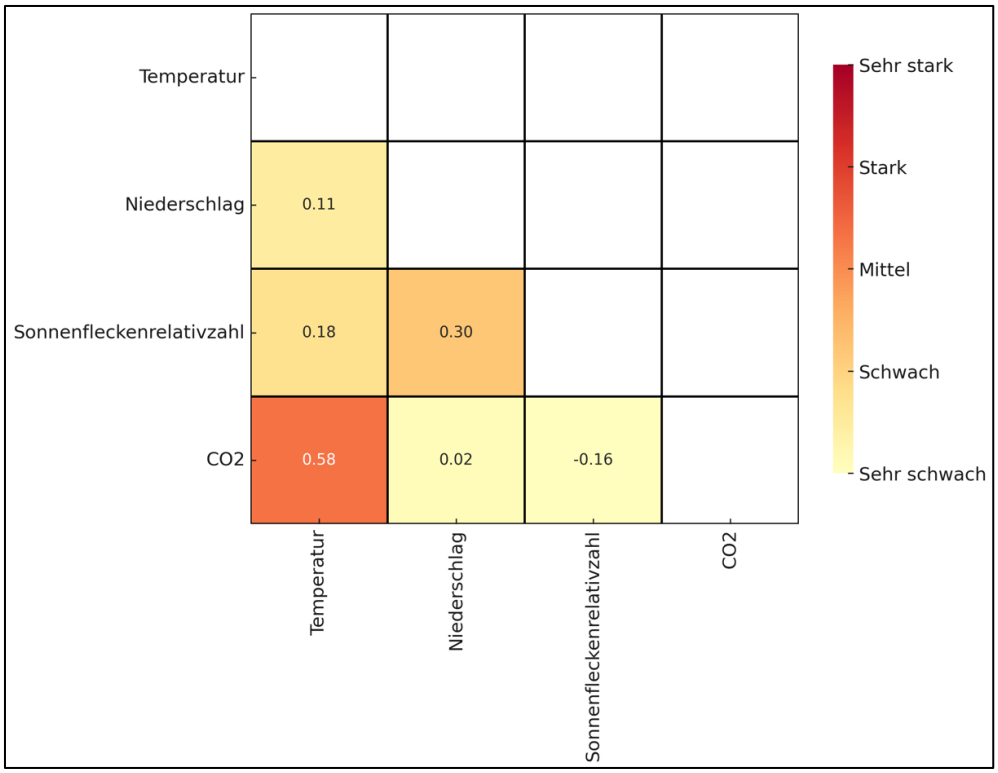

Abb. 25: Korrelationskoeffizienten der Variablen Temperatur, Niederschlag, Sonnenfleckenrelativzahl und CO_2.
Quellen: Meteo.Plus/ Umweltbundesamt

10. Entwicklung von Kälte- und Wärmesummen in Gundersheim

Für die Beurteilung des meteorologischen Winters wird die Kältesumme der Monate Dezember, Januar und Februar herangezogen. Aufsummiert werden alle negativen Tagesmitteltemperaturen des Zeitraums.
Die thermische Beurteilung des Winters sieht dann wie folgt aus:

Summe < 100	sehr milder Winter
Summe 100 - 200	normaler Winter
Summe 201 - 300	mäßig strenger Winter
Summe 301 - 400	strenger Winter
Summe > 400	sehr strenger Winter

Tab. 3: Beurteilung des Winters anhand der Kältesumme

Die Grafik zeigt, dass es mit Ausnahme der Jahre 1995-1997, 2002, 2003, 2006, 2009-2010 und 2012 nur milde Winter gab. Die Trendkurve zeigt einen abnehmenden Trend, fast 3°C nimmt die Kältesumme pro Jahr ab. In den letzten 10 Jahren beträgt die Kältesumme durchschnittlich nur 35°C. Nur 9 von 30 Winter sind als „normal“ zu bezeichnen, wie man leicht aus der Tabelle ablesen kann.

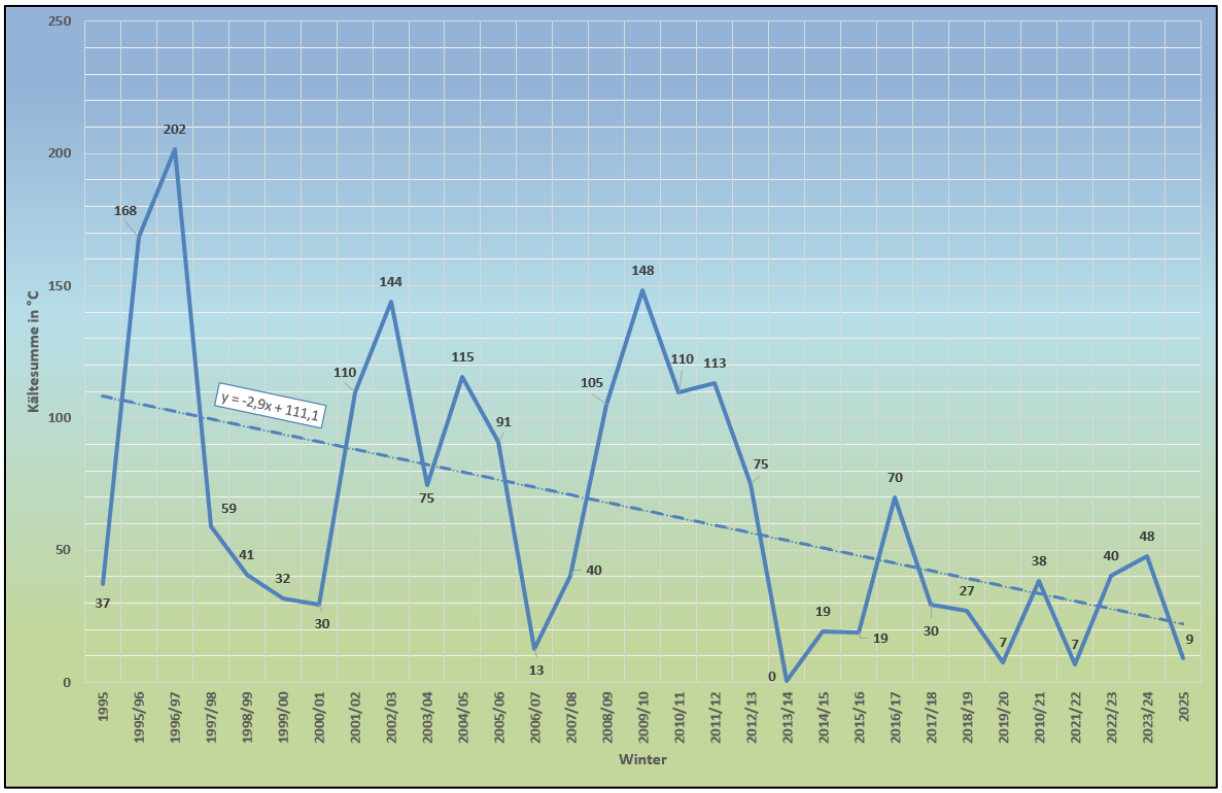

Abb. 26: Summe der negativen Tagesmittel (Kältesumme) pro Winter (Dezember-Februar), 1995-2024.

Für die Ermittlung der Wärmesumme werden die Tagesmittel-Temperaturwerte größer gleich 5°C aufsummiert und für jedes Jahr des Zeitraums 1995-2024 dargestellt. Da sich die Vegetationsperiode infolge der Klimaerwärmung stetig verlängert (siehe Abb. 22: Vegetationstage pro Jahr), folgt daraus, dass auch die Wärmesummen zunehmen, pro Jahr etwa 20°C. Der Trend zeigt eindeutig nach oben. Für erfolgreichen Weinbau ist eine Wärmesumme von 2.900°C aufwärts erforderlich, diese Voraussetzung ist im Fall von Gundersheim in allen Jahren gegeben. Andere landwirtschaftliche Kulturen kommen mit deutlich geringeren Wärmesummen aus: Sonnenblumen >1.450 °C, Mais 1.450-1.700°C, Sommerweizen 1.870-2.275°C, Sommerroggen 1.750-2.190°C, Sommergerste 1.700-2.500°C, Hafer 2.340-2.730°C, Erbsen 2.100-2.800°C, Sommerraps 1.700-1.900°C, Lein 1.600-1.850°C, Kartoffeln 1.300-3.000°C, Runkelrüben 2.400-2.700°C, Wein >2.900°C.

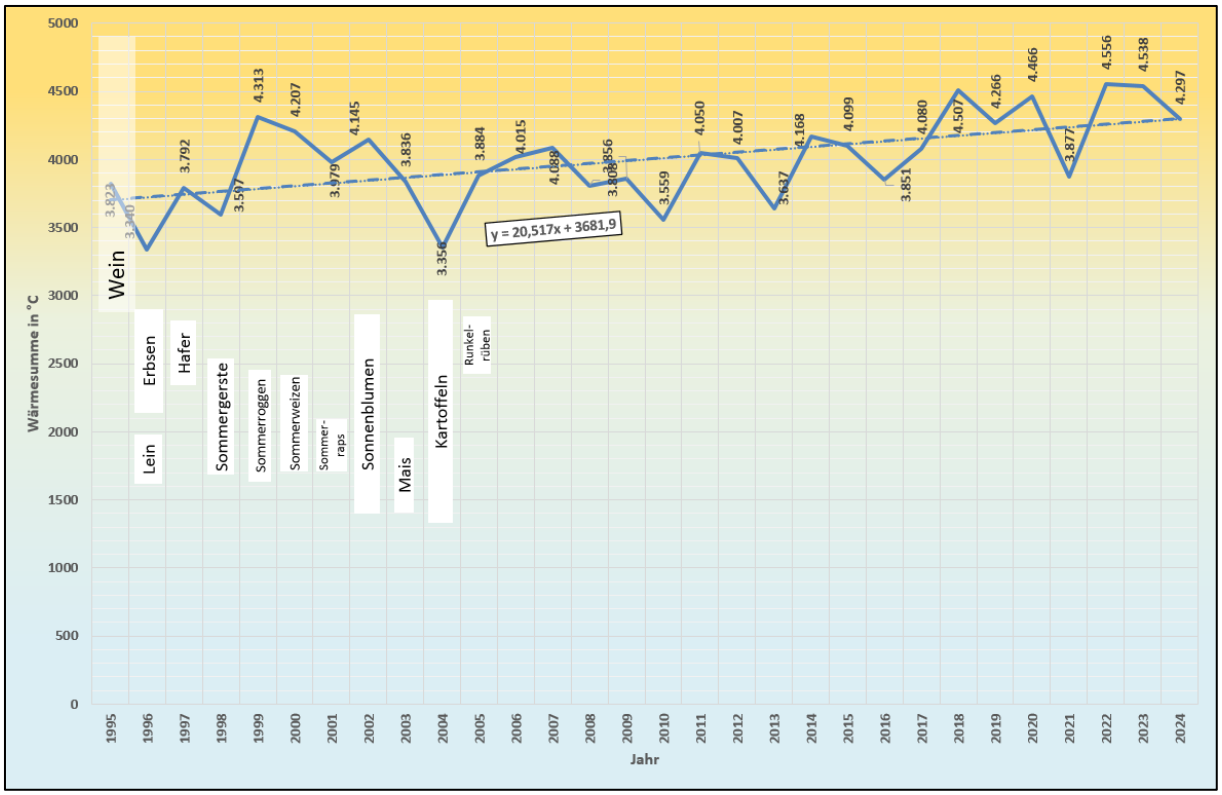

Abb. 27: Summe der Tagesmittel-Temperaturwerte (Wärmesumme) in der Vegetationsperiode (>=5°C), 1995-2024.

In der Agrarmeteorologie dient die Grünlandtemperatursumme als wichtiger Indikator zur Bestimmung des Vegetationsbeginns. Hierbei werden alle positiven Tagesmitteltemperaturen seit Jahresbeginn aufsummiert, wobei eine monatliche Gewichtung erfolgt: Im Januar wird das Tagesmittel mit dem Faktor 0,5 multipliziert, im Februar mit 0,75. Ab März fließen die Temperaturen ungekürzt ein. Erreicht die Summe 200 Grad, gilt dies als Zeichen für einen nachhaltigen Vegetationsbeginn. In Mitteleuropa markiert dieser Wert traditionell den Startzeitpunkt für Feldarbeiten und den agrarmeteorologischen Frühling. In dieser Phase beginnt üblicherweise die Düngerausbringung, da eine frühere Anwendung aufgrund der noch fehlenden Bodenaktivität ineffektiv wäre. Interessanterweise fällt das Erreichen der 200-Grad-Marke häufig mit der Blüte der Forsythien zusammen. Das GANTT-Diagramm, auch Balkenplan genannt, ist eigentlich ein Tool des Projektmanagements. In der Grafik wird auf der x-Achse das Datum dargestellt, auf der y-Achse die Jahre von oben nach unten. Die Balken enden bei dem Datum bei welchem die Wärmesumme von 200°C erreicht ist. Es zeigt sich, dass dieses Datum immer früher stattfindet, die Trendlinie verdeutlicht diese Tatsache. Lag das Datum vor 30 Jahren Anfang bis Mitte April (1995/ 1996), so verfrühte sich dieser Termin auf Anfang bis Mitte März in den letzten 10 Jahren (2015-2024). Der kürzeste Termin der Wärmesumme 200°C wurde 2024 erreicht (26. März). Mit dem immer früheren Eintritt des Vegetationsbeginns werden auch frühere Erntetermine für viele Kulturen erreicht.

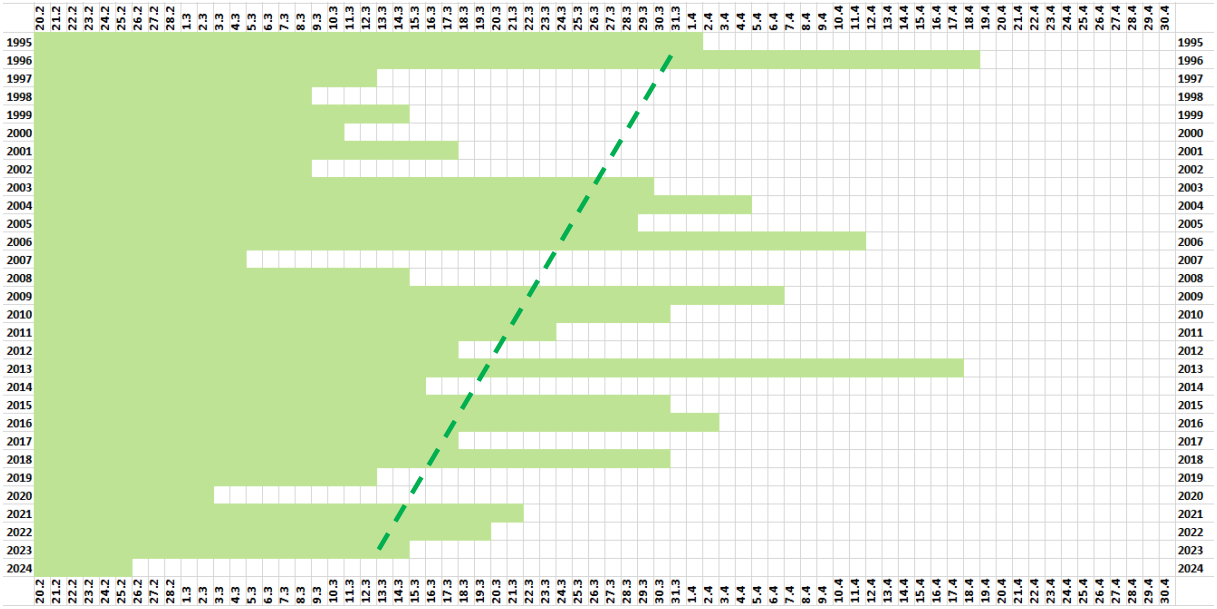
Abb. 28: Darstellung des Termins des Erreichens der Wärmesumme von 200°C mit eingezeichneter Trendlinie.

11. Zusammenfassung und Ausblick

Die 30-jährige Studie zeigt, dass Gundersheim als einer der thermisch begünstigsten und trockensten Orte von ganz Deutschland zählt, der durch seine außergewöhnliche Lage am Ostrand des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes gelegen ist und dadurch eine ganz ausgeprägte Schutzlage durch die westlich gelegenen Mittelgebirge Ardennen, Eifel, Hunsrück, Nordpfälzer Bergland aufweist. Insbesondere der Donnersberg fungiert als Eckpfeiler, der das Abregnen der atlantischen Luftmassen intensiviert und so die südliche Region Rheinhessens als Trockeninsel erscheinen lässt. Die im Mittel 500 mm Niederschlag werden nur im Osten Deutschlands durch einzelne Orte im Lee des Harzes unterboten. Die Lage Gundersheims sorgt für eine thermische Gunst, wie sie an die Toskana erinnert. Im Schutze des Ortes gedeihen nicht nur Wein, sondern auch seit vielen Jahren Feigen. Der Trend der Temperatur zeigt einen Anstieg, der primär durch die Auswirkung des vom Menschen verursachten Treibhauseffektes zurückzuführen ist. Die bestehende Wetterstation in Gundersheim soll auch in Zukunft weiter betrieben werden, um die festgestellten Trends weiter zu beobachten und zu analysieren.

12. Danksagung

Martin Werner spricht seiner Frau Sabine und seinem Sohn Paul seinen tiefen Dank aus, da sie viele Stunden entbehrten, um die Entstehung dieser Arbeit zu ermöglichen. Sein besonderer Dank gilt seinem Vater, Herrn Hubert Werner aus Gundersheim, der bedauerlicherweise im Jahr 2019 verstarb. Ein weiterer Dank gilt seinem Bruder Andreas Werner, der nach dem Tod des Vaters dem Projekt sehr wohlwollend gegenüberstand und schon oft bei Pflegemaßnahmen tatkräftig mithalf. Hans-Joachim Fuchs dankt allen Beteiligten in Gundersheim für ihren unermüdlichen Einsatz bei der Leitung und Betreuung der Station über die vielen Jahre hinweg.

13. Literaturverzeichnis

AMBOS, R. & KANDLER, O. (1987): Einführung in die Naturlandschaft. – 1-28. In: JUNGBLUTH, J. H. (Hrsg.): Der Mainzer Sand – Beiträge zur Monographie des Naturschutzgebiets Mainzer Sand und seiner näheren Umgebung. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 25: 608 S., Mainz.

Diercke Weltatlas (2023): Westermann GmbH & Co. KG, 336S., Braunschweig

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (2019): Geländeklima-Messnetz in Gundersheim - eine rück- und ausblickende Analyse. -Festschrift 1250 Jahre. Gundersheim. Seite 56-76.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (2014): Klimageographische Kennzeichen und Besonderheiten im südlichen Rheinhessen am Beispiel von Gundersheim. -Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv. Zeitschrift der Rheinischen Naturforschenden Gesellschaft Mainz. Band 51. Seite 7-32.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (2002): Zur Klimaökologie des Donnersbergs in der Nordpfalz. -Mitteilungen der POLLICHIA 87 f. 2000. Bad Dürkheim. Seite 19-41.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (1998): Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen. -Mitteilungen der POLLICHIA 83. Bad Dürkheim. Seite 37-65.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (1997): Eine Analyse der Niederschlagsverhältnisse in Gundersheim. -Heimatjahrbuch 1998. Landkreis Alzey-Worms. Alzey. Seite 147-154.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (1996): Geländeklimatische Untersuchungen im südlichen Rheinhessischen Tafel- und Hügelland - am Beispiel von Gundersheim. -Heimatjahrbuch 1997. Landkreis Alzey-Worms. Alzey. Seite 133-142.

FUCHS, H.-J. et WERNER, M. (1995): Das Jahr 1994 in Gundersheim. Eine witterungsklimatische Skizze. -Heimatjahrbuch 1996. Landkreis Alzey-Worms. Alzey. Seite 172-178.

FUCHS, H.-J. et STEINHAUER, T. (2008): Der Klimafaktor ‚Donnersberg' mit seinen kleinräumigen Impakten – Konzeption eines interaktiven Klimalernpfades. -Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv. Zeitschrift der Rheinischen Naturforschenden Gesellschaft Mainz. Band 45. Seite 41-60.

FUCHS, H.-J. et KAFFENBERGER, B. (2007): Umweltwahrnehmung hinsichtlich der klimaökologischen Gegebenheiten am Donnersberg/Pfalz. –Mitteilungen der POLLICHIA 92. Bad Dürkheim. Seite 9-32.

FUCHS, H.-J. et HOFMANN, U. (2006): Der Donnersberg in der Nordpfalz als wirksamer Klimafaktor. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv. Zeitschrift der Rheinischen Naturforschenden Gesellschaft Mainz. Band 44. Seite 71-85.

LESER, H. (1969): Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen. 253 S., Berlin.

SCHÖNWIESE, C.-D. (2008): Klimatologie. Verlag Eugen Ulmer. 472 S., Stuttgart.

DEUTSCHER WETTERDIENST:
https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_akt_html.html?view=nasPublication&nn=16102 (Zugriff: 26.02.2025)

DIENSTLEISTUNGSZENTREN Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz – Agrarmeteorologie. http://wetter.rlp.de/, (Zugriff: 26.02.2025)

DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Abteilung Technische Zentralstelle
http://wetter.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/ (Zugriff: 26.02.2025)

GEO-BOX VIEWER: https://geobox-i.de/GBV-RLP/
Von Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS, Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, IGN 2022 – Esri France 2022, Esri, TomTom, Garmin
Kartenlayer: Topographische Karte 1:25.000 (Zugriff: 05.02.2025)

Klimastation Gundersheim, https://www.Klimastation-Gundersheim.de (Zugriff: 30.03.2025)

METEO PLUS: https://meteo.plus/sonnenaktivitaet.html (Zugriff: 26.02.2026)

MTWETTER: https://www.mtwetter.de/ (Zugriff: 05.02.2026)

Google Maps – Auszug aus Karten

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Hans-Joachim Fuchs
Geographisches Institut
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
D-55099 Mainz
E-Mail: hans.fuchs@uni-mainz.de
Homepage: https://www.geo.uni-mainz.de/prof-dr-hans-joachim-fuchs

Dipl.-Geogr. Martin Werner
Posener Platz 10
D-68307 Mannheim
E-Mail: martin.werner_69@web.de
Homepage: https://www.klimastation-gundersheim.de