

Klimageographische Kennzeichen und Besonderheiten im südlichen Rheinhessen am Beispiel vom Gundersheim

HANS-JOACHIM FUCHS & MARTIN WERNER

Kurzfassung

Auf der Klimakarte von Deutschland im Diercke Weltatlas (2008: 52) ist der südliche Teil von Rheinhessen mit der flächigen Klimatyp-Kennzeichnung „A6“ versehen. Dies bedeutet in klimageographischer Hinsicht relativ geringe Jahresniederschläge (ca. 500 mm) bei gleichzeitiger hoher Anzahl von Monaten mit einer Durchschnittstemperatur von über 10 °C. Vergleichsweise trockenere Standorte mit der Kennzeichnung „A“ sind in den Talbereichen der Saale, Unstrut und Bode („A5“) im östlichen Teil von Deutschland anzutreffen, jedoch mit nur 5 Monaten von über 10 °C Durchschnittstemperatur („5“). Die Gemeinde Gundersheim im südlichen Rheinhessen liegt mitten in der im Atlas ausgewiesenen Klimatyp-Region „A6“, welche innerhalb des Bundesgebietes einzigartig ist. Die Region ist durch eine markante Leelage in Bezug auf die regenbringenden Winde aus westlichen Richtungen geprägt, die von den Mittelgebirgen Eifel, Hunsrück, Nordpfälzer Bergland und seinem markanten Eckpfeiler Donnersberg induziert wird. Daraus resultieren vergleichsweise niedrige Jahresniederschläge sowie ein erhöhtes Jahresmittel der Temperatur von 10,8 °C. Die besondere Hanglage von Gundersheim innerhalb des Rheinhesischen Tafel- und Hügellandes bedingt eine zusätzliche orographische Abschirmung, so dass im Fall von Gundersheim von einer Mehrfach-Leelage gesprochen werden kann. Während der obere Hangbereich die höchsten Jahresniederschlagssummen in Gundersheim aufweist, reduzieren sich diese mit abnehmender Höhenlage im Talbereich. Thermisch besonders wirksam ist eine intensive Kaltluftseebildung im Tal, die im Frühjahr oft zu Spätfrösten führt und sich so auf den Weinbau auswirkt. Durch ein seit 1995 aufgebautes Messnetz von drei Stationen konnten die besonderen mesoklimatischen Effekte in hygrischer wie auch thermischer Hinsicht in den verschiedenen Hangbereichen analysiert und Gundersheim als eine vermutete Trocken- und Wärmeinsel innerhalb von Rheinhessen nachgewiesen werden.

Abstract

Climatic characteristics and specifics in the southern part of Rheinhessen considering the example of Gundersheim (Germany, Rhineland-Palatinate)

On the climate map of Germany in the Diercke World Atlas (2008: 52) the southern part of Rheinhessen is characterized by the regional climate type "A6". This means relatively low amount of annual precipitation (approx. 500 mm) with a concurrent high number of months with an average temperature of more than 10 °C. Relatively dry locations of the climate type "A" can be found in the valley areas of the Saale, Unstrut and Bode ("A5") in the eastern regions of Germany, however, with only 5 months of an average temperature of over 10 °C ("5"). The village of Gundersheim in the southern part of Rheinhessen is located in the center of the climate region of "A6", which is unique within Germany. The region is marked by a striking leeward situation with regard to the rain-bringing moist winds from western directions which is induced by the mountain ranges of Eifel, Hunsrück, Nordpfälzer Bergland including the orographic barrier of the nearby Donnersberg. This results in a relatively low annual precipitation as well as in a raised annual average temperature amounting to 10.8 °C. The particular orographic situation of Gundersheim within the Rheinhesisches Tafel- and Hügelland causes an additional leeward effect, so that in the case of Gundersheim a multiple leeward situation exists. While the upper slope area shows the highest annual precipitation in Gundersheim, this declines with decreasing altitude in the valley area. Thermally especially efficiently is an intensive cold air accumulation in the valley. In spring this often leads to frost, which has a negative impact to the wine-growing. Since 1995, the particular meso-climatic effects could be analysed by an observational network consisting of three stations in hygric as well as thermal regard in the different slope areas in order to prove the dry as well as warm island climate character of Gundersheim within Rheinhessen.

Key words

Additional leeward effect, Area climate study, Cold air accumulation, Landscape and climate, Gundersheim, Late frost events, Precipitation, Temperature

1. Geomorphologische und klimageographische Lage des Untersuchungsgebietes

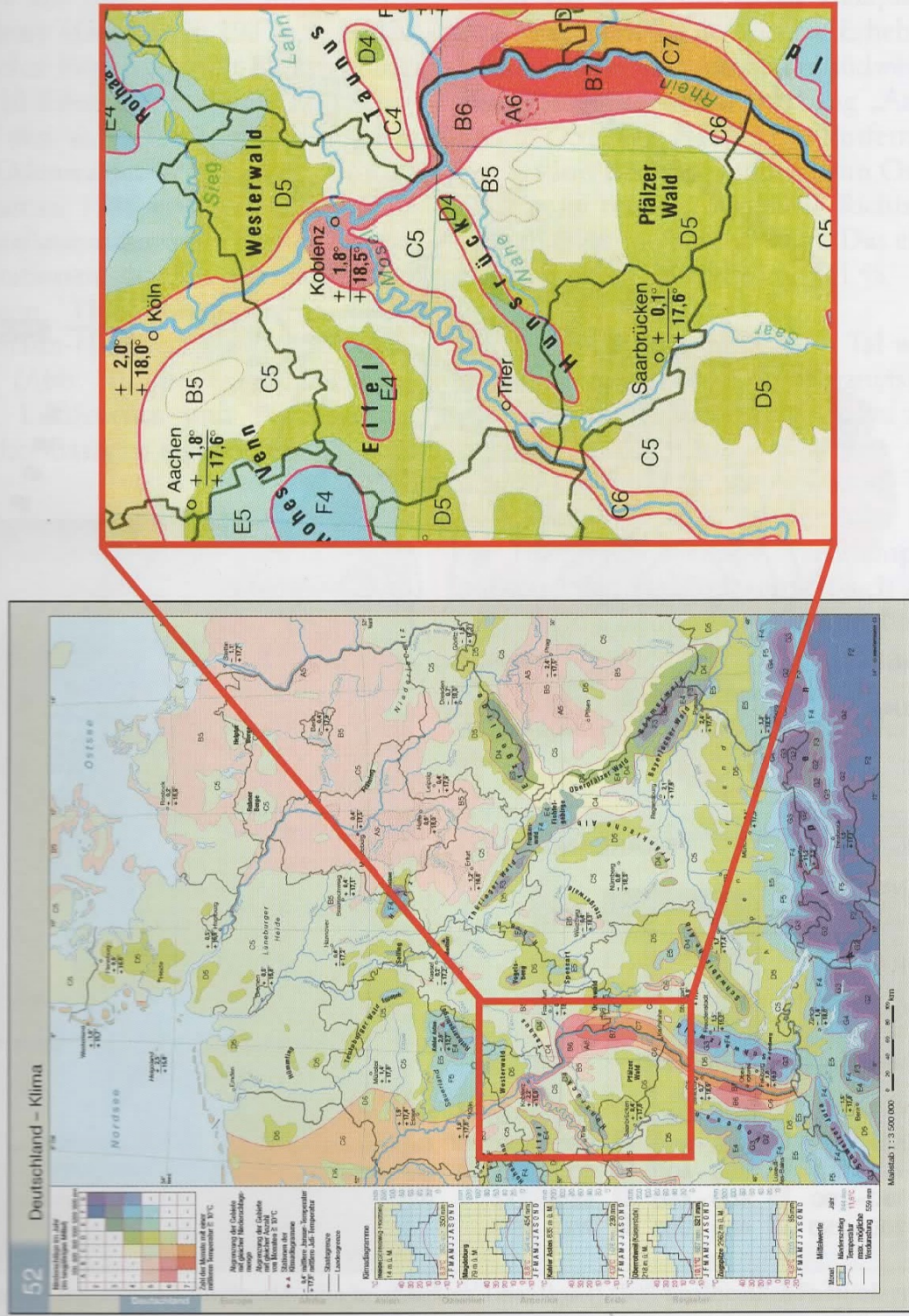
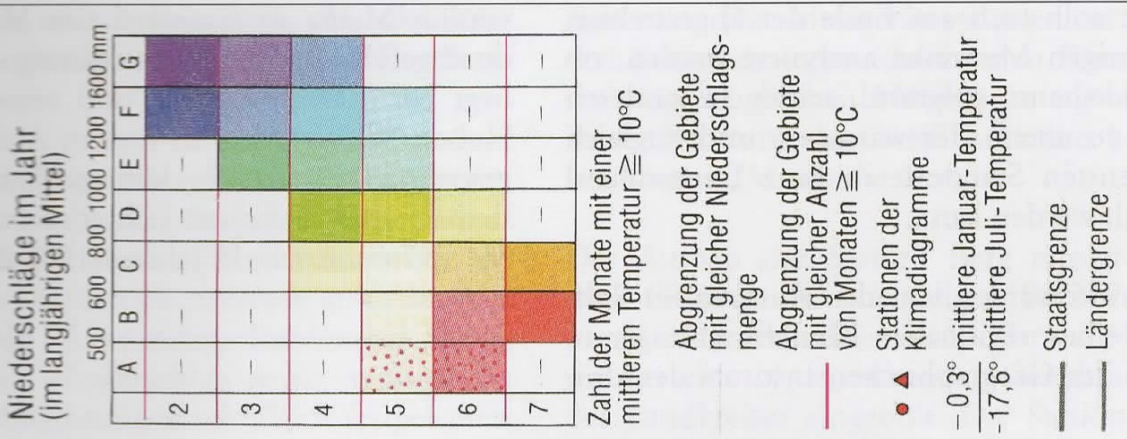
Die Region Rheinhessen liegt im nördlichen Bereich des Oberrheingrabens und wird großräumig vom Rheinischen Schiefergebirge im Norden (mit Hunsrück und Taunus), vom Nordpfälzer Bergland und Pfälzerwald im Westen sowie weiter im Osten auf der rechten Rheinseite vom Odenwald umrahmt. Die Gemeinde Gundersheim liegt im südlichen Teil des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes zwischen Alzey und Worms, welches aus 200-250 m hohen Plateauflächen und dazwischenliegenden, hügeligen Ausraumzonen besteht. Die tertiären Mergel und Kalke des Mainzer Beckens wurden während des Pleistozäns mit Löss überweht. Auf dieser mächtigen Lössdecke konnten sich in fast ganz Rheinhessen sehr fruchtbare Böden entwickeln. Dies zeigt sich deutlich in der intensiven agrarischen Landnutzung. Als Weinbaugemeinde liegt Gundersheim im größten Weinbau treibenden Landkreis Deutschlands (im Landkreis Alzey-Worms) und mitten im Weinanbaugbiet Rheinhessen. Die durchschnittliche Höhenlage des Gemeindegebiets liegt auf 168 m ü. NHN (Normalhöhennull, ersetzt seit 1993 die Angabe NN bei Höhenangaben).

Insbesondere die südlich exponierten Hangpartien sind durch Weinanbau gekennzeichnet. Das Ortsgebiet von Gundersheim und die umgebende Gemarkungsfläche befinden sich im Bereich eines größtenteils nordöstlich exponierten Hangbereiches, welcher Teil der nach Südosten verlaufenden Ausraumzone des Seebaches bzw. „Altbaches“ ist. Die gesamte Talzone öffnet sich zur Oberrheinischen Tiefebene hin. Der Oberrheingraben stellt zusammen mit dem Neuwieder Becken den wärmsten und zugleich trockensten Teil Deutschlands dar (Abb. 1). Gut zu erkennen sind die hellroten und roten Flächen mit den Klimatyp-Kennzeichnungen B6 bzw. B7. Die Zahlen „6“ bzw. „7“ zeigen an, dass es sich dabei um Gebiete handelt, in denen mindestens 6 bzw. 7 Monate pro Jahr mit einem Temperaturmittel von über 10 °C vorkommen.

Innerhalb dieser beiden Flächen, genau im Übergangsbereich von der hellroten zur roten Fläche befindet sich ein kleiner Bereich mit der Klimatyp-Bezeichnung „A6“ (Abb. 1). Genau in diesem Bereich liegt die Gemeinde Gundersheim (1631 Einwohner) im südlichen Rheinhessen, dem sogenannten Wonnegau. Seit ihrer ersten Erwähnung im Jahr 769 ist die Gemeinde für Weinbau bekannt. Der Buchstabe „A“ weist darauf hin, dass die Niederschläge mit ca. 500 mm im Jahr vergleichsweise gering ausfallen. Belegt sind geringe jährliche Niederschlagsmengen in diesem Bereich für die Station Monsheim von 528 mm (LESER 1969).

Es ist sonst kein weiterer Bereich in Deutschland durch die Markierung „A6“ gekennzeichnet. Die in westlicher und nordwestlicher Richtung Rheinhessens gelegenen Mittelgebirgsregionen Hohes Venn, Eifel, Hunsrück, Saar-Nahe-Bergland und Nordpfälzer Bergland mit dem markanten „Eckpfeiler“ Donnersberg als höchste Erhebung der Pfalz (687 m ü. NHN) bedingen orographische Niederschläge, so dass die regenbringenden atlantischen Luftmassen aus westlichen Richtungen bereits beim Überqueren dieser Barrieren einen großen Teil ihrer Feuchtigkeit verlieren. In den genannten Luvseiten-Regionen werden daher Jahressummen von 800-1100 mm erreicht (siehe Legende in Abb. 1). In Bezug auf die orographischen Verhältnisse wird die Lage von Gundersheim in der Übergangszone vom Rheinhessischen Tafel- und Hügelland zur tiefer gelegenen Rheinebene des nördlichen Oberrheintals deutlich (Abb. 2). Der sich trichterförmig nach Osten öffnende Windschatten des Donnersberges und die zusätzliche Hanglage Gundersheims durch die östlich exponierte Übergangszone von Plateaubereich und Ausraumzone des Seebaches unterstreichen die klimatisch-topographische Besonderheit, so dass in diesem Fall sogar von einer ausgeprägten „Mehrfach-Leelage“ gesprochen werden kann (Abb. 2). Dies macht die Region um Gundersheim mit der Kartenblatt-Markierung „A6“ zu einem klimageographisch sehr spannenden Untersuchungsgebiet. In der laufenden Langzeit-

Abb. 1: Klima von Deutschland (Diercke Weltatlas, 2008: 52); Teilbereich Rheinland-Pfalz (rechts vergrößert dargestellt mit Legende).



studie soll auch am Ende der angestrebten 30-jährigen Messreihe analysiert werden, ob Gundersheim aufgrund seiner besonderen Lage zu einem der wärmsten und zugleich trockensten Standorte in ganz Deutschland gezählt werden kann.

Seit 1995 werden von den Autoren im Rahmen eines regionalen Klimaforschungsprojektes des Geographischen Instituts der Uni-

versität Mainz in Gundersheim Messungen durchgeführt. Die Stationsleitung vor Ort liegt bei Martin WERNER und seinem Vater Hubert WERNER. Die in diesem Aufsatz ausgewerteten Daten zur klimageographischen Besonderheit beziehen sich somit auf einen Messzeitraum von 18 Jahren (1995-2013).

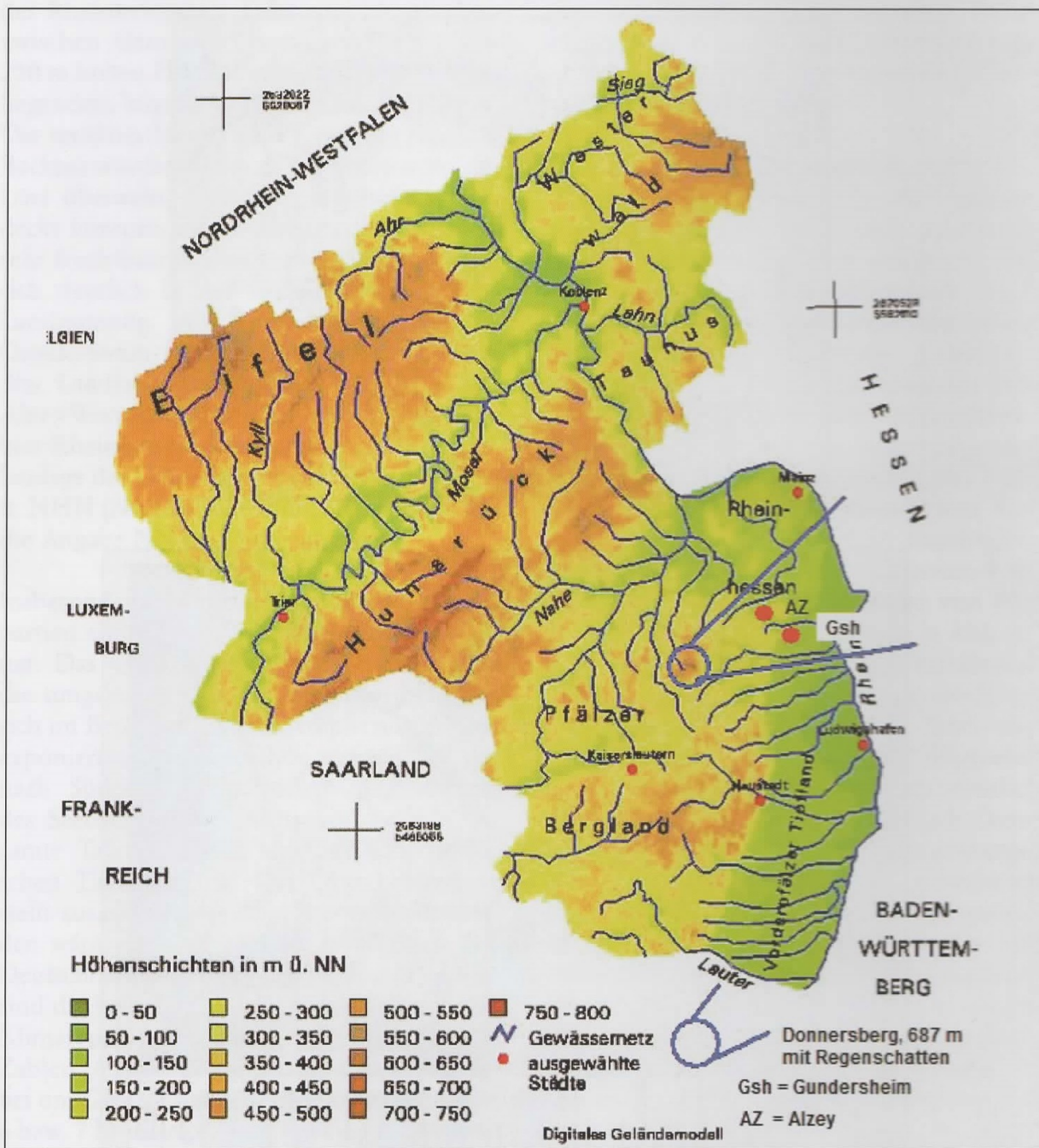


Abb. 2: Das Relief von Rheinland-Pfalz. Lage von Gundersheim und Alzey und Position des Donnersberges mit angedeutetem Regenschatten.

2. Aufbau und Arbeitsweise des Geländeklima-Messnetzes in der Region Gundersheim

Die ersten lückenlosen Klima-Messungen datieren zurück bis auf das Jahr 1992. Seitdem werden an der Station Gundersheim Ort, im bebauten Ortsbereich in einem großflächigen Gartenareal Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck und Niederschlag sowie synoptische Wetterbeobachtungen schriftlich festgehalten (zum Teil 3x am Tag). Die Station befindet sich in mittlerer Hanglage in 193 m ü. NHN in nordöstlicher Exposition mit Blickrichtung in die etwa 10 Kilometer entfernte Rheinebene und auf den sich östlich anschließenden Rand des Odenwaldes (ca. 25 km Entfernung). Im Januar 1995 erfolgten der Aufbau und die Installation der Stationen Berg und Tal. Alle Stationen wurden standardmäßig mit geeichten Thies-Thermohygrographen und Hellmann-Niederschlagsmessschreiber ausgestattet (Abb. 3), die es ermöglichen, Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag auf stündlicher Basis zu registrieren und aus-

zuwerten. Die Messgeräte wurden an allen drei Stationen in standardisierten Klimahütten (sog. Englischen Hütten) untergebracht, in der Bauform eines weiß-lackierten Lamellen-Kastens (Messhöhe 2 m).

Der Aufbau der Station Berg erfolgte auf dem Gelände der ehemaligen Bauschuttdeponie des Landkreises Alzey-Worms. Hierzu wurde eine entsprechende Genehmigung des Landkreises eingeholt. Die Station liegt direkt am Rand des Zeller Kalkplateaus in 242 m ü. NHN. Die höchste Erhebung von Gundersheim liegt nur 500 m südwestlich auf dem Plateau in der Gemarkung „Am Mohrkreuz“ (251 m ü. NHN). Die Entfernung von der Station Berg zu Gundersheim Ort beträgt 800 m in nordnordöstlicher Richtung. Die Höhenabnahme beträgt 49 m. Das entspricht einem mittleren Gefälle von 6,1 %.

Für die Errichtung der Station Tal wurde bereits in einer Vorstudie der geeignetste Standort ermittelt. Festgestellt wurde bei zahlreichen durchgeführten Klimamessfahrten und örtlichen Begehungen mit mobilen Temperaturmessgeräten, dass der gewählte Standort im Tal extrem niedrige Nachttemperaturen aufweist. Regelmäßig sammelt sich an dieser Stelle die Kaltluft, die von dem benachbarten, nach Norden exponierten Hang, abfließt. Der im Tal angesammelte Kaltluftsee kühlt dann dort noch zusätzlich aus. Der extreme

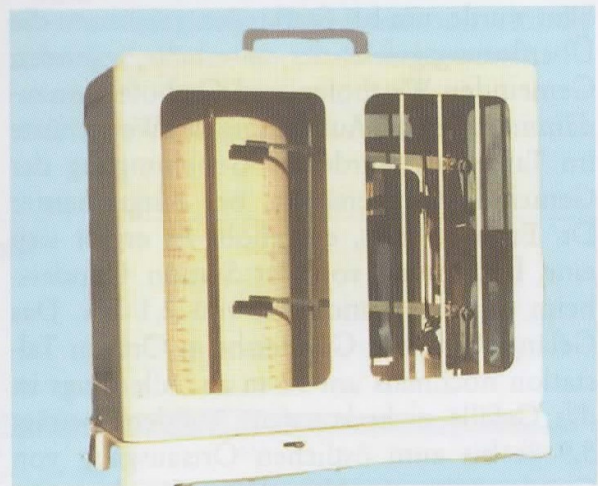


Abb. 3: Blick in einen geöffneten Hellmann-Niederschlagschreiber (links) und Ansicht eines Thermohygrographen der Firma Thies (rechts), nicht maßstäblich dargestellt.



Abb. 5: Ansichten der 3 Stationen (von links: Station Berg, Station Gundersheim Ort, Station Tal). Fotos: Martin WERNER.

erkannten Stationen stehen in 2 m Höhe auf grasbewachsenem Untergrund. Ein Inspektionsbesuch erfolgte am 14. Juni 1995 durch den Leiter des Klimadienstes vom Deutschen Wetterdienst des Wetteramtes Trier.

Das Höhenprofil zwischen den Klimastationen Berg – Gundersheim Ort – Tal (Abb. 6) zeigt deutlich den ausgeprägten Hangbereich von Gundersheim mit seinem Höhengefälle von Südsüdwest (Station Berg) nach Nordnordost (Gundersheim Ort) und weiter nach Ostnordost (Station Tal). Innerhalb von 1.000 Metern fällt das Gelände um 88 m ab, was einem durchschnittlichen Gefälle von 8,8 % entspricht. Das mit Hilfe von Google Maps erstellte Höhenprofil stellt die direkte Verbindung der Stationen von Bergstation zum Ort bis hin zur Talstation dar (rote Linien auf der topographischen Karte, Abb. 4). Das größte Gefälle ergibt sich von Station Berg über Gundersheim Ort hinweg bis zum Ende der Ortschaft.

Das Geländeklima-Langzeitprojekt mit den drei Stationen begann offiziell am 1. Februar 1995. Ab diesem Tag konnten Messwerte auch für die außenliegenden Stationen Berg und Tal erhoben werden. Für den Vormonat lagen Temperatur und Niederschlagswerte von der Station Gundersheim Ort vor, sodass eine lückenlose Auswertung der Jahre von 1995 bis heute erfolgen kann. Ausnahme hiervon bilden die Niederschläge, die erst ab 2008 für die Außenstationen digital zur Verfügung standen. Die analog registrierenden Thermohygrographen zeichneten Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit für genau eine Woche auf. Regelmäßig wurden am gleichen Wochentag die Diagrammblätter gewechselt, um eine lückenlose Aufzeichnung zu gewährleisten. Für eine rechnergestützte Auswertung mussten die Stundenwerte auf den Aufzeichnungsblättern manuell in den Computer eingegeben werden (Abb. 7). Somit entstand eine umfangreiche Datenbank mit stündlichen Temperatur- und Luftfeuchtwerten.

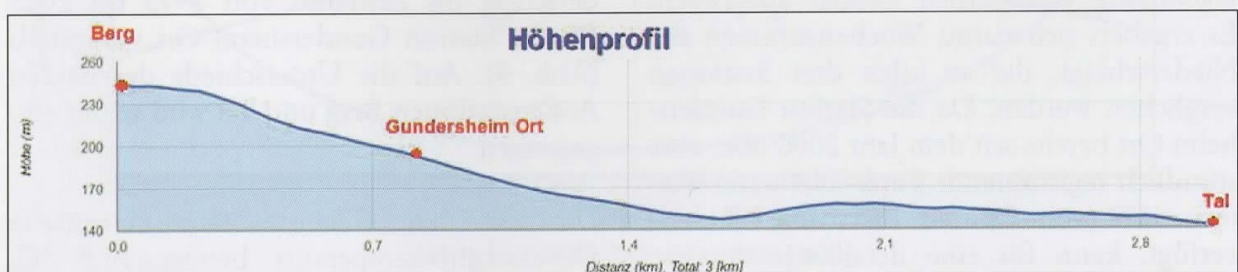


Abb. 6: Höhenprofil zwischen den bei Gundersheim gelegenen Klima-Stationen. Linker Abbildungsrand Station Berg über Gundersheim Ort zu Station Tal. Generiert in Google Maps.

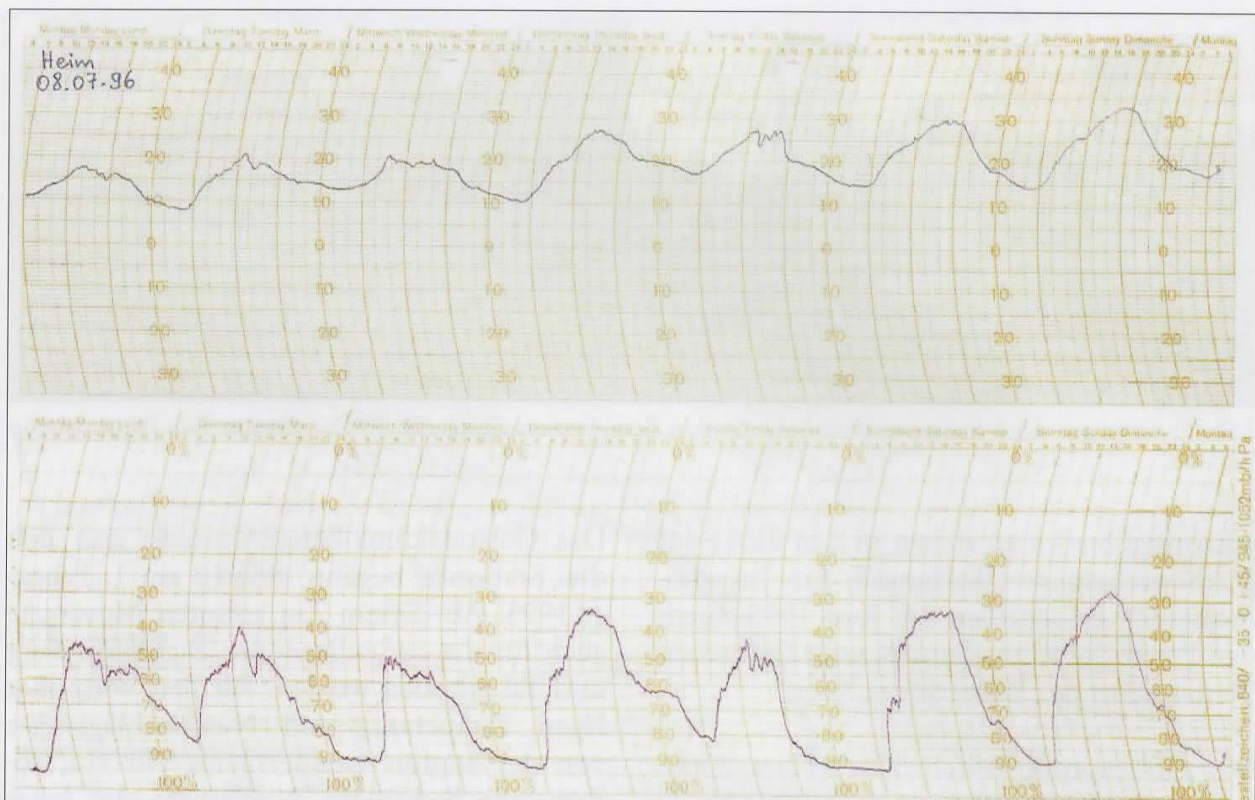


Abb. 7: Beispiel eines Diagrammblattes vom Thermo-Hygrographen der Station Gundersheim Ort, hier als „Heim“ bezeichnet (Woche vom 8.-15. Juli 1996).

Somit ergaben sich pro Woche 336 Messwerte. Später erfolgte die Umstellung der Station im Ortsbereich auf eine funkmessgestützte Station, die das digitale Einlesen der Daten ermöglichte. Im Jahr 2008 erfolgte dann die Umstellung auf geeichte digitale Datenlogger an den Außenstationen. Seitdem werden dort automatisch Temperatur und Luftfeuchte digital aufgezeichnet. Ein Vergleich der Messdaten mit einem parallel aufzeichnenden Thermo-Hygrographen ergab keine signifikanten oder systematischen Abweichungen. Der Vergleich der USB-Datenlogger untereinander wies auch keine Messabweichungen auf. Der Niederschlag wurde an den Stationen regelmäßig wöchentlich einmal ausgelesen. Es ergaben sich damit Wochensummen des Niederschlags, die an allen drei Stationen verglichen wurden. Da die Station Gundersheim Ort bereits seit dem Jahr 2000 über eine stündlich registrierende Funk-Telemetrie-Wetterstation (von Conrad Electronic GmbH) verfügt, kann für eine detaillierte Analyse auch auf höher aufgelöste Daten der Niederschläge zurückgegriffen werden.

Die Ergebnisse der monatlichen Auswertungen und Besonderheiten wurden in der Wormser Allgemeinen Zeitung in Form von ausführlichen Klima-Rückblicken zur Information den heimischen Landwirten zur Verfügung gestellt.

3. Klimageographische Auswertung der gemessenen Temperatur- und Niederschlagswerte

3.1 Jahresmittelwerte

Zu Beginn werden die interannuellen Variationen von Jahresmitteltemperatur und Niederschlag im Zeitraum von 1995 bis 2013 für die Station Gundersheim Ort vorgestellt (Abb. 8). Auf die Unterschiede der beiden Außenstationen Berg und Tal wird später eingegangen.

Die für den Gesamtzeitraum ermittelte Durchschnittstemperatur beträgt 10,8 °C. Die mittlere Niederschlagssumme ist mit 516,4 mm recht niedrig. Zwar wurden für die

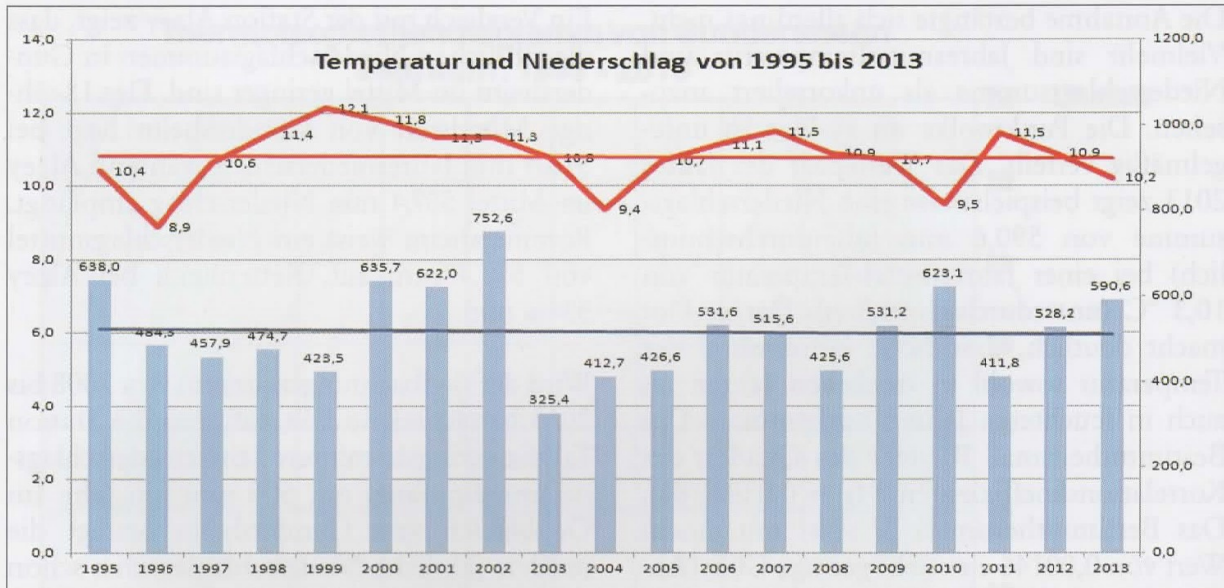


Abb. 8: Verlauf von Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in Gundersheim Ort (Zeitraum: 1995 – 2013).

Temperatur und den Niederschlag Trendlinien hinterlegt, es zeigt sich hierbei jedoch weder ein Anstieg noch ein Fallen der beiden Klimatelemente. Im Jahr 1996 wurde mit einem Jahresmittel von 8,9 °C die niedrigste Mitteltemperatur gemessen. Das höchste Jahresmittel wurde nur drei Jahre später gemessen (12,1 °C im Jahr 1999). Zugleich war

dieses wärmste Jahr des gesamten Messzeitraums auch ein recht trockenes Jahr mit einer Jahresniederschlagssumme von 423,5 mm. Es stellt sich die Frage, ob besonders warme Jahre mit geringeren Niederschlagssummen in einem Zusammenhang stehen. Dies wurde mit einer Korrelationsanalyse näher untersucht (Abb. 9).

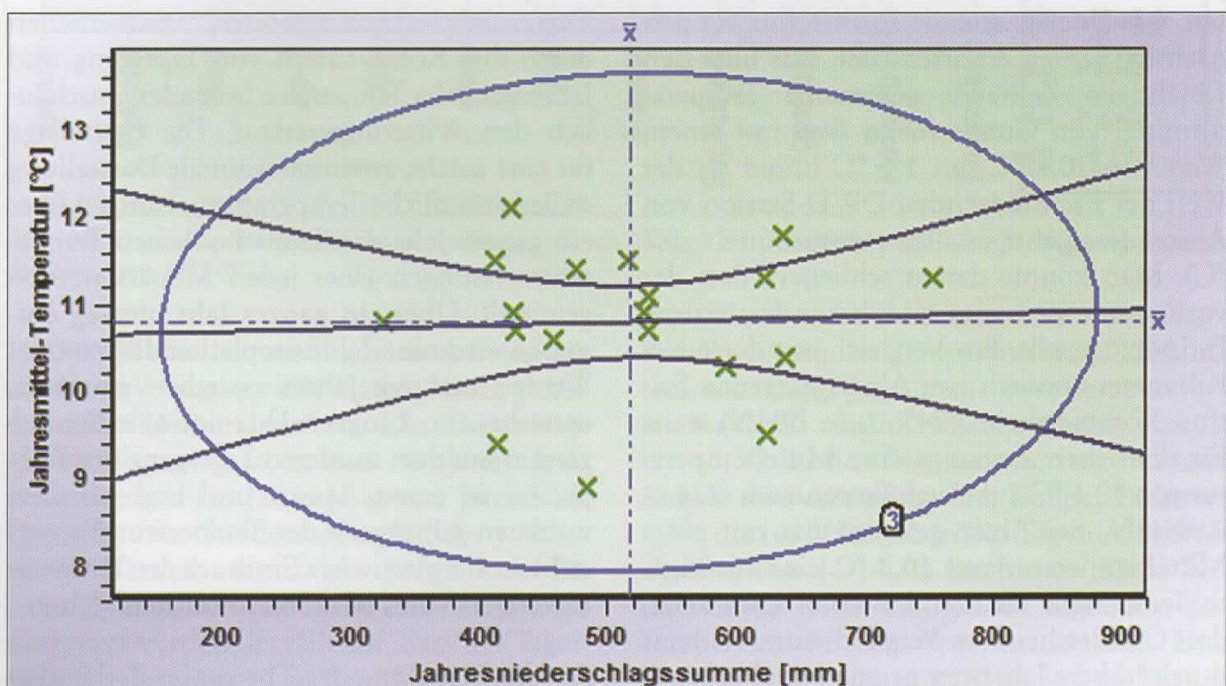


Abb. 9: Korrelationsplot von Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in Gundersheim (Zeitraum: 1995-2013).

Die Annahme bestätigte sich allerdings nicht. Vielmehr sind Jahresmitteltemperatur und Niederschlagssumme als unkorreliert anzusehen. Die Punktwolke im xy-Plot ist unregelmäßig verteilt. Das Wertepaar des Jahres 2013 zeigt beispielsweise eine Niederschlagssumme von 590,6 mm (überdurchschnittlich) bei einer Jahresmittel-Temperatur von 10,3 °C (unterdurchschnittlich). Der xy-Plot macht deutlich, dass hohe Jahresmittel der Temperatur sowohl in trockenen Jahren als auch in feuchteren Jahren vorkommen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 stellt das Quadrat des Korrelationskoeffizienten r ($r = 0,0382$) dar. Das Bestimmtheitsmaß R^2 weist mit einem Wert von 0,00146 eine sehr geringe Güte (Anpassung) aus. D. h. mit der linear ermittelten Beziehung zwischen Temperatur und Niederschlag können nur 0,146 % der Varianz der Temperatur erklärt werden. Eine Korrelation der beiden Klimaelemente ist somit nicht gegeben.

Die Periodizität von Temperatur und Niederschlag ist durch einen sinusförmigen Verlauf gekennzeichnet (Abb. 8). Hierbei verringert sich die Länge von anfänglich 8 Jahren pro Halbperiode auf 6 Jahre in der zweiten Halbperiode. Die dritte ist noch nicht abgeschlossen, was eine spannende Entwicklung in den nächsten Jahren erwarten lässt. Das über den 18-jährigen Zeitraum gemessene Temperaturmittel von Gundersheim liegt mit einem Wert von 10,8 °C um 1,1 °C höher als der Wert der nächstliegenden DWD-Station von Alzey (langjähriges Temperaturmittel: 9,7 °C). Man könnte daraus schließen, dass der vorliegende Zeitraum eine besonders warme Periode darstellt. Ein Vergleich mit der nur 9 Kilometer nördlich von Alzey gelegenen Station Rommersheim (245 m ü. NHN) weist für denselben Zeitraum eine Mitteltemperatur von 10,1 °C auf. Auch Kettenheim (224 m ü. NHN, bei Alzey gelegen) hat mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C eine niedrigere Temperatur als Gundersheim. Dies zeigt, dass Gundersheim im Vergleich zum Umkreis durch höhere Jahrestemperaturmittel gekennzeichnet ist.

Ein Vergleich mit der Station Alzey zeigt, dass die jährlichen Niederschlagssummen in Gundersheim im Mittel geringer sind. Der 18-jährige Mittelwert von Gundersheim liegt bei 516,4 mm Jahresniederschlag, während Alzey im Mittel 537,4 mm Niederschlag empfängt. Rommersheim weist ein Niederschlagsmittel von 555,4 mm auf, Kettenheim bei Alzey 534,6 mm.

Wird der Beobachtungszeitraum von 2008 bis 2013 betrachtet, so fällt auf, dass die Station Tal die geringste mittlere Jahresniederschlagssumme empfängt mit 500 mm pro Jahr. Im Ortsbereich von Gundersheim beträgt die mittlere jährliche Niederschlagssumme schon 506 mm. An der Station Berg wird eine mittlere Niederschlagssumme von 529 mm pro Jahr erreicht. Der obere Hangbereich zum Plateau hin ist in besonderer Weise den Regen bringenden atlantischen Luftmassen ausgesetzt. Gerade bei Westwetterlagen liegen die Niederschläge deutlich höher, was sich in der deutlich höheren mittleren Jahresniederschlagssumme ausdrückt.

3.2 Tages- und Jahregänge – Thermoisoplethendiagramme

Thermoisoplethendiagramme verdeutlichen durch ihre Kombination von Tagesgang und Jahregang der Temperatur besonders anschaulich den Witterungsverlauf. Die Grundlage für eine solche zweidimensionale Darstellung stellen stündliche Temperaturmessungen über ein ganzes Jahr dar. Die stündlichen Temperaturmessungen eines jeden Monats werden gemittelt. Über ein ganzes Jahr hinweg entstehen somit Jahresisoplethendiagramme. Werden mehrere Jahresisoplethen gemittelt, entsteht ein Langzeit-Thermoisoplethendiagramm mit dem mittleren Tagesgang der Temperatur in einem Monat und zugleich dem mittleren Jahregang der Temperatur. Es entsteht so ein plastischer Eindruck des Temperaturverlaufs eines „durchschnittlichen“ Jahres.

Für die Erstellung des Thermoisoplethendiagramms (Abb. 10) wurden die Jahre 1999 bis 2013 gemittelt. Die Stundenwerte der Jahre

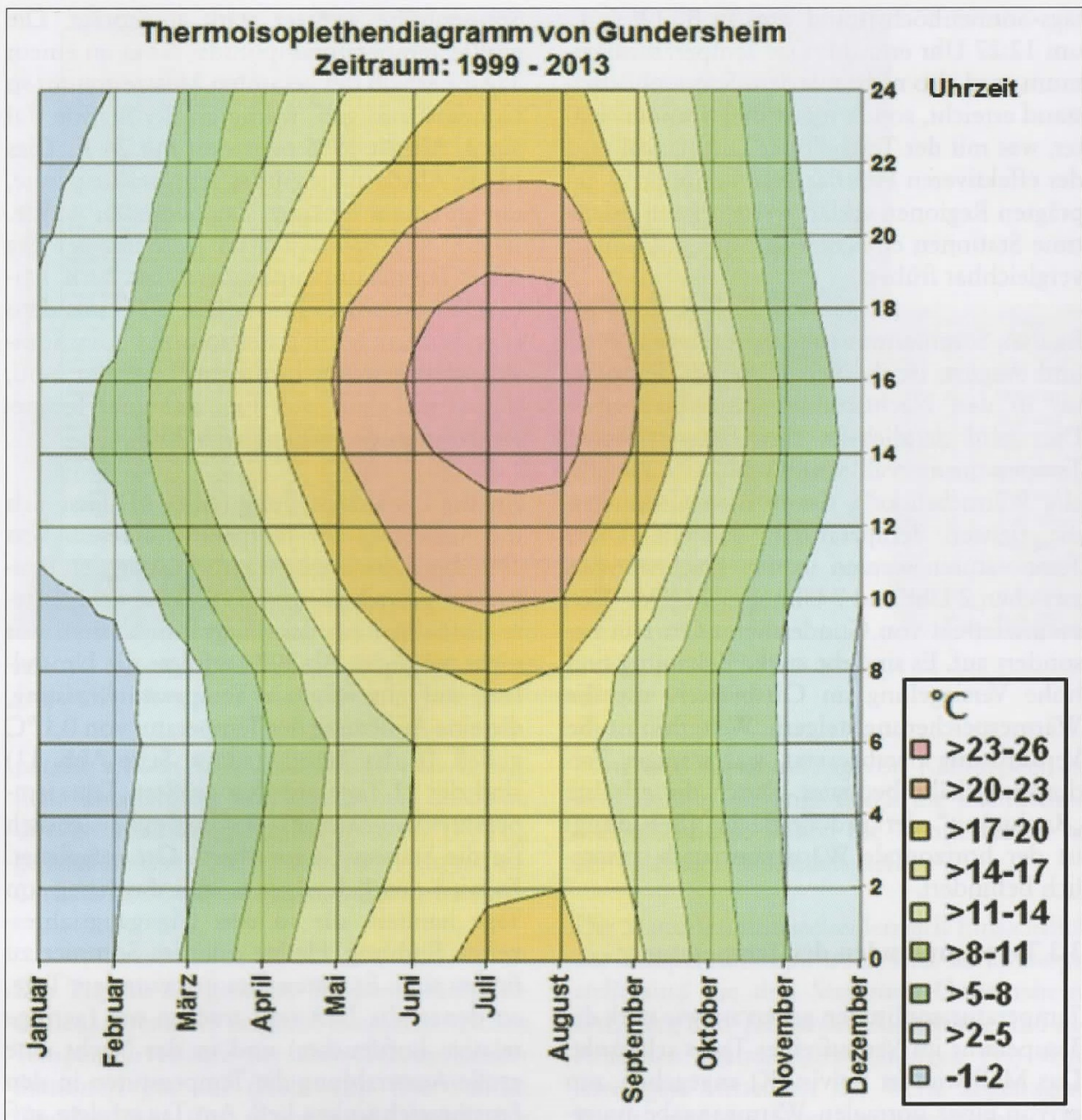


Abb. 10: Thermoisoplethendiagramm der Station Gundersheim Ort. Gemittelte stündliche Monatstemperaturen des Zeitraums 1999-2013.

1995-1998 standen zur digitalen Auswertung nicht zur Verfügung. Die Datengrundlage bilden 131.496 Stundenwerte. Das Thermoisoplethendiagramm zeigt den mittleren Temperaturverlauf im Jahresgang von Januar bis Dezember für Gundersheim. Auf der y-Achse ist die Uhrzeit aufgetragen. Somit kann für jeden Monat der Tagesgang der Temperatur analysiert werden. Es fällt auf, dass der Tagesgang der Temperatur in den Wintermonaten nur geringen Schwankungen unterliegt.

Der Tagesgang der Temperatur durchläuft im Dezember und Januar nur zwei Temperaturintervalle. Es sind dies Temperaturen von -1 bis +5 °C. In den Sommermonaten Juli und August sind dies schon vier Temperaturintervalle, die im Mittel an jedem Tag durchlaufen werden, von 11-14 °C bis hin zu 23-26 °C. Dies unterstreicht den großen Tagesgang der Temperatur in den Sommermonaten. Das Temperaturmaximum wird in jedem Monat des Jahres regelmäßig gegen 16 Uhr MEZ erreicht. Der wahre Mittag und damit der Mit-

tags-Sonnenhöchststand wird in $8^{\circ} 12'$ ö. L. um 12:27 Uhr erreicht. Das Temperaturmaximum wird also nicht mit dem Sonnenhöchststand erreicht, sondern erst drei Stunden später, was mit der Trägheit der Luftmassen und der effektiveren Heizfläche in kontinental geprägten Regionen erklärt werden kann. Maritime Stationen erreichen das Tagesmaximum vergleichbar früher.

In den Sommermonaten, besonders im Juli und August, ist die Persistenz der Temperatur in den Nachtstunden besonders groß. Dies wird deutlich in dem langgestreckten Temperaturintervall von $11-14^{\circ}\text{C}$ („nächtliche Wärmebrücke“), das in diesen Monaten die tiefsten Temperaturen darstellt. Diese Temperaturen werden in den Nachtstunden zwischen 2 Uhr und 7 Uhr erreicht. Der Wärmeineffekt von Gundersheim Ort fällt besonders auf. Es sind die starke Bebauung und hohe Versiegelung im Ortsbereich, die die Wärmespeicherung steigern. Weiterhin ist die Verdunstung herabgesetzt, was weniger Verdunstungskälte bedeutet. Durch die erhöhte „Rauhigkeit“ der Erdoberfläche (Bebauung) ist der horizontale Wärmeaustausch zusätzlich behindert.

3.3 Tagesamplituden der Temperatur

Temperaturamplituden geben an, wie stark die Temperatur im Verlauf eines Tages schwankt. Das Maß wird in Kelvin (K) angegeben, um es von einer normalen Wärmeangabe unterscheiden zu können. Die tägliche Temperaturamplitude wird über das Temperaturmaximum und -minimum ermittelt. Im Diagramm der täglichen Temperaturamplituden von Gundersheim über den Zeitraum von 1995 bis 2013 (Abb. 11) fällt auf, dass es in jedem Jahr mehrere Tage gibt, an denen die tägliche Temperaturschwankung über 15 K und mehr beträgt (Abb. 11). Insgesamt gibt es 12 Tage, an denen die Temperaturamplitude sogar über 20 K lag. Es sind dies stets die Sommermonate oder die Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst, die diese Tage aufweisen. In den Wintermonaten sind die Tagesschwankungen der Temperatur wegen der geringen

Sonnenhöhe weniger stark ausgeprägt. Die größte Temperaturamplitude, die es an einem Tag innerhalb des gesamten Messzeitraums in Gundersheim gab, wurde an der Station Tal am 2. August 1995 registriert mit 24 K. Dies ist mit Abstand die größte Temperaturspanne, die an einem einzigen Tag gemessen wurde. Es fällt auf, dass seit 2003 kein einziger Tag mehr Temperaturamplituden über 20 K hatte. Dies unterstreicht das Jahr 2003 mit dem sogenannten Jahrhundertssommer. Die Sommermonate waren in diesem Jahr sehr heiß, und es gab gleich vier Tage mit einer Temperaturamplitude größer gleich 20 K.

An der Punktdarstellung (Abb. 11) lässt sich die Auflösung der Temperatur ablesen. Von 1995 bis 2004 betrug die Auflösung der Temperatur gerätebedingt $0,5^{\circ}\text{C}$ (eine detailliertere Aufnahme aus den Diagrammblättern war nicht möglich). Ab 2005 erfolgte die Umstellung auf eine digitale Temperaturerfassung, die eine Auflösung der Temperatur von $0,1^{\circ}\text{C}$ zuließ. In der Tabelle (rechte Seite Abb. 11) sind die 12 Tage mit den größten Tagestemperaturschwankungen nochmals übersichtlich für die Station Gundersheim Ort aufgelistet. Es wird deutlich, dass es sich durchweg um Tage handelt, die in den Übergangsjahreszeiten Frühling, Herbst oder im Sommer zu finden sind. Es waren dies insbesondere Tage, an denen die Luft sehr trocken war (geringe relative Luftfeuchte) und in der Nacht eine große Ausstrahlung die Temperaturen in den Frostbereich sinken ließ. Am Tag erfolgte aufgrund des schon hohen Sonnenstandes eine starke Erwärmung. Eine ausgeprägte Temperaturamplitude während des Jahres 2003 wurde im Ortsbereich am 17. Juni registriert und lag bei 19,3 K. Am gleichen Tag wurde eine Temperaturschwankung an der Station Berg von 22,1 K erreicht. Die Station Tal lag mit 21,1 K etwas unter dem Wert der Station Berg. Die Ausstrahlung ist insbesondere an den beiden Außenstationen besonders hoch. Bei Strahlungswetter erfolgt die Abkühlung in der Nacht weitaus schneller. Das Wärmespeichervermögen der Vegetation ist ungleich geringer als das von Gebäuden im bebauten Bereich. Hinzu kommt, dass sich die Umgebungstem-

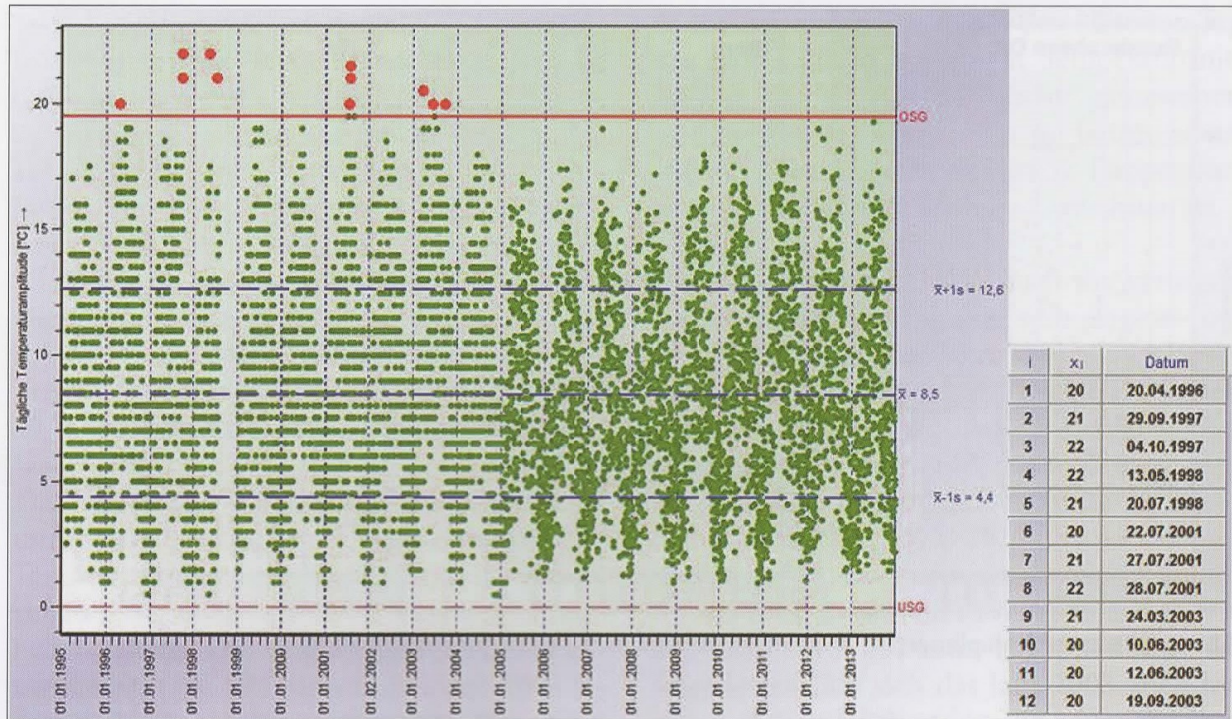


Abb. 11: Darstellung der täglichen Temperaturamplituden in Gundersheim Ort 1995-2013. Tabelle: Auflistung der Tage mit den größten Temperaturamplituden (> 20 K).

peratur an den Außenstationen durch die tägliche Einstrahlung und den hohen Anteil an direkter Strahlung schneller erwärmt. Die Folge sind höhere Temperaturschwankungen außerhalb des Ortsbereichs von Gundersheim.

Der Tag mit der größten Temperaturamplitude des Jahres 2013 zeigt die charakteristischen Temperaturverläufe der drei Gundersheimer Stationen gut auf (Abb. 12). Die Station Gundersheim Ort (Ortsbereich) weist den geringsten Tagesgang der Temperatur auf. Es sind dies die wärmespeichernden Quellen wie Gebäude und Asphaltflächen, die ein Absinken der Temperatur in den Abend- und Nachtstunden vermindern. Die Station Tal hingegen ist durch ausgeprägte Kaltluftabflüsse gekennzeichnet. Normalerweise nimmt die Temperatur je 100 Höhenmeter in der unteren Atmosphäre in der Regel um 0,5-0,8 °C ab. Die Höhendifferenz von Station Tal zu Berg beträgt 101 Meter. Es dürfte also zu erwarten sein, dass die Temperaturen an der Station Berg durchweg um etwa 0,5 °C niedriger liegen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Der mikroklimatische Einfluss der Entste-

hung und Ansammlung von Kaltluftseen ist bedeutender. Bedingt durch die nächtlichen Kaltluftabflüsse sinken die Temperaturen an der Talstation besonders tief.

Die Stationen unterscheiden sich hinsichtlich der Temperaturamplituden sehr stark. Dargestellt sind die drei Stationen Gundersheim Ort, Berg und Tal. In der Darstellung sind die einfachen Standardabweichungen (1s) vom jeweiligen Mittelwert der Werte abgetragen. Somit wird die Streuung vergleichbar. Die Station Tal besitzt mit 9,8 Tagen die höchste mittlere Anzahl Tage > 20 K, gefolgt von der Station Berg (9,1 Tage) und schließlich der Station Gundersheim Ort (7,6 Tage). In der Punktwolke der drei Stationen wird der Anstieg der Temperaturspannen im Frühling und Sommer deutlich. Eine Abschwächung wird wieder mit dem Herbst und dem Eintritt der Wintermonate erreicht. Es wird deutlich, dass die für die generellen Aussagen herangezogene Station im Ortsbereich überhaupt keine Tage mit Temperaturspannen größer gleich 20 K aufweist.

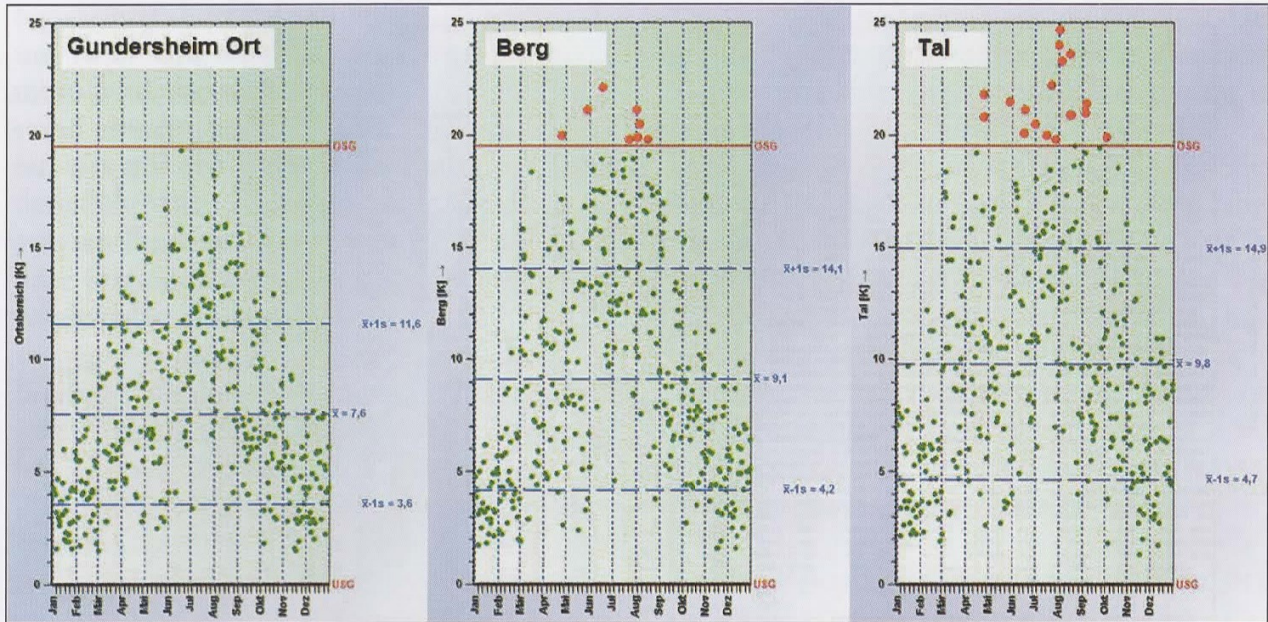


Abb. 12: Temperaturamplituden in K der drei Stationen im Vergleich für das Jahr 2003.

3.4 Klimageographische Kennzeichen des Jahres 2003 in Gundersheim

Ein besonderes Jahr stellt in vielerlei Hinsicht das Jahr 2003 dar. Bestimmt erinnern sich noch viele Menschen an den damaligen sehr heißen sogenannten „Jahrhundertsommer“,

in dem die Temperaturen in den Sommermonaten in ganz Europa überdurchschnittlich hoch waren. Ursache dafür war eine ausgeprägte Omegalage, die über Wochen hinweg für Hochdruckeinfluss, verbunden mit Schönewetter und hoher Sonnenscheindauer sorgte. In der Phase der größten Hitzewelle vom 1.

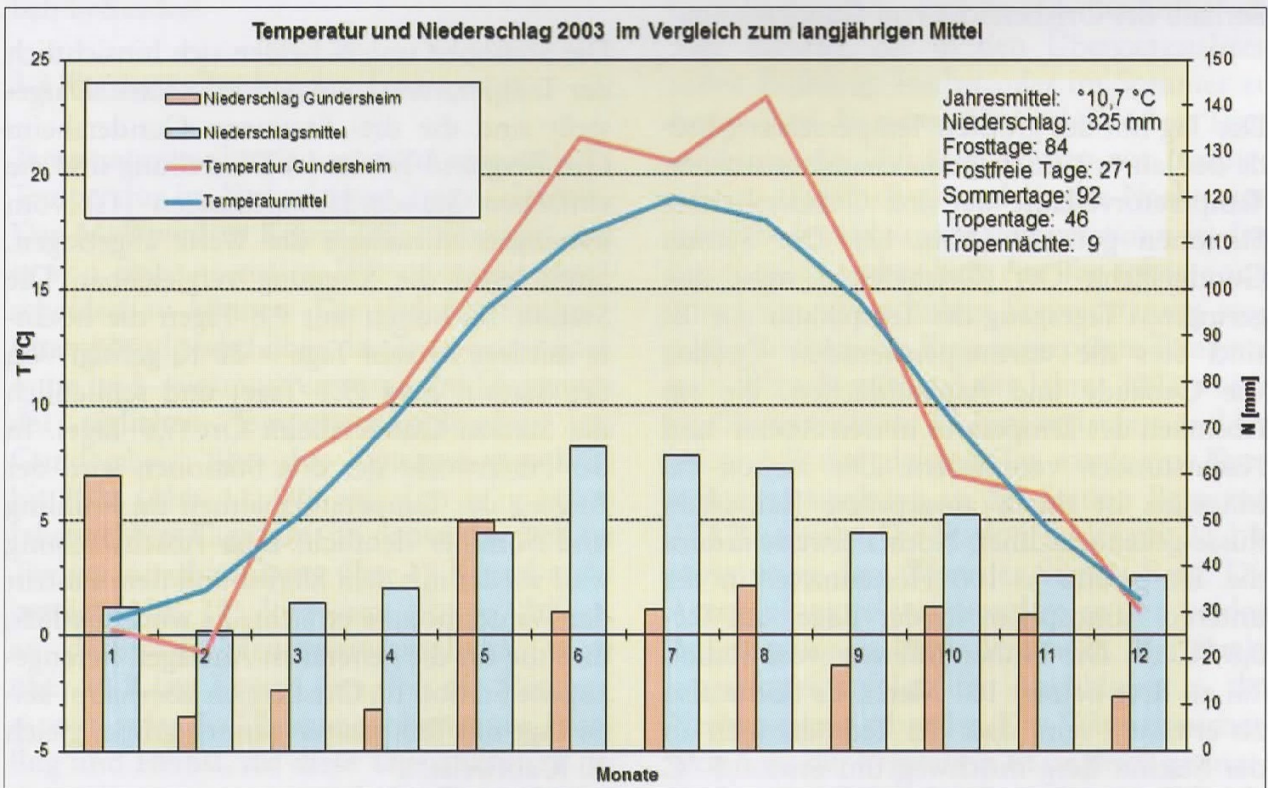


Abb. 13: Temperatur und Niederschlag in Gundersheim im Jahr 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel der DWD-Station Alzey (1960-1990).

bis 13. August starben damaligen Schätzungen zufolge etwa 70.000 Menschen in Europa indirekt oder direkt an den Folgen der Hitze. Für Gundersheim war die Nacht vom 12. auf den 13. August die heißeste Nacht des Jahres. In dieser Nacht sanken die Temperaturen kaum ab, sondern verblieben an der 30 °C-Marke. Erst in den Morgenstunden erreichte die Temperatur immer noch sehr warme 25 °C. In solchen Fällen, bei denen die Tiefsttemperatur in den Morgenstunden über 20 °C liegt, spricht man von Tropennächten.

Das Jahr 2003 war überdurchschnittlich warm und besonders trocken. Das Jahresmittel der Temperatur betrug 10,7 °C und lag damit genau 1 °C über dem Wert in durchschnittlichen Jahren. Die langjährige Niederschlagsmenge liegt bei 536 mm. Es wurden 2003 lediglich 325 mm Jahresniederschlag gemessen, das sind nur 61 % der sonst üblichen Regenmenge. Wird das Jahr 2003 in seinem Verlauf näher betrachtet, so fällt auf, dass die Temperatur in allen Monaten über dem langjährigen Mittel lag, ausgenommen im Januar, Februar und Dezember (Abb. 13). Besonders deutlich tritt der ausgesprochen heiße Sommer hervor: die Monate Juni, Juli und August waren durch sehr hohe Temperaturmittel gekennzeichnet.

Als Sommertag wird ein Tag bezeichnet, an dem das Temperaturmaximum 25 °C übersteigt, ein Tropentag als ein Tag mit einem Temperaturmaximum größer als 30 °C. Ein Tropentag wird stets auch als Sommertag gezählt. Es konnten für das Jahr 2003 insgesamt 92 Sommertage und 46 Tropentage registriert werden. Als sogenannte heiße Tage werden Tage bezeichnet, an denen das Maximum mehr als 35 °C erreicht. Solche heißen Tage gab es immerhin noch 14. Am heißesten Tag des Jahres (10. August) erreichte das Quecksilber sogar rekordverdächtige 39,5 °C. In Mannheim wurde an diesem Tag sogar die 40 °C-Marke überschritten. Das höchste Temperaturmittel des Jahres wurde zwei Tage später, am 12. August erreicht, mit 29,4 °C.

Die tiefste Temperatur wurde zu Anfang des Jahres, am 8. Januar mit -12,5 °C gemessen.

Es handelt sich zugleich um den kältesten Tag des Jahres 2003, mit einem Temperaturmittel von -10 °C. Aus der höchst gemessenen und der tiefsten Temperatur im Jahresverlauf ergab sich eine Differenz von 52 Temperaturgraden, was als sehr hoch zu bezeichnen ist.

Mit nur 325 mm ist dies auch die geringste Jahresniederschlagssumme seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1992. Historische Daten im näheren Umfeld (DWD-Niederschlagsstation Stetten, Donnersbergkreis) belegen, dass das Jahr 2003 das trockenste Jahr seit 1957 und früher gewesen ist. Lediglich in den Jahren 1971, 1973, 1976 und 1991 lagen die Jahresniederschlagssummen ebenfalls unter 400 mm. Es sind dies 1971: 355 mm, 1973: 335 mm, 1976: 333 mm, 1991: 368 mm. Infolgedessen lässt sich das Jahr 2003 auch hygrisch als ein Jahrhundertjahr kennzeichnen. Die nahe gelegene Station des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum (DLR) in Gundheim (148 m) weist 349,4 mm Niederschlag für das Jahr 2003 aus. Die Verteilung der monatlichen Niederschläge zeigt, dass es nur zwei Monate gab, an denen der Niederschlag höher als das langjährige Mittel lag: Es waren dies die Monate Januar und Mai, wobei der Mai eher noch als durchschnittlich zu sehen war. Hingegen war die Monatssumme von 60 mm im Januar als recht überdurchschnittlich (Mittel = 31 mm) anzusehen. Es war dies das Ende überdurchschnittlich feuchter Monate, die seit August 2002 gemessen wurden und erst mit dem Monat Januar 2003 ihr Ende fanden.

Natürlich hatte die extreme Witterung des Jahres 2003 Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Aufgrund der hohen Temperaturen wurde die Reife der Trauben beschleunigt, und die Weinlese konnte 2003 früher beginnen als in durchschnittlichen Jahren. Die Erntemengen der Winzer waren überdurchschnittlich, und der Wein von besonderer Qualität. Die Fröste zum Keltern von Eiswein blieben jedoch aus, so dass man mit Spätlesen vorlieb nehmen musste. Die Pegel der Flüsse sanken bis zum Jahresende auf einen Tiefststand. Die Grundwasserspeicher waren allerdings vom Vorjahr noch genügend aufge-

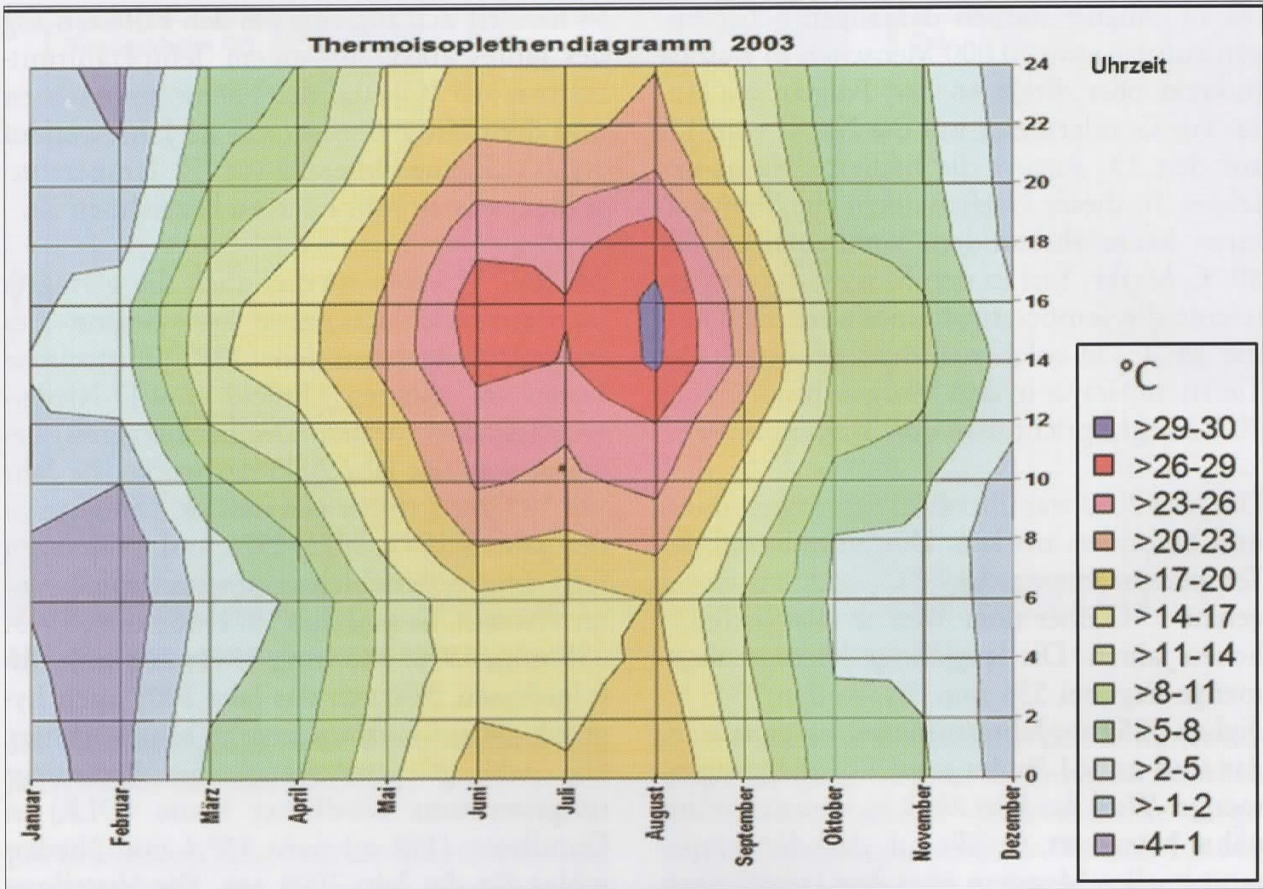


Abb. 14: Thermoisoplethendiagramm des Jahres 2003 für Gundersheim (Station Gundersheim Ort).

füllt, so dass keine Engpässe in der Wasserversorgung und auch keine Trockenschäden an Laubbäumen auftraten.

Im Thermoisoplethendiagramm kommt das Temperaturintervall 29-30 °C nur im Jahr 2003 vor, und zwar im August (Abb. 14). Dies verdeutlicht die Hitze in diesem Jahr. Auch die „Wärmeinsel“ ist in den Sommermonaten besonders ausgeprägt, was bei anderen Jahresthermoisoplethendiagrammen bislang noch nie der Fall war.

3.5 Extremer Hitzemonat Juli 2006

Ein besonders heißer Monat war der Juli 2006, zu erkennen am folgenden Thermoisoplethendiagramm (Abb. 15). Mit einem Monatsmittel der Temperatur von 24,2 °C war er fast 4 °C zu warm. Man erkennt deutlich, dass das niedrigste Temperaturintervall das von >10-15 °C darstellt. Selbst in den Nächten war es demnach noch sehr warm. Die Ta-

geschöchsttemperaturen lagen fast an jedem Tag um die 30 °C oder sogar darüber. Gut erkennbar ist auch das späte Erreichen des Tagesmaximums um ca. 15-16 Uhr, was den kontinentalen Witterungscharakter in diesem Extremmonat sehr gut zum Ausdruck bringt. Es wurden insgesamt 29 Sommertage gezählt. Demnach war fast jeder Tag ein Sommertag. Und es gab immerhin 18 Tropentage. Dies verdeutlicht noch einmal mehr die hohe Hitzebelastung im Monat Juli. Deutschlandweit war der Juli 2006 der bislang wärmste Monat seit Beginn von Wetteraufzeichnungen.

3.6 Räumliche Verteilung der Niederschläge

Die Region Gundersheim ist durch die bereits angesprochene Mehrfach-Leelage in Bezug auf die Regen bringenden West- und Südwestwinde gekennzeichnet. Gundersheim liegt im Übergangsbereich des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes zum sich nach Osten öffnenden Rheintal mit entsprechender östlich exponierter Hanglage. Die Höhen-

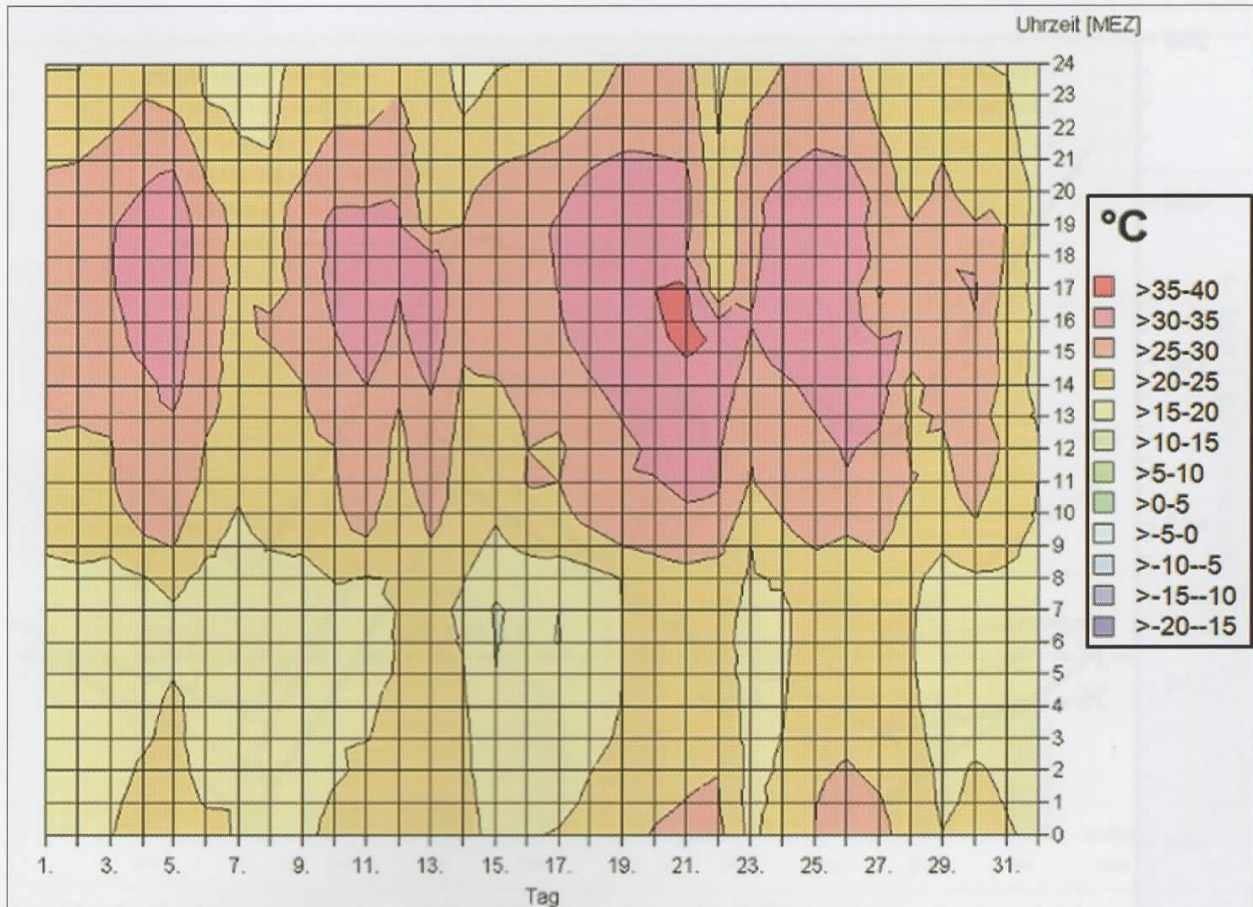


Abb. 15: Thermoisoplethendiagramm des Monats Juli 2006 für Gundersheim (Station Gundersheim Ort).

unterschiede innerhalb der Gemarkung liegen bei ca. 110 m. Um Erkenntnisse auf mesoklimatischer Ebene zu gewinnen, wurden nahegelegene Stationen rund um Gundersheim zur Auswertung herangezogen. Das DLR

betreibt ein Agrarmeteorologisches Messnetz in Rheinland-Pfalz. Die Daten sind über das Internet der Öffentlichkeit frei zugänglich. Die Daten der einzelnen Stationen können auf Stunden-, Tages-, Monats-, oder auch als

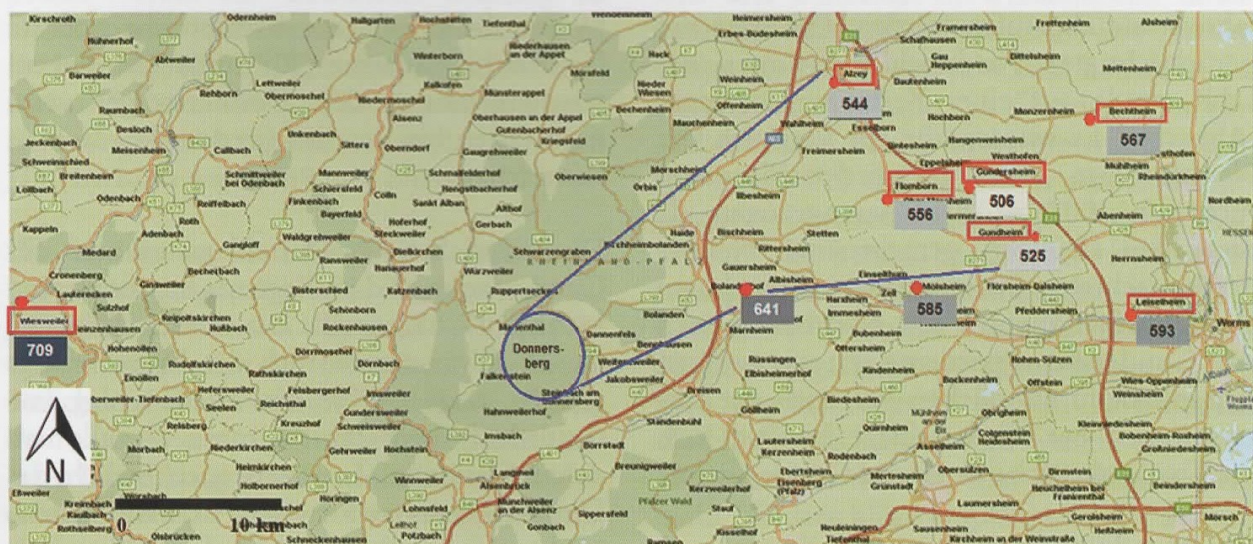


Abb. 16: Lage der berücksichtigten Niederschlagsstationen des DLR mit den mittleren Niederschlagssummen von 2007-2013: Wiesweiler: 709 mm; Weierhof: 641 mm; Leiselheim: 593 mm; Molsheim: 585 mm; Bechtheim: 567 mm; Flornborn: 556 mm; Alzey: 544 mm; Gundheim: 525 mm; Gundersheim: 506 mm. Lage des Donnersbergs mit angedeutetem Regenschatten (blaue Linien). Auszug aus Google Maps.

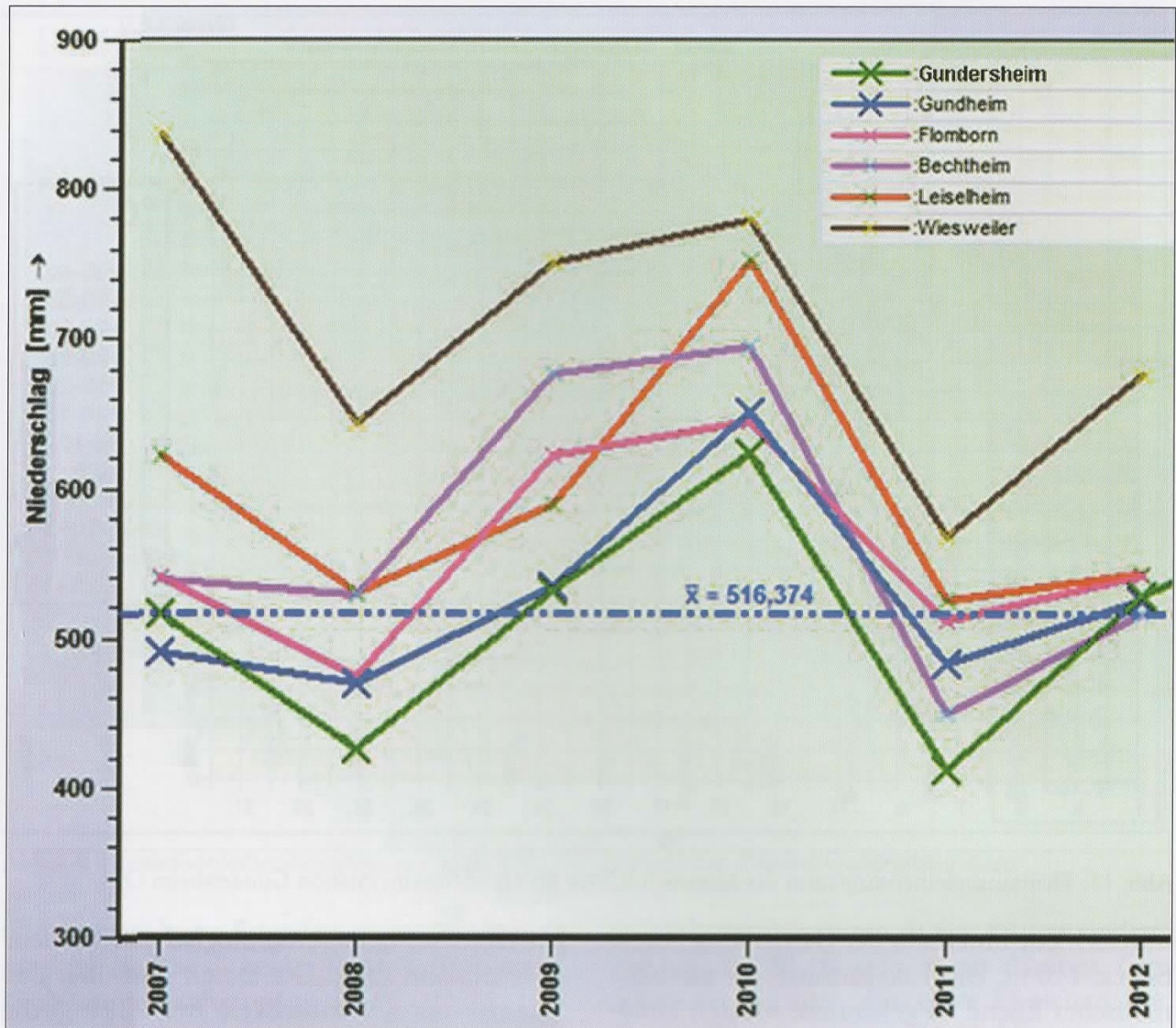


Abb. 17: Jährliche Niederschlagssummen für Gundersheim und umliegende Stationen des DLR, Zeitraum: 2007-2012.

Jahreswerte abgerufen werden. Die Lage der berücksichtigten Niederschlagsstationen des DLR wurde auf einer Karte eingezeichnet (Abb. 16). Es wurden für ein Vergleich der Niederschläge die Jahresniederschlagssummen von 2007 bis 2013 herangezogen, da diese den kleinsten, gemeinsamen Nenner der betrachteten Stationen darstellten (manche DLR-Stationen in den Nachbarregionen von Gundersheim existieren erst seit wenigen Jahren). Beim räumlichen Vergleich der Jahressummen der Niederschläge bestätigt sich der Trockeninselcharakter von Gundersheim.

Die Mittelwerte wurden in die Karte eingetragen. Gundersheim erhielt im Mittel die geringste Jahresniederschlagssumme (506 mm). Die Station Wiesweiler, im Westen des

Donnersbergs gelegen, erreichte die höchste Niederschlagssumme (709 mm). Die Regenschattenwirkung des Donnersbergs wird nach Osten hin deutlich (in der Abb. 16 blau skizziert).

Die jährlichen Niederschlagssummen für Gundersheim und umliegende Stationen sind in Abb. 17 dargestellt. Die Station Wiesweiler, 25 Kilometer westlich des Donnersbergs gelegen, zeigt mit 709 mm Niederschlag eine deutlich höhere Jahressumme als alle anderen Stationen. Im Leebereich östlich des Donnersbergs reduzierten sich die Jahresniederschläge sehr deutlich. Es konnten im Fall der Station Weierhof nur noch 641 mm ermittelt werden. Die weiter östlich gelegenen Stationen wiesen alle weniger als 600 mm

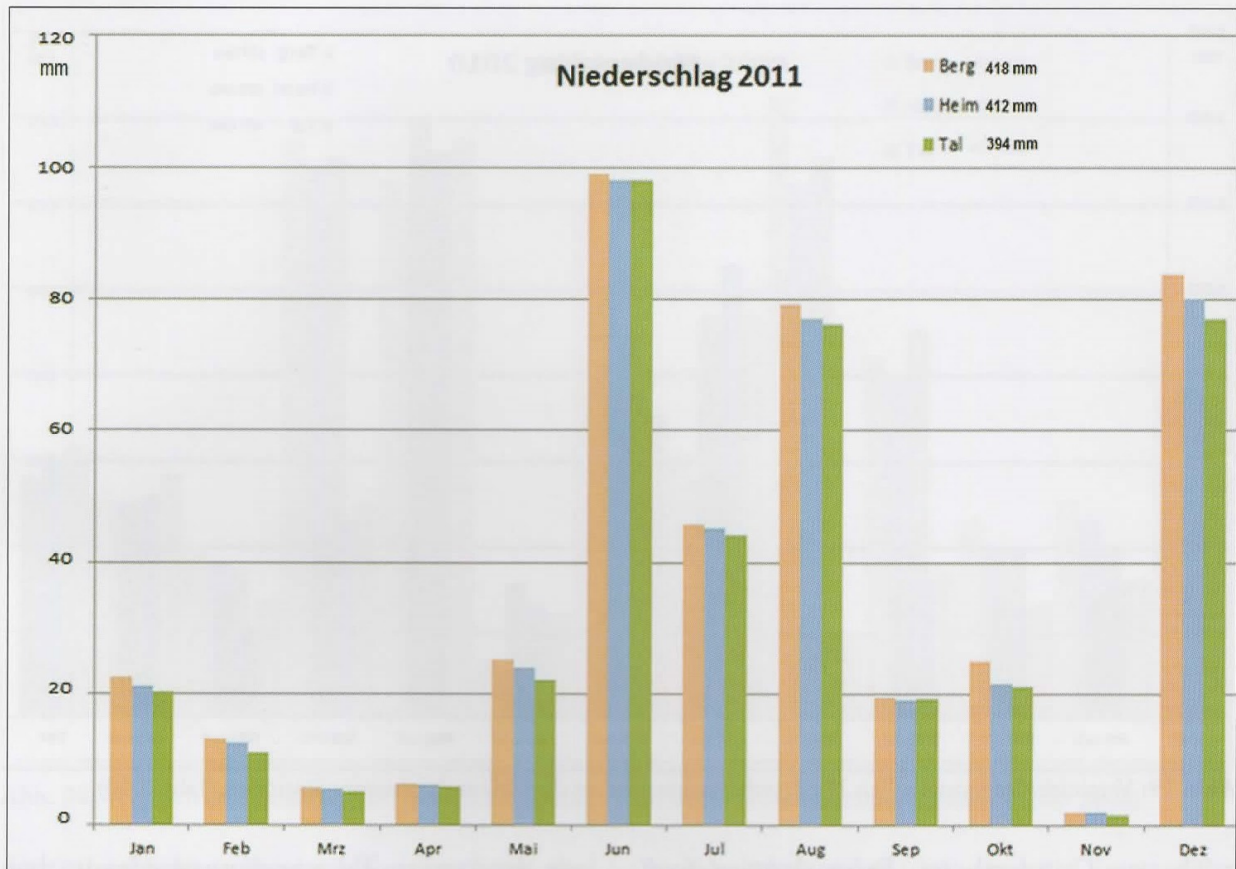


Abb. 18: Vergleich der monatlichen Niederschlagssummen an den 3 Gundersheimer Stationen (Jahr 2011).

Niederschlag auf: Mölsheim 585 mm, Alzey 554 mm und Flomborn 556 mm. Gundersheim ist mit 506 mm die trockenste Station. Von Gundersheim aus nahmen die Niederschläge weiter östlich, südöstlich und nordöstlich wieder zu. Gundheim empfangt im Durchschnitt 525 mm Jahresniederschlag, Bechtheim 567 mm, Leiselheim (bei Worms) schon 593 mm. Die DWD-Station in Mannheim-Vogelstang verzeichnet im langjährigen Durchschnitt sogar 669 mm Niederschlag.

Die Leelage ist im Falle von Gundersheim besonders ausgeprägt. Die unmittelbar angrenzenden Stationen weisen alle höhere Niederschlagssummen auf. Aber auch Stationen östlich von Gundersheim (Bechtheim, Gundheim, Leiselheim) liegen darüber. Die zusätzliche Leewirkung wird vermutlich durch den ostexponierten Hang am Rand des Rheinhesischen Tafel- und Hügellandes erreicht, weg von den Niederschlag bringenden Winden. Östlich von Gundersheim, zum Rhein hin, nehmen die Niederschläge wieder zu.

3.7 Niederschlagsvariationen im Bereich des Geländeklima-Messnetzes von Gundersheim

Die interannuellen Niederschlagssummen an den drei Stationen in Gundersheim unterscheiden sich teils beträchtlich. Die Niederschlagssumme für das Jahr 2011 betrug an der Bergstation 418 mm, in Gundersheim Ort 412 mm und an der Talstation nur 394 mm (Abb. 18). An der Talstation wurde die geringste Niederschlagsmenge verzeichnet, was auf die bereits beschriebene Mehrfach-Leelage des Stationsstandortes zurückzuführen ist. Vergleicht man die monatlichen Niederschlagssummen der Stationen, so wird deutlich, dass in 10 von 12 Monaten die Niederschläge mit dem Gefälle am Hang abnehmen in der Art, dass die Station Berg mehr Niederschläge empfängt als die Station Gundersheim Ort (in den Abbildungen als „Heim“ bezeichnet) und Station Tal. Bemerkenswert ist zudem die bei Westwetterlagen ausgeprägte Leewirkung im Hang- und Talbe-

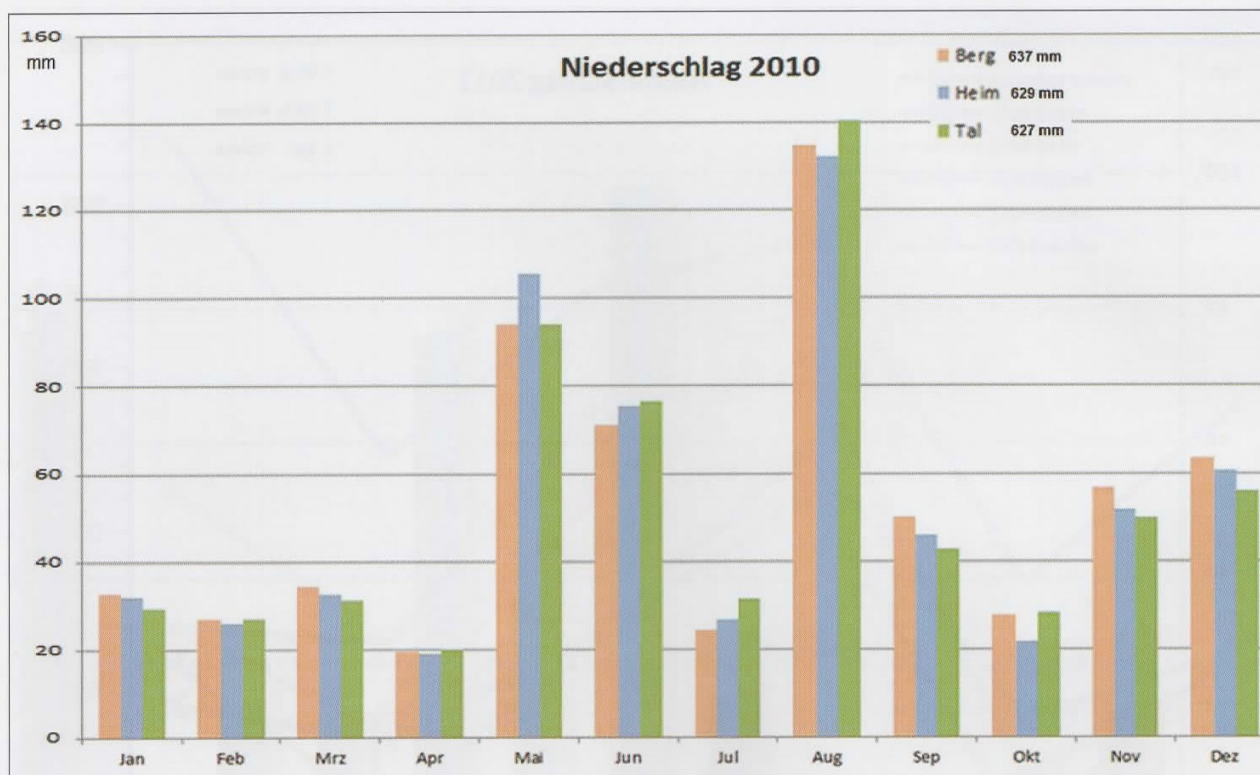


Abb. 19: Vergleich der monatlichen Niederschlagssummen an den 3 Gundersheimer Stationen (Jahr 2010).

reich von Gundersheim. Beispielsweise sind die Unterschiede der Stationen Berg und Tal in den Monaten August, Oktober und Dezember besonders ausgeprägt. Im August beträgt der Unterschied zwischen Station Berg und Tal 5,5 mm, im Oktober 8,2 mm und im Dezember 10,3 mm. Die geschützte Lage der Talstation wirkt sich stark niederschlagsreduzierend aus. Es gab Situationen, bei denen im Talbereich überhaupt keine Niederschläge registriert wurden, während es an der Bergstation zu Regenereignissen kam.

Das niederschlagsreiche Jahr 2010 lag mit 93 mm über dem langjährigen Durchschnitt. Es wurden an der Station Berg 637 mm (+19 %), an der Station Gundersheim Ort 629 mm (+17 %) und an der Station Tal 627 mm (+17 %) erreicht (Abb. 19). Die monatlichen Niederschlagssummen unterschieden sich nicht sehr stark. Allerdings lagen die Summen in den Monaten Juni und Juli im Tal über den Summen des Orts- und Plateaubereichs. Es konnte festgestellt werden, dass Starkregenereignisse infolge von Gewitter im Tal zu höheren Regenmengen führten und damit die Monatssumme erhöhten. Die Lee-

lage der Station Tal war dann wieder in den Monaten September, November und Dezember zu erkennen. In diesen Monaten lagen die Monatssummen im Tal unter denen der Stationen Gundersheim Ort und Berg (September: -8 mm, November: -7 mm, Dezember: -8 mm).

Das Jahr 2008 war ein trockenes Jahr. An der Station „Gundersheim Ort“ wurden lediglich 436 mm Jahresniederschlag erreicht, also 100 mm weniger als im langjährigen Schnitt (Abb. 20). Damit wurden nur 81 % der durchschnittlichen Regensumme erreicht. Die Niederschlagssumme an der Bergstation lag mit 478 mm höher, hier wurden immerhin 89 % der normalen Niederschlagssumme erreicht. Die Summe an der Station Tal war mit 437 mm mit der der Station Gundersheim Ort vergleichbar. In 8 Monaten lagen die Niederschlagssummen der Stationen teils beträchtlich unter den langjährigen Werten. Insbesondere im Mai wurden lediglich 12 % der üblichen Regensumme erreicht. Das Frühjahr hingegen war verregnet und mit teils doppelten Niederschlagsmengen versehen (März: 201 %, April: 170 % Regen). Vergleicht man

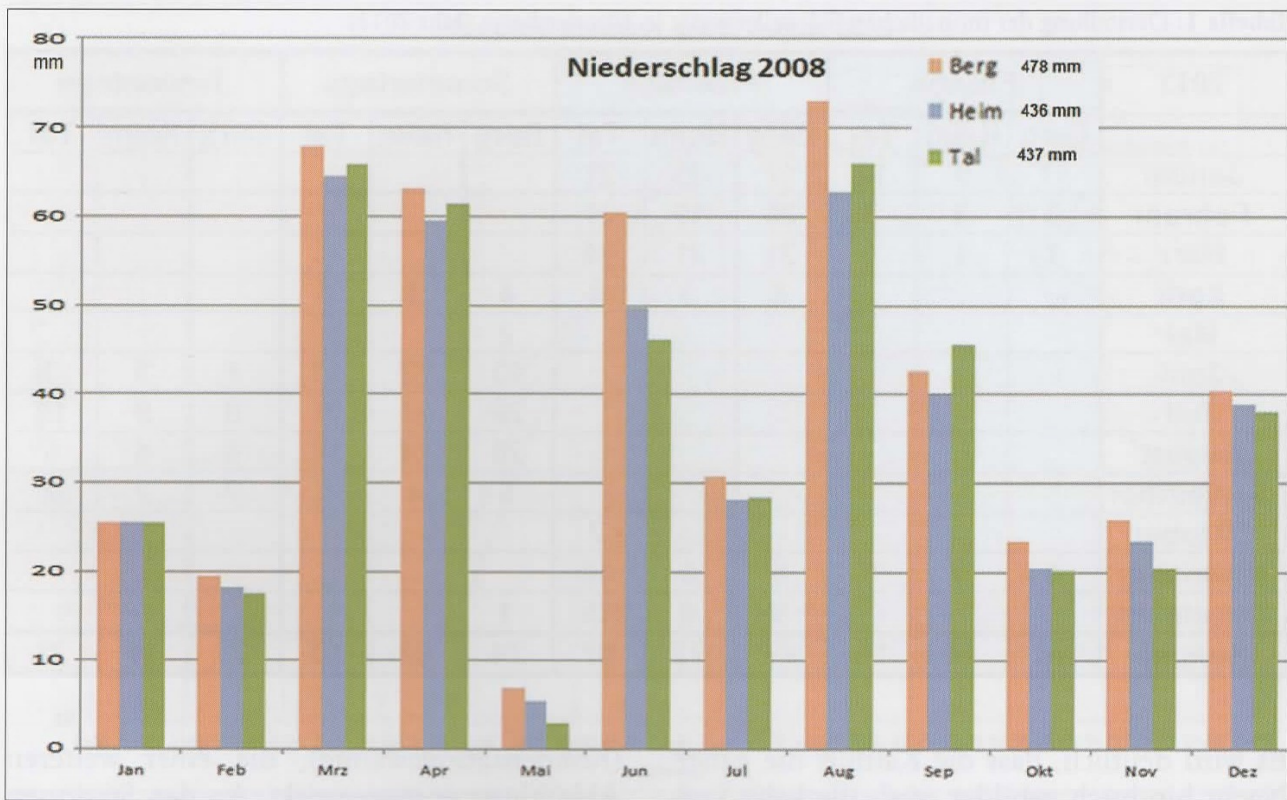


Abb. 20: Vergleich der monatlichen Niederschlagssummen an den 3 Gundersheimer Stationen (Jahr 2008).

die monatlichen Niederschlagssummen der beiden Außenstationen, fällt auf, dass in 10 von 12 Monaten die Regensumme im Tal geringer ausfällt als auf dem Berg. Hier wirkte sich der Lee-Effekt wieder besonders deutlich aus. Der größte Unterschied wurde im Juni erreicht. Während an der Station Berg 60 mm Niederschlag fielen, waren es an der Station Gundersheim Ort 50 mm und im Tal lediglich 46 mm.

3.8 Temperaturschwellenwerte und Extremwerte

Bei der Auswertung der Temperaturschwellenwerte ergaben sich teils deutliche Unterschiede im nahen Umfeld von Gundersheim (Tabelle 1). Ein Eistag lag vor, wenn das Tagesmaximum der Temperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht überstieg. Bei Frosttagen musste das Tagesminimum der Temperatur bei mindestens $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder niedriger liegen. Ein Sommertag wurde registriert, wenn die Tagestemperatur mindestens $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder mehr erreichte. Ein Tropentag lag vor, wenn das Tagesmaximum die $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -Marke überschritt.

Im Jahr 2013 zeigte sich, dass die Station Tal weitaus mehr Frosttage verzeichnete als die Stationen Berg und Gundersheim Ort. Insbesondere im Januar und März sind die Unterschiede groß. Im Herbst treten die ersten Fröste stets im Tal auf.

Wird der Temperaturverlauf der Frosttage vom 2. auf den 3. Oktober 2013 graphisch dargestellt, so fällt auf, dass die Temperaturabnahme an der Station im Tal viel schneller erfolgt als auf dem Berg und an der Station Gundersheim Ort (Abb. 21). Dies hängt mit den bereits erwähnten Kaltluftabflüssen im Tal zusammen. Laut AMBOS und KANDLER (1987: 16) führen geringe Windgeschwindigkeiten als Folge der Schutzlage vermehrt zur Bildung von Kaltluftseen und Inversionslagen. Kalte Luft hat im Vergleich zu warmer Luft eine höhere Luftdichte und ist daher schwerer. Die Kaltluft folgt dem Gefälle des Geländes, fließt den Hang abwärts und sammelt sich im Tal, wo es zur Ausbildung sogenannter Kaltluftseen kommt (vgl. SCHÖNWIESE 2008: 173f). Dies geschieht insbesondere bei windstillem bzw. -schwachem, wolkenarmem Strahlungswetter, das vorwiegend bei Hochdrucklagen auftritt.

Tabelle 1: Darstellung der monatlichen Schwellenwerte in Gundersheim (Jahr 2013).

2013	Eistage			Frosttage			Sommertage			Tropentage		
	Berg	Heim	Tal	Berg	Heim	Tal	Berg	Heim	Tal	Berg	Heim	Tal
Januar	11	9	10	17	15	21						
Februar	3	3	3	20	19	21						
März	1	1	1	21	21	24						
April				4	3	4	4	3	3			
Mai							2					
Juni							13	12	11	4	3	3
Juli							28	27	27	8	9	10
August							20	14	16	6	4	6
September							6	4	5	2	2	2
Oktober						2						
November	1	1	1	6	6	10						
Dezember				9	8	15	1					
Summe	16	14	15	77	72	97	74	60	62	20	18	21

Es wird deutlich, dass die Kaltluft die ganze Nacht hindurch gebildet wird: die kalte Luft sammelt sich im Tal an, um dort weiter abzukühlen bis zum Taupunkt. Mit Erreichen der Taupunkttemperatur setzt Kondensation / Reif ein und führt zur Freigabe von Wärme

(Kondensationswärme), die einer weiteren Abkühlung entgegenwirkt. An den Stationen Berg und Gundersheim Ort wird der Taupunkt weitaus seltener erreicht als im Tal und wenn, dann erst in den Morgenstunden, kurz vor Sonnenaufgang.

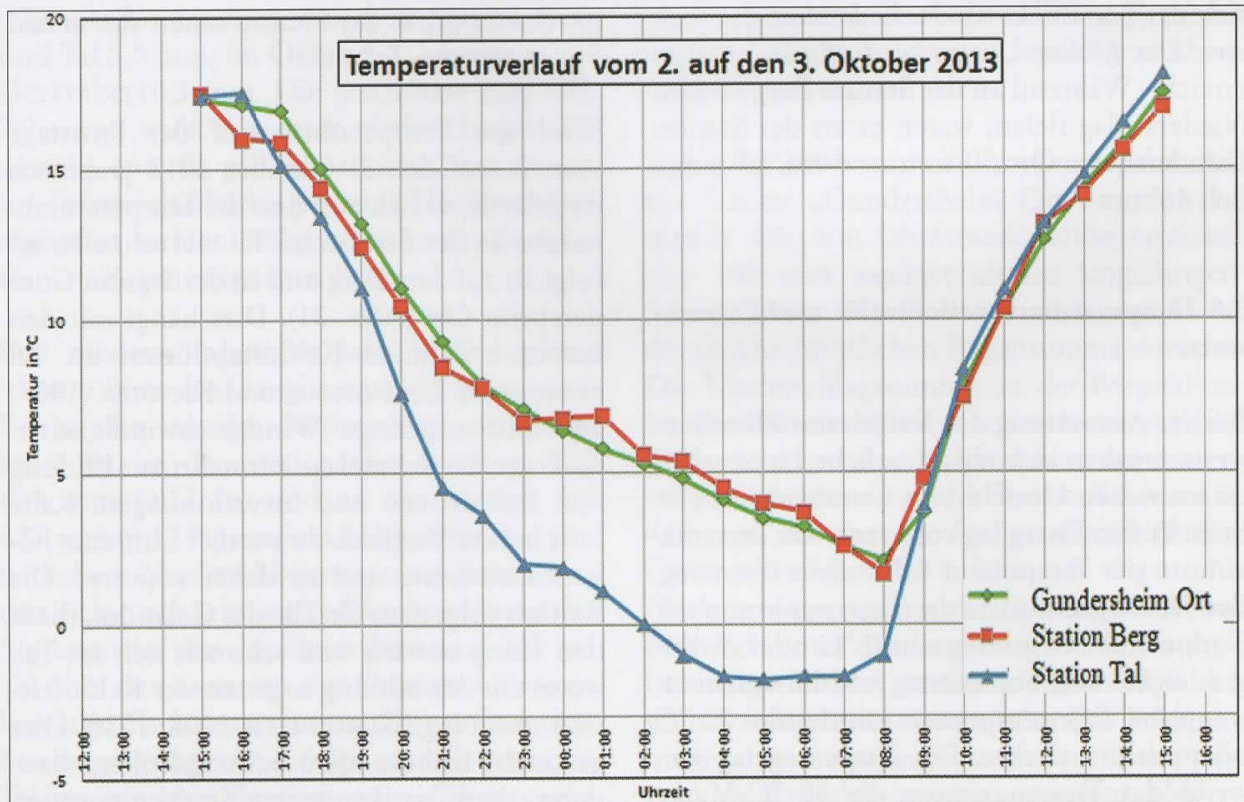


Abb. 21: Temperaturverlauf vom 2. auf den 3. Oktober 2013 in Gundersheim an den drei Stationen.

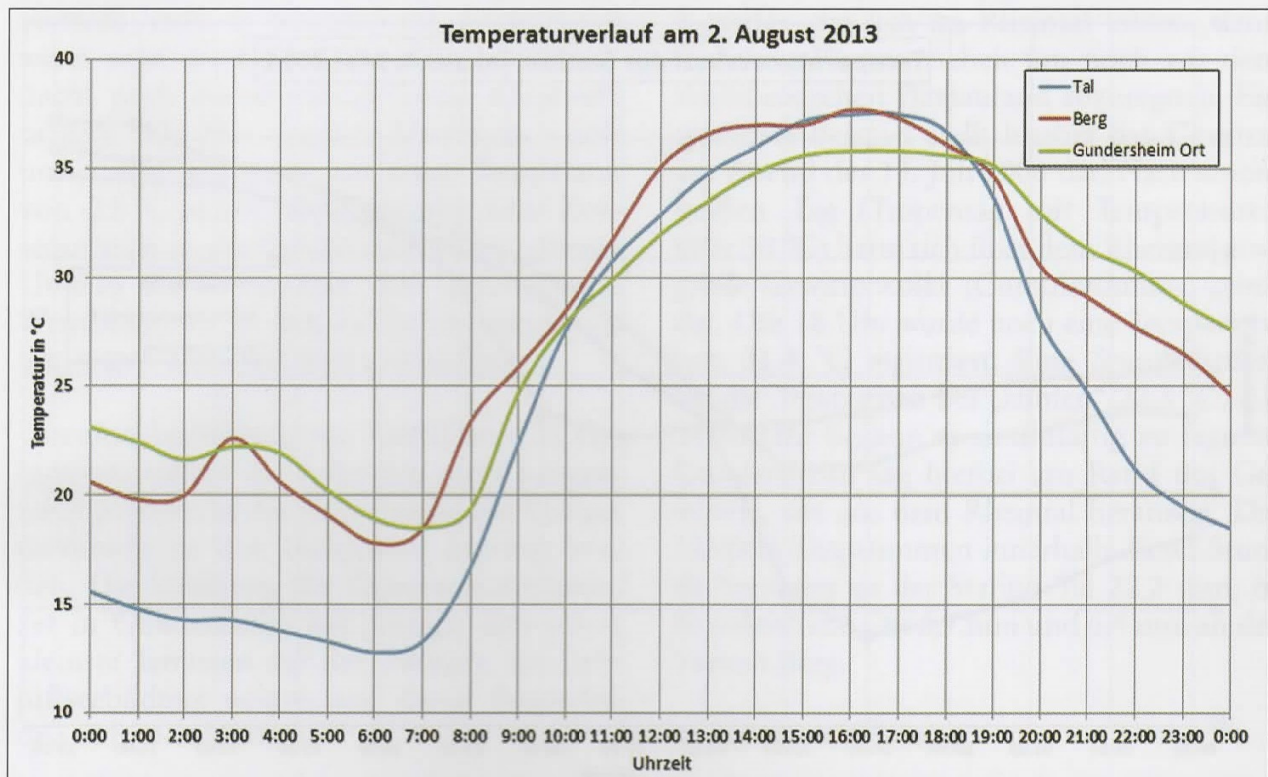


Abb. 22: Temperaturverlauf in Gundersheim am 2. August 2013, dem Tag des Jahres mit der größten Temperaturamplitude.

Der 2. August 2013 war der Tag mit der größten gemessenen Temperaturamplitude aller drei Stationen in Gundersheim (Abb. 22). An der Talstation betrug die Temperaturamplitude an diesem Tag 24,6 K. Die Temperaturdifferenz zwischen Station Berg und Tal betrug am 2. August 2013 in den Nachtstunden vor Sonnenaufgang 5 K. Bemerkenswert ist der Anstieg der Temperatur am Berg gegen 3 Uhr um 2,8 °C. Hier floss wärmere Luft aus der näheren Umgebung zur Station Berg. Solche Warmluftblasen kommen im Sommer immer wieder vor und erwärmen kurzfristig die Umgebung. Danach erfolgte an beiden Außenstationen eine konstante Abkühlung. Kurz vor Sonnenaufgang wurden die Minima gemessen: Um 06:30 Uhr 17,6 °C an der Station Berg, 12,9 °C an der Station Tal. Auch an der Station im Ortsbereich machte sich die Warmluftblase vom höher gelegenen Plateau abgeschwächt bemerkbar. Das Nachtminimum von Gundersheim Ort verzögerte sich auffälligerweise um eine Stunde und wurde erst um 07:30 Uhr mit einem Minimum von 18,1 °C erreicht.

Nach Sonnenaufgang um 7:30 Uhr steigen die Temperaturen an allen drei Stationen sprunghaft an, um sich gegen 10 Uhr einander anzunähern. Die Station Berg verzeichnet hierbei den größten Temperaturanstieg. Ein primäres Maximum wird schon zwischen 13 und 14 Uhr erreicht mit einer Temperatur von 37,3 °C. Danach stagniert die Temperatur, während sich die Temperatur der Station Tal weiter im Aufwärtstrend befindet. Die Temperaturkurven nähern sich ab 15 Uhr einander an. Um 16 Uhr werden an beiden Außenstationen die Maxima registriert: 37,5 °C. Die Station Gundersheim Ort erreicht ihr Maximum ebenfalls um 16 Uhr mit einer Temperatur von 36 °C. Die am Morgen im Ortsbereich festgestellte verzögerte Erwärmung ist auf die längere Beschattung der Station in Bezug auf die Umgebung zurückzuführen (Schattenwurf eines Baumes in südlicher Richtung).

Waren die Temperaturen aller drei Stationen um 18 Uhr noch nahezu gleich (35,5 °C), so gingen diese in den Abendstunden immer weiter auseinander. Die Station Tal verzeichnete hier die schnellste Temperaturabnahme.

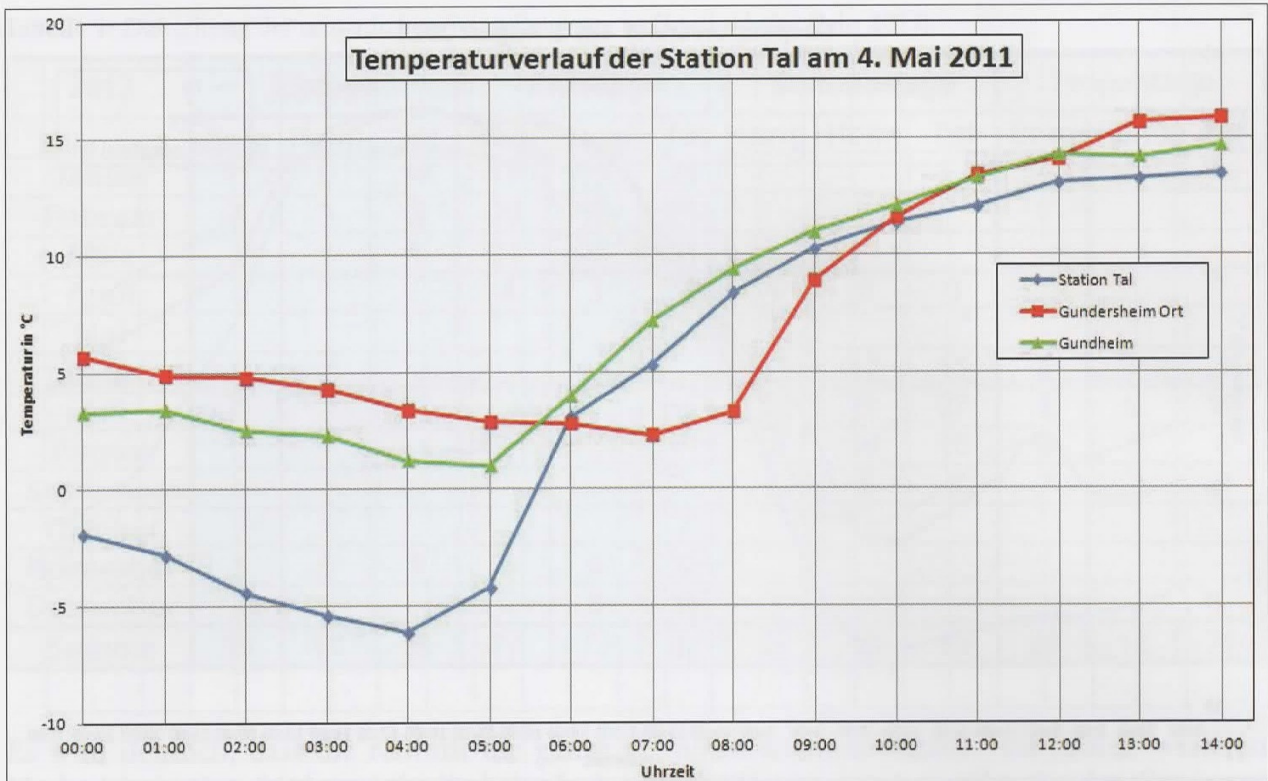


Abb. 23: Temperaturverlauf der Stationen Tal, Gundersheim Ort und Gundheim (DLR-Station) am 4. Mai 2011.

Bis Mitternacht kühlte es dort bis auf $18,5\text{ °C}$ ab, d. h. es handelte sich hierbei um eine Temperaturdifferenz von 17 K und das innerhalb eines Zeitraums von nur fünf Stunden. Die Station Berg verzeichnete ebenso eine Abnahme der Temperatur, hier allerdings nur auf $24,9\text{ °C}$ bis Mitternacht. An der Station im Ortsbereich fiel die Temperatur hingegen weitaus geringer ab auf $27,8\text{ °C}$. Im Ortsbereich wirken die bebauten Flächen in der Nacht als Wärmespeicher. Die über den Tag gespeicherte Wärme wird in den Nachtstunden als Infrarotstrahlung abgegeben.

Als Spätfröste werden Frostereignisse bezeichnet, die in den Monaten April bis Mai auftreten. Spätfröste sind im Agrarsektor besonders gefürchtete und ertragsreduzierende Ereignisse. Im Obstbau bereitet man sich auf solche Spätfröste dahingehend vor, dass die Blüten von Obstbaumbeständen in frostgefährdeten Nächten mit Wasser besprüht werden. Bei Frost werden die Blüten eingefroren; die Eisschicht wirkt wie eine Isolation und verhindert ein weiteres Auskühlen und damit Absterben der Blüte (Kristallisationswärme).

Ein agrarökologisch besonderes Ereignis stellte der Spätfrost am 4. Mai 2011 dar (Abb. 23). In den Morgenstunden bewegten sich die Temperaturen in Mulden und Tallagen für mehrere Stunden im Frostbereich. In einigen mitteleuropäischen Weinanbaugebieten gab es nicht nur Schädigungen der Knospen, sondern auch Totalausfälle an den Reben zu beklagen. Die Grenze zwischen geschädigten und nicht geschädigten Reben war hierbei eng begrenzt. Erkennbar waren die geschädigten Weinreben an dem schlaff herabhängenden Blattwerk.

Der Temperaturverlauf der Station Tal zeigte in der Nacht zum 4. Mai 2011 eine extreme Kaltluftseebildung (Abb. 23). Die Temperatur ging schon vor Mitternacht in den Frostbereich. Bereits um 0 Uhr betrug die Temperatur im Tal -2 °C . Um diese Uhrzeit verzeichnete die nah gelegene Station Gundheim (148 m ü. NHN), die sich in vergleichbarer Höhenlage befindet, eine mit $3,5\text{ °C}$ deutlich höhere Temperatur außerhalb des Frostbereichs. Auch die Station Gundersheim Ort lag mit Temperaturen von $5,5\text{ °C}$ deutlich außerhalb des Frostbereichs. Die Station Tal hingegen

verblieb volle 7 Stunden im Frostbereich wenn man die beiden Stunden vor Mitternacht noch berücksichtigt (nicht dargestellt in Abb. 23). Das absolute Minimum wurde um 4 Uhr gemessen mit einer Temperatur von $-7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ an der Talstation. Dies hatte Konsequenzen in der Landwirtschaft im näheren Umfeld der Talbereiche von Gundersheim. Weinberge, die in den Kaltluftsee hineinragten, waren zum Teil stark geschädigt.

Um eine Ausbildung von Kaltluftseen zu verhindern, sollten die Rebzeilen nicht hangparallel sondern in der Fallrichtung des Hanges (senkrecht zu den Isohypsen) angelegt werden. Die Erfahrung der Genossenschaftswinzer in Gundersheim hat gezeigt, dass schon kleinste Terrassen auf den Hängen zur Kaltluftseebildung neigen und damit Frostschäden auftreten können.

Am 28. August 2002 fand ein außerordentlich starkes Gewitter in Gundersheim und Umgebung statt. Die Auswirkungen waren so stark, dass sogar die Feuerwehr ausrücken musste, da viele Keller mit Wasser vollgelaufen waren. Im Ortsbereich von Gundersheim fielen innerhalb von einer halben Stunde (20:00 bis 20:30 Uhr) 83,1 mm Niederschlag, was einer Niederschlagsintensität von 166,2 mm/ Stunde entspricht. Dies war die größte gemessene Niederschlagsintensität seit Beginn der Messungen im Jahr 1995.

An der Station Berg war die Niederschlagsintensität mit einer Niederschlagssumme von 73,8 mm weitaus geringer. Die Regensumme im Talbereich betrug lediglich 63 mm.

Bisher wurde belegt, dass die Leelage von Gundersheim eine Niederschlagsabnahme von Station Berg zu Gundersheim Ort zu Station Tal bedingt. Dies macht sich insbesondere in den Wintermonaten bemerkbar, wenn atlantische Tiefausläufer aus Westen entsprechende Niederschläge bringen. Es gibt aber auch Wetterlagen, bei denen die Niederschläge im Tal höher ausfallen als auf dem Hang- und Plateaubereich von Gundersheim. Im Sommer sind es insbesondere

Gewitter, die sich im Rheintal bilden, dann Richtung Westen ziehen um noch vor dem rheinhessischen Plateaurand abzuregnen. Ein typisches Beispiel stellt hierbei das Gewitter am Abend des 13. Juli 2006 dar. Nach einem heißen Tag (Tropentag mit Temperaturen über $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) hatte sich über dem Rheintal eine große Gewitterwolke (Cumulonimbus) gebildet. Um 18 Uhr wurde noch eine Temperatur von $31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ registriert. Eine Stunde später lag die Temperatur bei „kühlen“ $22,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ab 18:30 Uhr begann es sintflutartig zu regnen. Gundersheim lag hierbei am Rand des Gewitters, das aus dem Rheintal heranzog. Die Niederschlagssummen innerhalb dieser Stunde betragen an der Station Tal 22,2 mm, in Gundersheim Ort 8,7 mm und 6,4 mm an der Station Berg.

4. Zusammenfassung

Die Gemeinde Gundersheim im südlichen Rheinhessen gehört klimageographisch zu den besonderen Orten Deutschlands. Innerhalb eines eng begrenzten Raumes um Gundersheim sind besonders hohe Jahresmitteltemperaturen und besonders niedrige jährliche Niederschlagssummen belegt. Die Wärme- und zugleich Trockeninsel, die im Diercke-Weltatlas als „A6“-Klimaregion bezeichnet ist, kann am Beispiel von Gundersheim belegt werden. Zudem können die im Vergleich zum direkten Umland überdurchschnittlich hohen Temperaturen ($10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Mittel) und die geringen Niederschläge quantifiziert werden, die im Fall von Gundersheim an der Station Tal nur 506 mm betragen. Die Ursachen liegen zum einen in der Leewirkung der im Westen gelegenen Gebirge Eifel, Hunsrück, Pfalz. Hinzu kommt der Donnersberg, der als markanter Eckpfeiler für die östlich befindlichen Orte eine Schutzlage bedingt, die im Fall von Gundersheim sehr ausgeprägt ist. Westlich von Gundersheim steigen die Niederschläge an, ebenso wie östlich des Ortes. Dies kann bei einem mesoskaligen Vergleich mit umliegenden Stationen gezeigt werden. Die Hanglage bedingt weitere Besonderheiten, die sich außer in der bereits erwähnten Niederschlagsreduktion in ausgeprägten Tem-

peraturunterschieden vom Plateaubereich hin zum Talbereich des Ortes zeigen. Hierbei repräsentiert die Station Berg die typisch „maritimen“ Charakterzüge des Klimas der Plateaubereiche in Rheinhessen, die Station Tal die typisch „kontinentale“ Klimaprägung der Rheinebene mit der Einschränkung, dass die Niederschläge im Vergleich zu typischen Stationen in der Rheinebene außerordentlich gering sind. Weiterhin finden im Talbereich besonders ausgeprägte Kaltluftseebildungen statt, die für extrem niedrige Temperaturen in allen Jahreszeiten verantwortlich sind und die zudem sehr hohe Temperaturamplituden hervorrufen. Auswirkungen solcher Kaltluftseen sind Spätfröste, die zu Erfrierungen an Weinreben führen können. Die seit 18 Jahren laufenden Messungen sollen auch in Zukunft weiter fortgeführt werden, um noch bessere Erkenntnisse über die klimageographische Besonderheit von Gundersheim und seiner Umgebung zu gewinnen.

5. Danksagung

Martin Werner bedankt sich bei seiner Frau Sabine und seinem Sohn Paul für die Entbehrung vieler Stunden, damit diese Arbeit entstehen konnte. Ein besonderer Dank gilt seinem Vater, Herr Hubert Werner in Gundersheim, der sich seit Beginn der Studie zuverlässig und stets vorausschauend in Zeiten der Abwesenheit um die Stationen gekümmert hat. Die gemeinsame Leidenschaft zum Hobby sowie Interesse an der Messtechnik und statistischen Auswertungen bescherte viele kurzweilige Abend- und Nachtstunden. Hans-Joachim Fuchs bedankt sich auch bei allen Beteiligten in Gundersheim für den unermüdlichen Einsatz im Rahmen der Stationsleitung und -betreuung über die vielen Jahre.

6. Literaturverzeichnis

- AMBOS, R. & KANDLER, O. (1987): Einführung in die Naturlandschaft. – 1-28. In: JUNGBLUTH, J. H. (Hrsg.):
 • Der Mainzer Sand – Beiträge zur Monographie des Naturschutzgebietes Mainzer Sand und seiner näheren Umgebung. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv **25**: 608 S., Mainz.
- Diercke Weltatlas (2008): Georg Westermann Verlag, 296 S., Braunschweig.
- FUCHS, H.J. & WERNER, M. (1996): Geländeklimatische Untersuchungen im südlichen rheinhessischen Tafel- und Hügelland – am Beispiel von Gundersheim. – Heimatjahrbuch 1997, Landkreis Alzey-Worms. 133-141.
- FUCHS, H.J. & WERNER, M. (1997): Eine Analyse der Niederschlagsverhältnisse in Gundersheim/Rheinhessen. – Heimatjahrbuch 1998, Landkreis Alzey-Worms. 147-154.
- LESER, H. (1969): Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen. 253 S., Berlin.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2008): Klimatologie. Verlag Eugen Ulmer. 472 S., Stuttgart.

Dienstleistungszentren Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz – Agrarmeteorologie. <http://wetter.rlp.de/>

DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Abteilung Technische Zentralstelle
http://wetter.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=D9O5EL70B8&p1=VJ653033KP&p3=78948U5483&p4=XJPZBV4849

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: www.staff.uni-mainz.de/hjfuchs

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

Manuskript eingegangen: 10.03.2014