Mitt. POLLICHIA	83	37 – 65	14 Abb.	10 Tab.	Bad Dürkheim 1996
					ISSN 0341-9665

Hans-Joachim FUCHS & Martin WERNER

Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen

Kurzfassung

FUCHS, H.-J. & WERNER, M. (1996): Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen. -Mitt. POLLICHIA, **83:** 37-65, Bad Dürkheim.

Eine 18-monatige Datenreihe mit stündlichen Temperatur- und Luftfeuchtewerten sowie die täglichen Niederschlagssummen an drei Meßstationen im Gemarkungsgebiet von Gundersheim liefern die Grundlage für die Auswertung. Darüber hinaus wurden insgesamt 31 mobile Klimamessungen im Gelände durchgeführt. Die vorliegende Studie ist ein Versuch zur Darstellung der topoklimatischen Verhältnisse im Raum Gundersheim. Die täglichen Windbeobachtungen, insbesondere die daraus resultierenden Windrosen, liefern eine fundierte Interpretationsgrundlage in bezug auf die Strömungsverhältnisse, welche einen wichtigen Part bei der Präsentation der topoklimatischen Variationen im Untersuchungsraum darstellen. Die Messung der Niederschlagssummen ist insoweit sehr interessant, da es aufgrund der Mehrfach-Leelage zu den vorherrschenden Westwinden zu erheblichen Niederschlagsreduktionen kommt, was dem Raum Gundersheim eine überregional besondere Bedeutung verleiht.

Abstract

FUCHS, H.-J. & WERNER, M. (1996): Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen.

[Stationary and mobile measurements for the registration of the topo-climate in the region of Gundersheim/Rheinhessen]. – Mitt. POLLICHIA, **83:** 37-65, Bad Dürkheim.

The basis for this analysis is a series of hourly measurements of both temperature and humidity over an 18-month period of time as well as the measurements of the daily amounts of precipitation at three stations in the Gundersheim area. In addition of the above, 31 mobile climatic field measurements were taken. This study is an attempt to depict the topoclimatic conditions of the Gundersheim area. Daily wind measurements and especially the thereby obtained wind roses provide a solid foundation for the interpretation of the relation between air currents. The latter, in turn, play a key role in the presentation of the topoclimatic variations of the examined area. Measuring the amounts precipitation is especially interesting insofar, as the multiple lee position of the location with respect to the dominant westwinds leads to a considerable decrease in rainfall. This makes the Gundersheim area important on a supraregional scale.

Résumé

FUCHS, H.-J. & WERNER, M. (1996): Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen.

[Rôle des données météo issues de stations fixes et de stations mobiles dans la recherche topoclimatique dans la région de Gundersheim/Rheinhessen]. – Mitt. POLLICHIA, **83:** 37-65, Bad Dürkheim.

Une série de données, relevée pendant 18 mois dans trois stations météo dans la région de Gundersheim, sera interprétée dans la présente étude. Elle indique les valeurs de température et d'humidité atmosphérique qui sont enregistrées par heure ainsi que les quantités journalières de précipitation. S'ajoute à cela, 31 stations mobiles enregistrent des données météorologiques sur le terrain. La présente étude essaie de décrire les conditions topoclimatiques dans la région de Gundersheim. Les observations journalières du vent, en particulier les roses des vents qui en résultent, fournissent une base d'interprétation fondée par rapport aux courants atmosphériques qui revêtent une partie importante lors de la présentation des variations topoclimatiques dans la région explorée. La pluviosité est particulièrement interéssante car l'existence de plusieurs côtés abrités des vents venant surtout d'ouest aboutit à une réduction considérable des précipitations. Cela attache une importance particulière et dépassant le cadre régional à la région de Gundersheim.

1. Einführung und räumliche Lage des Untersuchungsgebietes

Die Darstellung von klimatischen Sachverhalten auf kleinerem Raum gehört zum Aufgabenbereich der Geländeklimatologie (KNOCH 1963). Dabei werden die Klimawirkungen der vielfältigen Topographie der Erdoberfläche eingehend untersucht und die stark voneinander abweichenden Meßwerte auf kleinem Raum erfaßt. LAUER (1993: 227) nennt in diesem Zusammenhang den Begriff 'Topoklima' und stellt diesen dem 'Polisklima' (Stadtklima) gegenüber. Bei der Stadtklimatologie liegt das Hauptaugenmerk auf der Untersuchung der Klimawirkungen durch die städtische Bebauung, verbunden mit den anthropogenen Einflüssen. Bei der Topoklimatologie werden die Klimawirkungen der einzelnen Geländeformen, Exposition, Hangneigung, Beschaffenheit und Bedeckung der Erdoberfläche analysiert. Die im Untersuchungsgebiet liegende ländliche Siedlung von Gundersheim erreicht mit seinen 1.800 Einwohnern noch nicht die Besiedlungsdichte und Ausdehnung einer Stadt und somit auch nicht die damit verbundenen stadtklimatischen Ausprägungen sowie Auswirkungen. Somit stehen bei der vorliegenden Untersuchung, neben einigen wenigen stadtklimatischen Aspekten, die topoklimatischen Besonderheiten im Vordergrund.

Das Stadt(Polis)-klima und das Gelände(Topo)-klima werden in Zusammenhang mit dem Betrachtungsmaßstab auch als Mesoklimate angesprochen (HEYER 1977: 347). Im Mesoklima überlagern sich die Einflüsse des Makro- und Mikroklimas, was eine klare Abgrenzung schwierig macht. Das Mesoklima ergibt sich als ein mehr oder weniger selbständiger Bereich innerhalb des Makroklimas und wird durch die klimatischen Auswirkungen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre abgewandelt. Bei mesoklimatischen Untersuchungen unterscheidet sich in den meisten Fällen auch die Beobachtungsdauer. Während bei der Makroklimatologie die langjährigen Mittelwerte (Standardperiode: 30 Jahre) bevorzugt werden, sind es bei der Meso- wie auch Mikroklimatologie die kurzfristig auf vergleichbar kleinem Raum auftretenden Abweichungen vom Makroklima, welche zum Untersuchungsgegenstand werden.

Die Gemeinde Gundersheim liegt im südlichen Teil des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes zwischen Alzey und Worms (Abb. 1). Die 200–250 m hohen Tafelländer sind ausgedehnte Plateauflächen, die aus tertiären Mergeln und Kalken bestehen und während des Pleistozäns mit Löß überweht worden sind. Auf dem Löß haben sich sehr fruchtbare Böden entwickelt, worauf intensiver Acker- und Weinbau betrieben wird. Als Hügelland

sind die Ausraumzonen zwischen den Plateaus gemeint. So sind durch die erosive Tätigkeit der Fließgewässer sowie durch denudative Abtragungsprozesse bei tektonischer Hebung bei gleichzeitigem Zerfall Sedimentationsflächen entstanden.

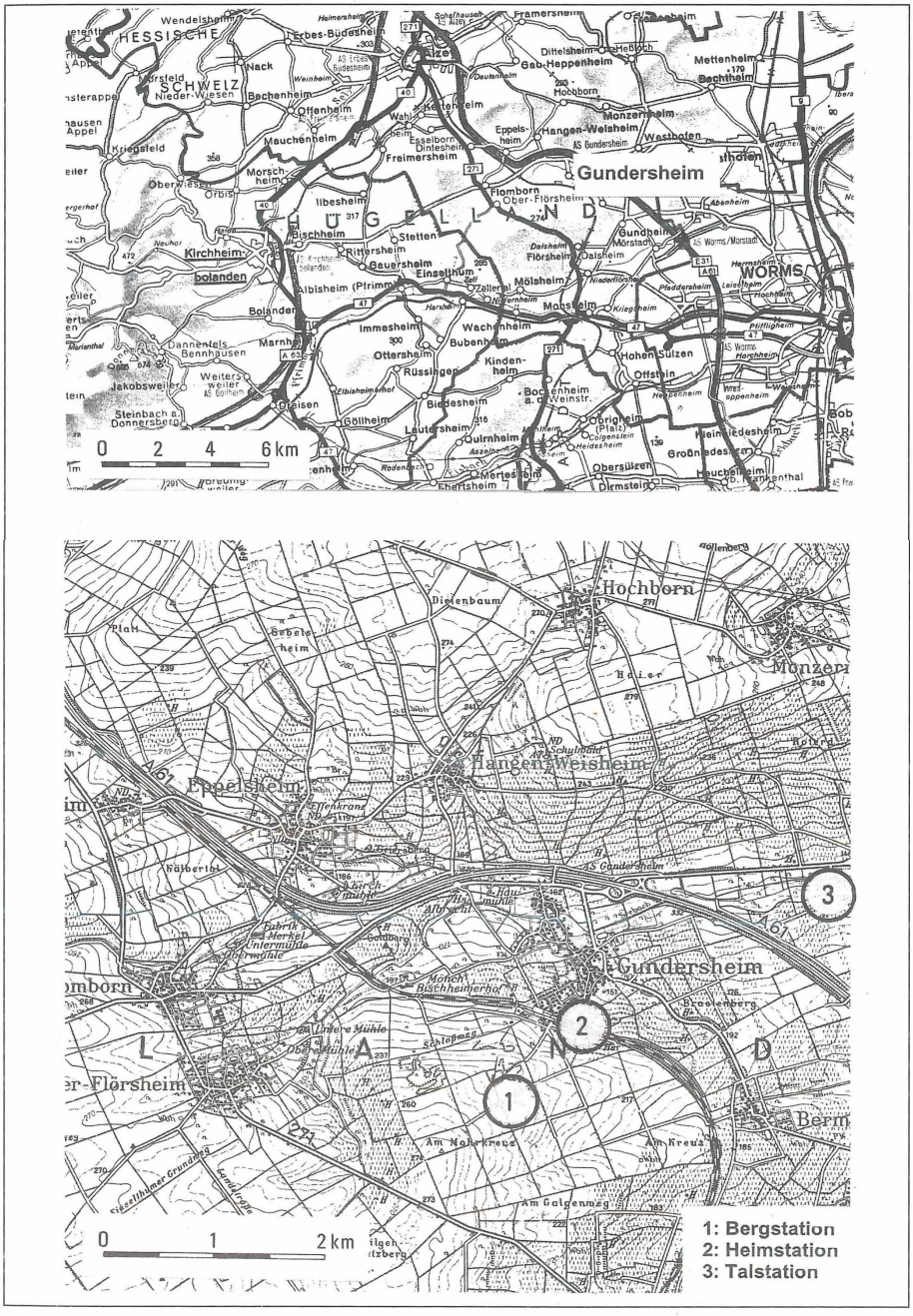


Abb. 1: Groß- und kleinräumige Lage des Untersuchungsgebietes

Das Ortsgebiet von Gundersheim und die sich anschließende untersuchte Gemarkungsfläche befinden sich im Bereich eines größtenteils nordöstlich exponierten Hangbereiches, welcher Teil der nach Südosten verlaufenden Ausraumzone des Seebaches bzw. 'Altbaches' ist (Abb. 1). Die gesamte Talzone öffnet sich zur Oberrheinischen Tiefebene. Das Gefälle des Hangbereiches beträgt im unteren und mittleren Abschnitt durchschnittlich 3-6° und im oberen Abschnitt 7-10°, wobei die stärksten Hangneigungen unmittelbar an der besonders widerstandsfähigen Kalkplateaukante erreicht werden. Das Untersuchungsgebiet ist völlig waldfrei und ist in Form von Getreide-, Hackfrüchte- und Weinanbau durch intensive ackerbauliche Nutzung gekennzeichnet. Das Ortsgebiet von Gundersheim liegt im mittleren Hangabschnitt in einer Quellmulde (Hangdelle), welche an der Grenze vom tertiären, wasserundurchlässigen Mergelstockwerk zum darüberliegenden klüftigen Kalkstockwerk entstanden ist.

Seit Anfang 1995 existieren im Gemarkungsgebiet von Gundersheim drei stationäre Klimameßstationen des Geographischen Instituts der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, welche von Martin Werner betreut werden. Die vom Deutschen Wetterdienst anerkannten Meßhütten stehen in 2 m Höhe auf grasbewachsenem Untergrund (Inspektionsbesuch am 14. Juni 1995 durch den Leiter des Klimadienstes beim Deutschen Wetterdienst, Wetteramt Trier). Die drei Meßstationen werden im folgenden Text als Berg-, Heim- und Talstation bezeichnet. Die Entfernung von der Bergstation zur Heimstation beträgt 1 km und von dort sind es weitere 2 km zur Talstation, so daß ein Meßprofil von ca. 3 km Länge resultiert. Die Höhendifferenz von der Berg- zur Talstation beträgt 110 m. Die Lage der drei Klimastationen (Abb. 1):

①: **Bergstation:** oberhalb von Gundersheim in 248 m ü.NN am Rand des nach Nordosten abfallenden Kalkplateaus im Gemarkungsbereich „Am Mohrkreuz".

②: **Heimstation:** im geschlossenen Ortsbereich von Gundersheim in 193 m ü.NN, Katzensteiner Straße 56, Gartengelände.

③: **Talstation:** unterhalb von Gundersheim im Seebachtal (bzw. 'Altbachtal'), in der Nähe des Hochwasserrückhaltebeckens in 138 m ü.NN.

Mit Hilfe von Thermohygrographen (Standardgerät der Firma Thies, Göttingen) werden Temperatur und relative Luftfeuchte gemessen (jeweils stündliche Werte). Mittels eines Regenmessers (Standardgerät nach Prof. Hellmann) wird die tägliche Niederschlagssumme erfaßt.

Aus organisatorischen Gründen war ein Meßbeginn der Temperatur am 1. Januar 1995 leider nicht möglich, sondern erst einen Monat später. Die vorliegende Studie bezieht sich auf den Beobachtungszeitraum vom 1. Februar 1995 bis 31. Juli 1996, d.h. 18 Monate, was einen ungewöhnlichen Meßzeitraum darstellt. Die Auswertung sollte zeitlich möglichst dicht an den Redaktionsschlußtermin reichen. Neben den stationären Beobachtungen wurden bei unterschiedlichen Wetterlagen insgesamt 31 mobile Temperaturmessungen mit Hilfe eines PKW's durchgeführt. Die Länge der abgefahrenen Meßstrecke betrug dabei 15 km. Damit wurde eine weitere Datengrundlage zur Analyse der topoklimatischen Verhältnisse geschaffen. Das digitale Meßgerät wurde dabei an einem ca. 2 m nach vorne herausreichenden Gestänge am Autodach befestigt. Die Temperatur- und Luftfeuchtewerte wurden an insgesamt 84 festgelegten Meßpunkten im Gelände abgelesen.

2. Temperaturmittel

Die Heimstation liegt im geschützten Ortsbereich an einem östlich bis nordöstlich exponierten Hang und weist insbesondere im Sommer erhöhte nächtliche Temperaturwerte auf. Große Ähnlichkeiten bestehen mit der 55 m höher liegenden Bergstation. Aufgrund der vorwiegend westlichen Winde herrscht auf dem Plateaubereich ständig etwas Luft-

bewegung, die eine Kaltluftseebildung unterbindet. Demzufolge resultiert ein ausgeglichenerer Tagesgang der Temperatur sowie der relativen Luftfeuchte. Größeren Schwankungen hingegen ist die Talstation unterworfen, da sich durch die regelmäßig auftretenden Kaltluftströme die Luftmassen im Tal ansammeln und eine weitere Auskühlung bedingen. Temperaturunterschiede Berg-Tal von bis zu 8°C sind daher keine Seltenheit. Es können aber auch Temperaturunterschiede von 5 und mehr Grad Celsius auf engstem Raum auftreten. So wurden beispielsweise bei mobilen Temperaturmessungen im Gelände Unterschiede von 3° C innerhalb von 10 m gemessen, was auf die unterschiedlichen Zugbahnen der Kaltluftströme zurückzuführen ist. Im Gegensatz zur Bergstation ist es im Tal meist windstill, was sich auch in der Luftfeuchte erkennen läßt: hier wird regelmäßig der Taupunkt erreicht.

Der Vergleich der Durchschnittstemperatur der 18 Monate ergibt für die Station im geschlossenen Ortsbereich den weitaus höchsten Wert: 10,6 °C, was auch durch die Temperaturkurve zum Ausdruck gebracht wird (Abb. 2). Die nahe Bebauung sowie die dunklen Straßenbeläge speichern insbesondere im Sommer die Wärme. Untersuchungen von KESSLER (1971) ergaben, daß das Tagesmittel der Strahlungstemperaturen von Asphaltstraßen fast 13° C über dem der Lufttemperaturen liegen kann (Tagesmittel: Lufttemperatur 17° C, Asphalt 29.5° C). Im Winter ist es der Hausbrand, der erhöhte Temperaturen im unmittelbaren Ortsbereich verursacht und somit zur Ausbildung einer lokalen 'Wärmeinsel' führt. Die beiden Außenstationen weisen für den Meßzeitraum jeweils ein Temperaturmittel von 9,6 °C auf. Die Bergstation ist im Vergleich zu den tiefer gelegenen Stationen durch die größeren Temperaturextreme gekennzeichnet. So resultierte im Juli 1995 eine Monatstemperatur von 23,5 °C, im Tal war es mit 21,6 ° C vergleichsweise kühler. Im Januar betrug das Monatsmittel auf den Höhen –2,4° C und lag damit um 0,9° C unter dem der Talstation.

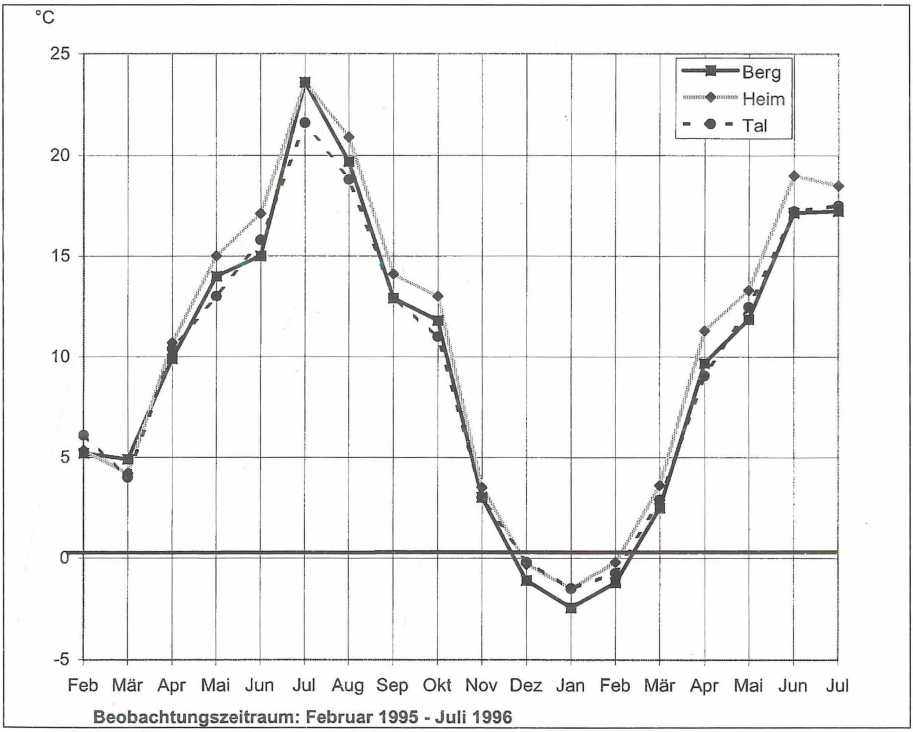


Abb. 2: Variationen der mittleren Monatstemperaturen für die drei Stationen (Berg, Heim und Tal)

Die nähere Betrachtung der Monatsmittel zeigt, daß die Unterschiede von Monat zu Monat variieren. Im März, Mai, Juli, Oktober 1995 sowie im April 1996 wurden im Tal rund 2° C niedrigere Temperaturmittel erreicht. In den anderen Monaten wurden im Tal stets höhere Monatsmittel registriert. Hier erhebt sich die Frage nach der Ursache dieser Unterschiede. Normalerweise müßten die Plateaubereiche Rheinhessens aufgrund ihrer höheren Lage (110 m Höhendifferenz) durchweg kühler sein als die Talzonen. Aber lokalklimatische Effekte, zum Beispiel die Ausbildung von Kaltluftseen, können zur Folge haben, daß die Plateaus wärmer als die Talzonen sind. Darauf wird im Verlauf der vorliegenden Studie noch näher eingegangen. Im Juli 1995 wurden im Tal 21,6 °C gemessen, auf dem Berg 23,6 °C, also 2 °C mehr. Im Juli 1996 war es umgekehrt, denn die Talzone hatte eine höhere Mitteltemperatur als der Plateaubereich. Es ergibt sich demnach ein uneinheitliches Bild, was auf witterungsklimatische Unregelmäßigkeiten zurückgeführt werden kann. Die jeweilig vorherrschende Wetterlage bestimmt somit maßgeblich das Auftreten und die Intensität der räumlichen Temperaturunterschiede. Die gezeigten Unterschiede beziehen sich auf die monatlichen Mitteltemperaturen und erwecken daher den Eindruck, daß die räumlichen Temperaturvariationen aus topoklimatischer Hinsicht verhältnismäßig gering sind. Dies wird sich bei der Betrachtung der Extremwerte sowie bei der Auswertung der mobilen Temperaturmessungen ändern.

3. Temperaturschwellenwerte

Im nächsten Auswertungsschritt sollen die bestehenden geländeklimatischen Unterschiede im Untersuchungsgebiet anhand von Temperaturschwellenwerten, d.h. der Anzahl von **Eis-, Frost, Sommer- und Tropentagen,** aufgezeigt werden (Tabelle 1). Dabei wird größtenteils auf die Berg- und Talstation eingegangen, welche durch eine Höhendifferenz von 110 m und durch eine Entfernung von 3 km gekennzeichnet sind. An einem **Eistag** liegt das Temperaturmaximum 24 Stunden lang unter 0° C, d.h. es herrscht sog. Dauerfrost. Für den Zeitraum von Februar bis Ende des Jahres 1995 ergab sich eine Jahressumme von 20 Eistagen an der Bergstation, hingegen nur 11 Tage an der Talstation, d.h. rund die Hälfte an Eistagen in der tiefer gelegenen Region um den Seebach. Der Jahresbeginn 1995 war nicht durch einen extrem kalten Winter charakterisiert, denn es traten z. B. im Februar 1995 (Beginn des Meßzeitraums) keine Eistage auf. Sehr viel kälter war es dagegen zum Jahresbeginn 1996, wo es an der Bergstation alleine im Januar 23 Eistage gab, was die extrem kalte Witterung deutlich zum Ausdruck bringt. Beim Vergleich der Bergstation mit der Talstation zeigt sich ein ähnliches Mengenverhältnis wie 1995, derart, daß es in den höheren Lagen rund die doppelte Anzahl an Eistagen gegeben hat. Die Heimstation ist durch die geringste Anzahl von Eistagen charakterisiert.

Bei einem **Frosttag** erreicht das Tagesminimum der Temperatur mindestens den Gefrierpunkt oder liegt darunter. Die Andauer der Temperaturen um den Gefrierpunkt oder unter der 0°-Grenze hat für die Definition eines Frosttages keine Relevanz. Für die heimische Vegetation und für die meisten der angebauten Kulturpflanzen (insbesondere im Frühjahr während der Vegetationsperiode) ist schon das kurzzeitige Absinken der Temperatur unter 0° C mit erheblichen Schädigungen verbunden. Bei der Betrachtung der Frosttage im Untersuchungsgebiet zeigt sich eine überraschende Umkehr der Verhältnisse. An der 248 m ü.NN gelegenen Bergstation wurden für den gesamten Beobachtungszeitraum von Februar 1995 bis Juli 1996 insgesamt 146 Frosttage registriert, im Tal mit 158 sogar 12 Frosttage mehr! Der für die Landwirtschaft so gefürchtete Spätfrost trat im Mai 1995 nur noch im Talbereich auf, wogegen das Plateau bereits frostfrei war. Bei den Frühfrösten verhält es sich ähnlich, denn bereits im Oktober 1995 gab es im Seebach-Tal 3 Frosttage, wogegen die Bergstation erst im November Temperaturen unter 0° C hatte.

Tabelle 1: Vergleich der Anzahl von Eis-, Frost-, Sommer- und Tropentagen im Zeitraum von Februar 1995 bis Juli 1996

	Eistage			Frosttage			Sommertage			Tropentage		
1995	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**
Februar	-	-	-	8	7	10	-	-	-	-	-	-
März	-	-	-	13	20	17	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	1	-	2	1	1	1	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	1	7	6	6	-	-	-
Juni	-	-	-	-	-	-	8	8	9	1	1	3
Juli	-	-	-	-	-	-	23	27	24	11	16	12
August	-	-	-	-	-	-	19	20	20	9	10	8
September	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oktober	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-
November	1	-	-	13	11	14	-	-	-	-	-	-
Dezember	19	8	11	28	21	25	-	-	-	-	-	-
Summe	**20**	**8**	**11**	**63**	**59**	**72**	**58**	**63**	**60**	**21**	**27**	**23**
1996	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**	**Berg**	**Heim**	**Tal**
Januar	23	12	13	31	27	30	-	-	-	-	-	-
Februar	13	6	6	25	24	24	-	-	-	-	-	-
März	1	-	-	21	21	21	-	-	-	-	-	-
April	-	-	-	6	6	11	3	4	3	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	-	2	5	3	1	2	1
Juni	-	-	-	-	-	-	11	16	13	5	9	6
Juli	-	-	-	-	-	-	14	19	20	1	4	1
Summe	**37**	**18**	**19**	**83**	**78**	**86**	**30**	**44**	**39**	**7**	**15**	**8**
Total	***57***	***26***	***30***	***146***	***137***	***158***	***88***	***107***	***99***	***28***	***42***	***31***

Bei einem **Sommertag** erreicht das Tagesmaximum der Temperatur mindestens einen Wert von 25° C, wobei der Zeitpunkt des Erreichens sowie die Andauer dieses Schwellenwertes keine Rolle spielt. Bei der Anzahl der Sommertage ist die Talzone begünstigt. Während des Sommers 1995 fielen die Unterschiede mit jeweils 60 und 58 Tagen nur sehr gering aus. Für den teilweise untersuchten wärmeren Jahresabschnitt 1996 (April-Juli 1996) war dies aber anders, denn mit 39 Sommertagen wurden im Tal 9 Tage mehr registriert als an der Bergstation. Die ersten Sommertage traten jeweils im April 1995 und 1996 auf und die letzten im August 1995. Sehr deutlich fällt auf, daß die Heimstation durch eine vergleichbar hohe Anzahl von Sommertagen gekennzeichnet ist, die sogar mit 107 Tagen noch um 8 Tage die Talstation übertrifft.

Während eines **Tropentages** erreicht das Tagesmaximum der Temperatur mindestens einen Wert von 30° C. Bei der Anzahl der Tropentage sind auf der einen Seite die erreichten Summen sehr gering und auf der anderen Seite existieren nur noch geringe Unterschiede zwischen Berg und Tal. Mit 31 Tropentagen werden im Tal nur 3 Tage mehr registriert als an der Bergstation, so daß die Unterschiede vergleichsweise klein geworden sind. Dennoch bezeichnend ist aber wieder die deutlich höhere Anzahl der Tropentage im Ortsgebiet von Gundersheim. An der Heimstation wird mit 42 Tropentagen an noch 11 Tagen mehr als im Tal und an 14 Tagen mehr als auf dem Plateau die 30° C Temperaturmarke erreicht. Dabei ist zu bedenken, daß die Entfernung Heimstation zur Bergstation nur 1 km beträgt. Dies zeigt doch deutlich bestehende Temperaturunterschiede innerhalb geringer Distanzen.

Zusammenfassend und interpretierend kann bei den vorgestellten **Temperaturschwellenwerten** herausgestellt werden, daß im Jahresverlauf die Bergstation im Vergleich zur Talstation stets mehr Eistage hat. Für jeden Monat, an denen es an beiden Standorten Dauerfrost gab, beträgt das Mengenverhältnis etwa 2:1, d. h. auf 2 Eistage auf dem Berg kommt ein Eistag im Tal. Was die Frosttage betrifft, zeigt sich die größte Anzahl im Tal. Von Februar bis Dezember 1995 wurden im Tal 72 Tage mit Frost gezählt. Die Bergstation hingegen wies in allen Monaten weniger Frosttage auf, so daß sich hier nur eine Summe von 63 Tagen mit Frost ergab. Von Januar bis April 1996 war die Anzahl der Frosttage fast gleich. Im Tal wird somit Frost schneller erreicht als auf den umliegenden Höhen, obwohl dies vom adiabatischen Temperaturgradienten eher anders der Fall sein müßte, denn mit jeder Höhenzunahme um 100 m sinken die Temperaturen um jeweils 0,6 - 1,0° C ab. Somit spricht eine größere Höhe auch für ein früheres Erreichen des Gefrierpunktes.

YOSHINO (1975) führt dies auf das topoklimatisch bedingte Phänomen der nächtlichen Kaltluftseebildung in Talbereichen zurück. Den letzten Frost (= Spätfrost) gab es am 15. Mai 1995 an der Talstation. Im Oktober 1995 trat Frost zuerst im Tal auf: 3 Tage wurden registriert. Während die Höhenzüge von Gundersheim 6 Monate frostfrei blieben, waren es im Talbereich nur 4 Monate. Kaltluftbedingte Temperaturunterschiede treten zu allen Jahreszeiten auf, meist jedoch im Frühjahr und Herbst. Voraussetzung ist eine stabile Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel und Windstille (LAUER 1993). So werden im Winterhalbjahr im Tal auch die niedrigsten Temperaturen gemessen: den absoluten Kälterekord im gesamten 18-monatigen Untersuchungszeitraum gab es am 24. Februar 1996 mit –14,8° C. Zum Vergleich: auf dem Plateau an der Bergstation war es mit –11 °C um fast 4° C „wärmer". Überhaupt besitzt der Plateaubereich einen viel ausgeglicheneren Tagesgang der Temperatur als die Talzonen und Mulden. Die wenig rauhe und ebene Oberfläche der rheinhessischen Höhen bedingt eine ständige Luftbewegung, die eine Ausbildung von Kaltluftseen nur selten und wenn, dann nur sehr schwach ausgeprägt zuläßt. Der ständige Luftzug ist aber auch dafür verantwortlich, daß es am Tag auf dem Plateau nicht so warm wird wie in den Talzonen.

4. Anzahl der Frostst unden und „Sommerstunden"

Eine genauere Analyse des Schwellenwertes 'Frost' schließt sich an, um die topoklimatischen Unterschiede an den drei Meßstandorten noch besser zum Ausdruck zu bringen. Hierzu wurde ein bislang noch wenig praktiziertes Auswertungsverfahren gewählt. Für jeden Tag des Monats wurde die Anzahl der Stunden, an denen es Frost gab, festgehalten und anschließend monatsweise summiert (Tabelle 2).

Die Auflistung zeigt ein überraschendes Ergebnis, denn die höhere Anzahl der Froststunden wird an der Bergstation registriert. Bei einer höheren Anzahl von Frosttagen, die das Tal aufweist (Tabelle 1), bedeutet das, daß Frost im Tal nur eine relativ kurzzeitige Erscheinung ist und die Temperatur am Tag schnell wieder über 0 °C steigt. Dies ist wieder ein Hinweis auf den extremeren Temperaturtagesgang an der Talstation. Die Station auf dem Plateau bleibt von Kaltluftseen verschont und verzeichnet deshalb eine geringere Anzahl von Frosttagen. Allerdings kommt es vor, daß, aufgrund der fehlenden Rauhigkeit der Oberfläche, ein ständiger Wind über das höher gelegene Plateau streicht, der die Tagesamplitude der Temperatur erniedrigt und in Situationen, in denen sich die Temperatur um den Nullpunkt bewegt, nicht über die 0 °C steigen läßt. Der Tagesgang der Temperatur wird hierdurch regelrecht begrenzt, während in den Talzonen bei günstiger Lage noch ein ausgeprägter Tagesgang erreicht wird.

Die totale Auszählung der Froststunden für den Zeitraum von Februar 1995 bis Mai 1996 ergab eine Summe von 1.985 Stunden für die Heimstation, 2.107 Stunden für die

Tabelle 2: Anzahl der Froststunden von Februar 1995 bis Mai 1996

1995	Berg	Heim	Tal
Februar	43	40	57
März	118	106	118
April	1	0	6
Mai	-	-	3
Juni	-	-	-
Juli	-	-	-
August	-	-	-
September	-	-	-
Oktober	-	-	7
November	175	133	142
Dezember	570	483	471
Summe	**907**	**762**	**804**
1996	**Berg**	**Heim**	**Tal**
Januar	656	599	631
Februar	458	382	399
März	248	211	210
April	60	31	63
Mai	-	-	0
Summe	**1422**	**1223**	**1303**
Total	**2329**	**1985**	**2107**

Station im Tal und 2.329 Froststunden für die Bergstation. Letztere weist somit die größte Anzahl an Froststunden auf, während die Station im bebauten Bereich, infolge der nächtlichen Wärmespeicherkapazität, die geringste Anzahl aufweist. Im Tal treten die letzten Frühjahrsfröste auf, die als sog. Spätfröste in der Landwirtschaft sehr gefürchtet sind und zu großen Schädigungen an den Kulturpflanzen führen können. In den frühen Morgenstunden des 15. Mai 1995 gab es noch 3 Stunden Frost bis -2° C. An diesem Tag wurden Frostschäden in Weinbergen gemeldet, die in Gundersheim bis in den Talbereich hineinreichten. Der erste Frost erfolgte dann im Herbst, am 22. Oktober 1995, ebenfalls wieder im Tal. Die Statistik für den Winter 1995/96 zeigt eine große Anzahl von Frosttagen und -stunden und macht die Strenge dieses Winters sehr gut deutlich. Werden die Froststunden des Monats Februar 1995 mit denen vom Februar 1996 verglichen, resultiert eine 8-10 mal höhere Anzahl für 1996 an den jeweiligen Meßstationen.

Aus der Anzahl der Froststunden sowie der Anzahl der Frosttage an den einzelnen Meßstationen läßt sich die **Frostintensität,** d.h. die Anzahl der Stunden mit Frost pro Frosttag errechnen (Tabelle 3). Mit Ausnahme der Spätfröste im Tal (Mai 1995) dauert der Frost auf den Höhen meistens länger. So zum Beispiel war im März 1995 die Temperatur an der Bergstation 9,1 Stunden pro Frosttag unter der 0°-Grenze, wogegen dies an der Talstation nur 6,9 Stunden der Fall gewesen ist.

Eine noch höhere Frostintensität im Plateaubereich wurde im April 1996 beobachtet. Die Bergstation war dabei mit durchschnittlich 10 Stunden Frost pro Frosttag gekennzeichnet, wogegen die Talstation nur während 5,7 Stunden Temperaturwerte unter 0° C hatte. Der sehr strenge Winter 1995/96 wird anhand dieser Auswertung sehr deutlich. Zum Beispiel lagen die Temperaturen im Januar 1996 an der Bergstation mit rund 21 Stunden pro Tag unter 0° C. Im Januar 1996 gab es 31 Frosttage (Tabelle 1).

Tabelle 3: Frostintensität in Stunden < oder = 0° C pro Frosttag von Februar 1995 bis Juli 1996

1995	Berg	Heim	Tal
Februar	5,4	5,7	5,7
März	9,1	7,1	6,9
April	1,0	0,0	3,0
Mai	-	-	3,0
Juni	-	-	-
Juli	-	-	-
August	-	-	-
September	-	-	-
Oktober	-	-	2,3
November	13,5	13,3	10,1
Dezember	20,4	17,9	18,8
Summe	49,3	43,0	50,0
1996	Berg	Heim	Tal
Januar	21,2	22,2	21,0
Februar	18,3	15,9	16,6
März	11,8	10,0	10,0
April	10,0	5,2	5,7
Mai	-	-	-
Summe	61,3	53,3	53,4
Total	110,6	95,3	103,3

Bei den „Sommerstunden", d.h. Anzahl der Stunden mit mindestens 25° C (Tabelle 4), überwiegt in allen Monaten die Anzahl der Sommerstunden im Bereich der Heimstation. Infolge der dichten Bebauung und Asphaltflächen kommt es hier in allen Jahreszeiten zu einer Überwärmung, die sich besonders in den Abendstunden bemerkbar macht. Bei den beiden Außenstationen dominiert die Talstation mit einer Gesamtsommerstundenzahl von 458 im Jahr 1995 (Berg: 448 Stunden). Mit Ausnahme der Monate April und Juli 1995 wurden im Tal stets mehr Stunden über 25° C gezählt als auf dem Plateau. Hier dürfte sich die windgeschützte Tallage und die niedrigere Meereshöhe temperaturerhöhend in bezug auf die Sommerstunden ausgewirkt haben (HEYER 1977). Bezogen auf den gesamten Beobachtungszeitraum werden an der Heimstation mit insgesamt 855 Sommerstunden rund 25 % mehr ‚Sommerlichkeit" erreicht als an den beiden anderen Meßstationen.

Der Juli 1995 war geprägt von überwiegend heiterem, windschwachem Wetter. Die rasche Temperaturabnahme im Tal, infolge von Kaltluftseebildung führte dazu, daß die Talstation 8 Sommerstunden in dem o.g. Monat weniger aufwies als die Bergstation. Am Abend des 21. Juli 1995 war es an beiden Stationen um 20 Uhr noch 30 °C warm. An der Talstation setzte ab dieser Zeit eine im Vergleich zur Bergstation intensivere Abkühlung ein. Um 21 Uhr betrug der Temperaturunterschied schon 3 °C, um 23 Uhr 4,5 °C. Während die Temperatur an der Talstation bereits um 21 Uhr unter 25 °C sank, dauerte es an der Bergstation bis 2 Uhr 30, so daß sich allein für diesen Tag ein Plus für die Bergstation von 5,5 Stunden ergab. In den Monaten April und Mai 1996 wurden im Tal aufgrund der geschützten Lage mehr Stunden über 25° C registriert als auf dem Berg. Für die Monate Juni und Juli 1996 ergab sich eine größere Anzahl von Westwetterlagen, verbunden mit leichtem Wind. Der stetige leichte Wind führte auf der Bergstation zu weitaus weniger „Sommerstunden" als dies im Tal der Fall war.

Tabelle 4: Anzahl der Sommerstunden von Februar 1995 bis Mai 1996

1995	Berg	Heim	Tal
Februar	-	-	-
März	-	-	-
April	5	5	3
Mai	33	50	43
Juni	54	73	64
Juli	209	277	201
August	147	188	147
Septembe	-	-	-
Oktober	-	2	-
Novembe	-	-	-
Dezembe	-	-	-
Summe	448	595	458
1996	Berg	Heim	Tal
März	-	-	-
April	13	19	17
Mai	14	23	18
Juni	85	124	97
Juli	58	94	82
Summe	170	260	214
Total	618	855	672

5. Kaltluft

Daß die Bildung der Kaltluftseen deutliche Temperaturunterschiede hervorrufen können, wurde bereits erwähnt. Im Beobachtungszeitraum vom 1. Februar bis 31. Juli 1996 gab es insgesamt 81 Tage, an denen die Temperatur im Tal deutlich niedriger war als auf dem Berg, was auf den Einfluß von Kaltluftseebildung im Tal zurückzuführen ist (Tabelle 5). Gemessen anhand aller 550 Beobachtungstage sind dies fast 15 %. Mit Hilfe einer Auszählung der Tage mit einem signifikanten Temperaturunterschied (ab 3° C und mehr) wird deutlich, in welchen Monaten im Untersuchungszeitraum die Kaltlufteinflüsse besonders stark hervortreten.

Die kaltluftbedingten Temperaturunterschiede zwischen Berg und Tal treten besonders im Frühling und Herbst in Erscheinung. In diesen Jahreszeiten wurden die größten Unterschiede erfaßt, bis über 7° C. In den Wintermonaten sind die Temperaturunterschiede recht gering und betragen meist unter 3° C. An dieser Stelle muß betont werden, daß die Entstehung der Kaltluft – und damit der signifikanten Temperaturunterschiede sehr stark an die Witterung gebunden ist. So ist die große Anzahl der kaltluftbedingten Temperaturunterschiede der Monate Mai, Juli und August 1995 auf die überwiegend in diesen Monaten vorkommenden windstillen, klaren Nächte zurückzuführen. Die dadurch geringe atmosphärische Gegenstrahlung führt zu einer Erhöhung der terrestrischen Ausstrahlung und somit zu einer starken Abkühlung der bodennahen Luftschichten (LAUER 1993, YOSHINO 1975).

Tabelle 5: Signifikante Temperaturunterschiede zwischen Berg und Tal (ab 3° C kälter im Tal)

1995	3 °C	4 °C	5 °C	6 °C	7 °C	Summe
Februar	1	1	-	-	-	2
März	2	-	2	-	-	4
April	1	-	-	-	-	1
Mai	4	3	4	-	-	11
Juni	-	1	1	-	-	2
Juli	4	3	2	1	-	10
August	-	2	2	-	-	4
September	4	3	-	-	-	7
Oktober	4	6	-	1	1	12
November	3	-	-	2	-	5
Dezember	1	-	-	-	-	1
Summe	**24**	**19**	**11**	**4**	**1**	**59**
1996						
Januar	-	-	-	-	-	-
Februar	2	-	-	-	-	2
März	-	-	-	-	-	-
April	-	4	2	1	2	9
Mai	2	1	-	-	-	3
Juni	4	1	-	-	-	5
Juli	2	-	-	-	1	3
Summe	**10**	**6**	**2**	**1**	**3**	**22**
Total	**34**	**25**	**13**	**5**	**4**	**81**

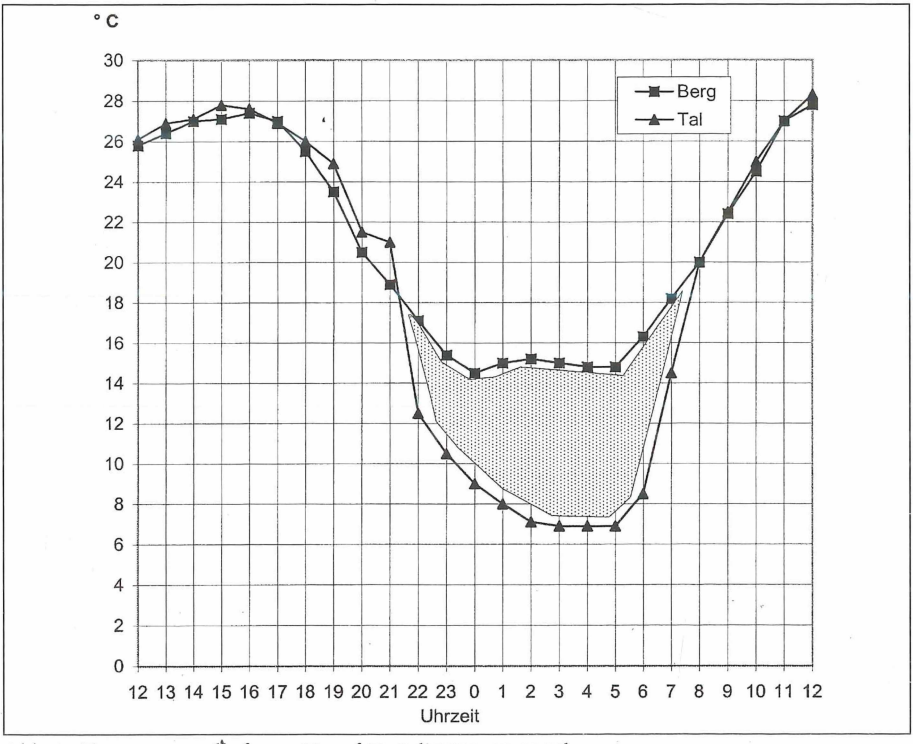


Abb. 3: Temperaturverlauf vom 22. auf 23. Juli 1996, 12-12 Uhr

Der Frühlingsmonat April 1996 wies nur 9 Tage mit bedeutenden Temperaturunterschieden zwischen beiden Stationen auf, jedoch verzeichnete dieser Monat 2 Tage mit einer Differenz von über 7° C. Der größte gemessene Unterschied in der Temperatur wurde am Morgen des 23. Juli 1996 gegen 2 Uhr registriert: während es an der Bergstation 14,5° C war, zeigte das Thermometer in der 3 km entfernten Talstation nur 6,8° C an, also eine Differenz von 7,7° C. In Abb. 3 ist der Temperaturverlauf vom 22. Juli, 12 Uhr bis 23. Juli 1996, 12 Uhr, dargestellt.

Bis gegen 21 Uhr war es an der Talstation noch um fast 2° C wärmer als auf dem 100 m höher gelegenen Plateau. Danach ist ein deutlicher Temperatur„sturz" im Tal zu erkennen. Die Temperatur sank von 21,4° C um 21 Uhr auf 12,3° C um 22 Uhr, d.h. ein Rückgang der Temperatur von 9,1° C innerhalb 60 Minuten. An der Bergstation betrug dagegen das Absinken der Temperatur nur ca. 1° C. Die punktierte Fläche kennzeichnet den Temperaturunterschied, der ab ca. 21 Uhr 30 beginnt und gegen 2 Uhr mit 7,7° C sein Maximum erreicht. Der Unterschied bleibt bis 5 Uhr bestehen, um sich dann bis um 8 Uhr wieder aufzuheben. Das nächtliche Temperaturminimum wurde an der Bergstation bereits um Mitternacht erreicht. Die Temperaturen stiegen danach sogar noch leicht an. Im Tal sanken die Temperaturen während der ganzen Nacht und erreichten erst kurz vor Sonnenaufgang das Minimum.

Als sehr erstaunlich zu bezeichnen ist der rapide Temperaturanstieg im Talbereich am Morgen des 23. Juli 1996. Normalerweise ist eine nächtliche Kaltluftseebildung oft mit morgendlichem Nebel verbunden, da bei starker Abkühlung der Taupunkt erreicht wird und der gasförmige Wasserdampf in den tröpfchenförmigen und somit flüssigen Zustand übergeht (im Falle von Nebel in einen schwebenden Zustand). Nach Sonnenaufgang dauert es dann eine gewisse Zeit, bis sich die Erwärmung in die bodennahen Luftschichten durchgesetzt hat und es dabei häufig zu charakteristischen Temperaturinversionen kommt. Dies hätte bedeutet, daß es in den Morgenstunden auf dem Plateau schneller und deutlich wärmer geworden wäre als im Talbereich. Im Falle des Morgens am 23. Juli 1996 wurde der Taupunkt nicht erreicht, was auf die niedrige absolute Feuchte zurückzuführen war. Somit kam es selbst bei der herrschenden Tagesminimumtemperatur von 7° C zu keinen Kondensationserscheinungen und trockene Luft erwärmt sich schneller als feuchtigkeitsgesättigte Luft (LAUER 1993).

Der Sonnenaufgang am 23. Juli 1996 vollzog sich um 5.32 Uhr und ließ die trockene Talluft von 8,3° C um 6 Uhr auf 14,4° C um 7 Uhr ansteigen, d.h. ein Anstieg um 6,1° C. Die folgende Stunde brachte ebenfalls einen starken Temperaturanstieg von 5,6° C (von 14,4° C auf 20° C). Die Stunden-zu-Stunden-Unterschiede sind dagegen an der Bergstation mit nur ca. 2° C weitaus geringer. Als Ursache ist hier die Exposition zu nennen. Der 110 m tiefer gelegene, geschützte Talbereich ist nach Osten geöffnet (ist zu dem noch leicht geneigt), d.h. die aufgehende Sonne bescheint diesen Geländeabschnitt zu einem sehr frühen Zeitpunkt und führt zu einer raschen Erwärmung. Aufgrund der Geländeneigung im Tal ist der Strahlungsgenuß am Morgen höher als im Vergleich zum ebenen Plateau (LAMBERT'sches Strahlungsgesetz; HEYER 1977). Bei der Betrachtung der Frosttage (Kap. 3) und Froststunden (Kap. 4) fiel auf, daß es im Tal zwar mehr Frosttage gab (Tabelle 1), aber die Frostdauer, ausgedrückt in der Anzahl der Froststunden pro Tag (Tabelle 2), war im Tal geringer. Der o.g. Klimafaktor Exposition dürfte hier die entscheidende Rolle spielen.

6. Mobile Klimamessungen im Raum Gundersheim

6.1 Beschreibung der Meßstrecke und Meßmethode

Zur Untersuchung des Topoklimas im Raum um die Ortsgemeinde Gundersheim wurde eine Meßstrecke von 15 km angelegt (Abb. 4). Der niedrigste Punkt liegt bei 138 m ü.NN, der höchste bei 278 m ü.NN. Die größte Höhendifferenz beträgt 140 m. Die Meß-

fahrt begann in 193 m ü.NN im bebauten Bereich (Meßpunkt 1/84) und führte zunächst bergab in den Dorfkern. Nach 1 km ging es aus dem Dorf hinaus, nahe am Seebach (lokale Bezeichnung: ‚Altbach') entlang. Hier wurde die Talsohle erreicht. Entlang des Tales wurde nach einem weiteren Kilometer das Regenrückhaltebecken sichtbar, das aber zur gesamten Zeit der Untersuchung nur eine Wasserfläche von 30 x 30 m führte. Vom Regenrückhaltebecken führte der Weg nun bergauf durch die Weinberge „Im Dautensatz". Von dort aus führte der Weg höhenlinienparallel zum Flurstück „Am Wolfsbrunnen". Der Weg geht ab dort steil bergauf bis zum Plateau, wo in einer Höhenlage von 278 m ü.NN der höchste Meßpunkt der gesamten Strecke liegt. Nach 1 km wurde der Nachbarort Hochborn erreicht. Von dort aus ging es in südwestlicher Richtung leicht bergab nach Hangen-Weisheim (227 m ü.NN). Hier setzt der Weinbau wieder ein, die Straße führt steil bergab nach Süden. Es ging erneut ins Seebachtal (hier 156 m ü.NN), wo auch die Autobahn A 61 (Speyer-Koblenz) unterquert wird. Von dort führte die Meßstrecke auf das Plateau bei Gundersheim, welches nach ca. 2,5 km erreicht wurde (255 m ü.NN). Weiter geht es von dort aus über die nach Südost exponierte Seite des abfallenden Plateaus zurück nach Gundersheim zum Ausgangspunkt (1/84).

Die Meßstrecke wurde mit insgesamt 84 Meßpunkten markiert (Abb. 4). Der Abstand der Meßpunkte orientierte sich am Gelände und variierte von 15 m im Talbereich bis 200 m auf der Straße nach Hangen-Weisheim. Vor jeder Fahrt wurden die Klimameßgeräte mit Hilfe einer Vorrichtung vor dem Fahrzeug in einer Höhe von 1,50 m befestigt. Bei den



Abb. 4: Meßstrecke mit der räumlichen Lage der 84 Meßpunkte und durchschnittlicher Temperaturverlauf während der 31 Meßfahrten

Geräten handelt es sich um zwei baugleiche Digital-Hygrothermometer GFTH95. Die Geräte gewährleisten eine sekundenschnelle Ermittlung der Temperatur und der relativen Luftfeuchte. Die Auflösung von Temperatur und relativer Luftfeuchte betragen 0,1° C bzw. 0,1 %. Für eine ausreichende Luftzirkulation war während der Fahrt gesorgt. Die Fahrtgeschwindigkeit während der Messungen bewegte sich zwischen 10 und 20 km/h. Vor Beginn der Messungen wurden die Geräte zunächst an die Umgebungstemperatur angepaßt. Hierzu wurde eine Fahrt von etwa 5 Minuten Dauer veranschlagt. Die Klimameßfahrten fanden hauptsächlich am Abend statt und dauerten im Durchschnitt 65 Minuten. Es wurden insgesamt 31 Meßfahrten unternommen. Diese fanden im Zeitraum vom 2. Oktober 1995 bis 7. September 1996 statt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Aufteilung der Meßfahrten auf die einzelnen Monate (Oktober 1995 - September 1996)

Monat	Meßfahrten
Okt	10
Nov	3
Dez	6
Jan	6
Feb	5
Sep	1
Gesamt	**31**

Im Zeitraum März bis August 1995 wurden keine mobilen Messungen durchgeführt. Die Messungen fanden bevorzugt bei windstillem und heiterem Wetter statt, da sich hier die größten Unterschiede im Bezug auf Temperatur und Luftfeuchte ergeben (SCHÖNWIESE 1994). Zu Vergleichszwecken wurden jedoch auch 5 Meßfahrten bei Wetter mit auflebendem Wind und hohem Bewölkungsgrad gemacht.

6.2 Meßergebnisse

Aus allen 31 Meßfahrten wurden die durchschnittliche Temperatur und die durchschnittliche relative Luftfeuchte errechnet. Im folgenden soll die Temperatur in Kombination mit dem Relief betrachtet werden (Abb. 5, siehe auch Abb. 4). Die Temperatur war zu Beginn der Meßfahrten vergleichsweise hoch, stieg im Dorfkern noch ein wenig an, um dann am Dorfrand schnell abzusinken (ab Meßpunkt 6). Am Punkt Nr. 10 schließlich wurde ein lokales Minimum der Temperatur erreicht. Die an dieser Stelle 10 m aufragende Autobahntrasse staut die sich am gegenüberliegenden Hang gebildete abfließende Kaltluft und verursacht damit einen Kaltluftsee. Das absolute Minimum wurde am Punkt 15 gemessen. Die Stelle befindet sich am südlichen Rand des Regenrückhaltebeckens. Eine nördlich exponierte Grünlandfläche mit einer Neigung von 30° und einer Höhe von 25 m liegt direkt nebenan. An diesem Hang kühlt die Luft ab und fließt talwärts. Da kein Baumbewuchs vorhanden ist, um die Ausstrahlung abzuschwächen, kann die Luft hier ungehindert weiter auskühlen.

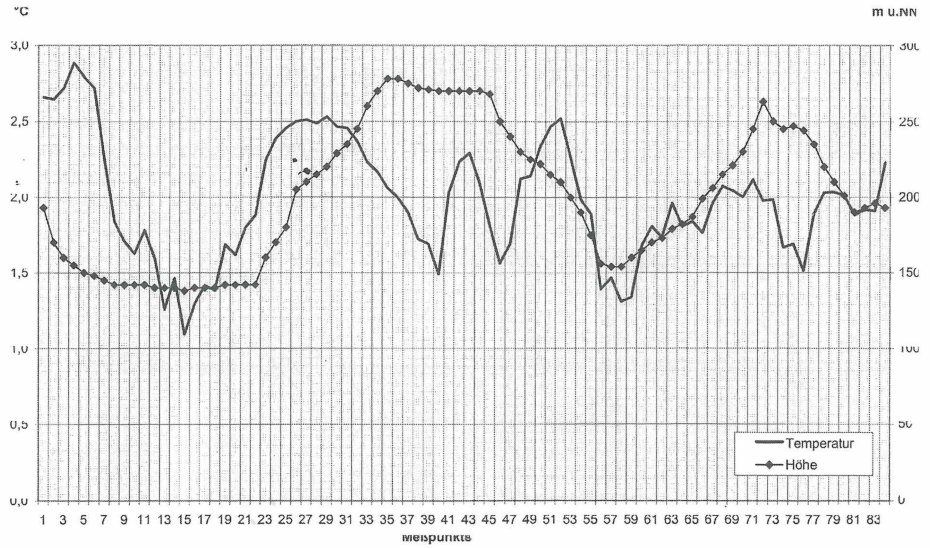


Abb. 5: Durchschnittliche Temperatur im Vergleich zur Höhenlage bei den mobilen Klimamessungen

In einem Bereich von etwa 10 m wurden in windstillen wolkenfreien Nächten extrem tiefe Temperaturen gemessen. Außerhalb dieses Bereiches stieg die Temperatur zunächst leicht an, mit Eintritt in den südlich exponierten Hangbereich („Im Dautensatz") in 800 m Entfernung vollzog sich eine rapide Zunahme der Temperatur (ab Punkt 22). In einer Höhe von 200 m ü.NN wurden die höchsten Temperaturen erreicht, die im Durchschnitt des gesamten Meßzeitraums 1,4° C über den Temperaturen im Tal lagen. Bereits im oberen Hangbereich („Am Wolfsbrunnen") sank die Temperatur zunächst langsam, mit Erreichen des Plateaus erfolgte eine stärkere Temperaturabnahme.

Der Ort Hochborn liegt am Beginn eines sich hier nach Südwesten hin öffnenden kleinen Tales. Kaltluft bildet sich auch auf der ebenen unbewaldeten Fläche des Plateaus und bewegt sich entlang des leicht geneigten Reliefs am Ort vorbei. Kurz vor dem Ortseingang wurde deshalb ein Minimum registriert. Im Ort selbst stieg die Temperatur wieder aufgrund der aufgeheizten Flächen durch die Sonneneinstrahlung des Tages und begünstigt durch den Hausbrand an. Außerhalb der geschlossenen Ortschaft wird wieder der Kaltluftstrom erreicht. Das Dorf Hochborn bildet in Abb. 4 (punktierte Markierung) eine eng begrenzte „Wärmeinsel" aus.

Auf der Straße nach Hangen-Weisheim geht es bergab, die Temperatur steigt an. Das Dorf Hangen-Weisheim erscheint in Abb. 4 ebenfalls als „Wärmeinsel" (Punkt 52). Nach dem Ortsausgang nimmt das Gefälle zu, die Temperatur sank schnell. Die Talsohle des hier engen Seebachtales liegt bei 154 m ü.NN und ist vom tiefsten Punkt am Regenrückhaltebecken rund 2,5 km entfernt. Am Meßpunkt 58 wurden auch stets niedrige Temperaturen gemessen. Das Temperaturmittel betrug 1,3° C und lag damit nur etwas höher als am Meßpunkt 13. Der Weg führt nun in einem sanften Anstieg auf das gegenüberliegende Plateau in der Gundersheimer Gemarkung und von dort zum Ausgangspunkt zurück.

Bemerkenswert ist, daß die höchsten Temperaturen stets auf der südlich exponierten Seite des Seebachtales auftraten und zwar im mittleren Hangbereich in 200 m ü.NN. Die nach Süden zugewandten Hänge haben im Mittel eine Neigung von 5-10° und empfangen aus diesem Grund eine höhere Strahlung pro Flächeneinheit als irgendeine andere Fläche im Umkreis. Am Abend und in der Nacht wird die im Boden gespeicherte Wärme konti-

nuierlich abgegeben. Die Abkühlung der bodennahen Luftschichten erfolgt vom Boden her. Kalte Luft besitzt eine höhere Luftdichte und fließt demzufolge hangabwärts. So kann sich am Hang selbst keine Kaltluft halten. In den Tälern werden stets die tiefsten Temperaturen gemessen, währenddessen an den Hängen eine höhere Temperatur vorherrscht. Dementsprechend steigt die relative Luftfeuchte in den Tälern an und sinkt in den Hangbereichen wieder ab. Mit einem Absinken der Temperatur ist zugleich eine Zunahme der relativen Luftfeuchte verbunden.

Um diese gegensätzlichen Bewegungen auszuschalten, wurde für jeden Meßpunkt die absolute Feuchte in g/m³ berechnet. Die absolute Feuchte ist definiert als die Menge Wasserdampf pro Volumeneinheit trockener Luft. Sie errechnet sich aus der Gaskonstante des Wassers, der absoluten Temperatur in Kelvin und der Wasserdampfdichte der gegebenen Temperatur. Die einzelnen Punkte lassen sich so direkt miteinander vergleichen. Wird nun der Verlauf der absoluten Feuchte betrachtet, so erkennt man, daß im Durchschnitt das Seebachtal die geringsten Wasserdampfgehalte aufweist (Abb. 6).

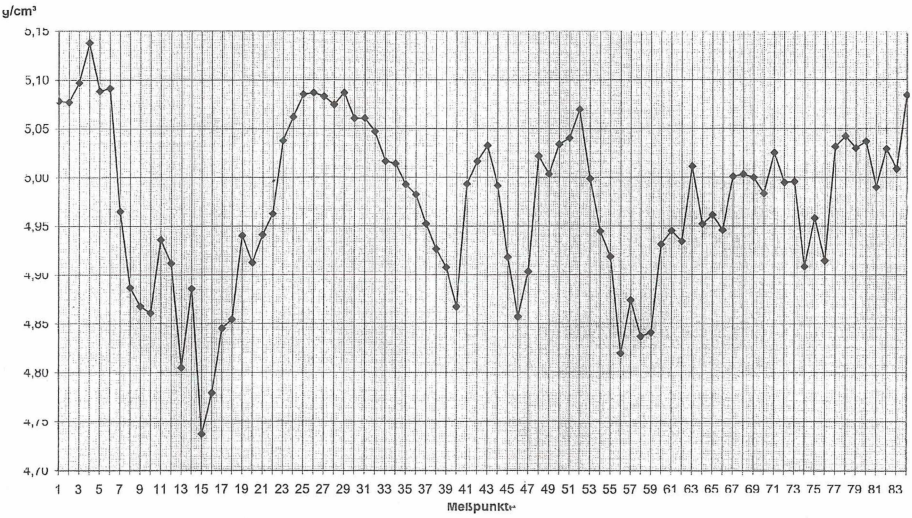


Abb. 6: Durchschnittliche absolute Feuchte (in g/m3) aller 31 Meßfahrten

Dies scheint zunächst ein Widerspruch zu sein, wurde doch oben bereits gezeigt, daß im Tal die relative Luftfeuchte stets hohe Werte erreicht. Daß diese Luft im Tal allerdings trotz der hohen relativen Luftfeuchtigkeit einen geringeren Wasserdampfgehalt aufweist, ist erstaunlich. Es sind vor allem die lokalen Gegebenheiten (Bewuchs, Grundwasserspiegel, Bodenart, Bodenfarbe und Bodenbeschaffenheit), die den Wasserdampfgehalt der Luft beeinflussen. Die südlich exponierten Hänge erhalten eine größere Strahlungsenergie als die Talbereiche. Bei Nacht wird die am Tag gespeicherte Wärme an die oberflächennahen Luftschichten abgegeben, die relative Luftfeuchtigkeit sinkt dadurch ab. Eine geringe Luftfeuchtigkeit verursacht eine erhöhte Verdunstung, so daß die untersten Luftschichten mit Wasser angereichert werden, welches aus dem Boden stammt. Im Tal hingegen empfängt der Boden weniger Strahlung. Demzufolge kühlt die Luft hier schneller ab, die Verdunstung ist geringer und damit ist auch der Wert der absoluten Feuchte kleiner als an den südlich exponierten Hängen.

Der Meßpunkt 15 im Tal wies den mit Abstand geringsten Wert der absoluten Feuchte auf. Hier ist die Verdunstung in der Nacht sehr gering, da die Luftmasse in diesem Bereich durch zahlreiche Kaltluftströme beider Talseiten geprägt ist und eine hohe relative Luftfeuchtigkeit erreicht wird. Große Schwankungen der absoluten Feuchte innerhalb geringer Distanz wurden ab Meßpunkt 10 bis einschließlich 18 registriert. Die Positionen 10, 13 und 15 weisen alle im Umkreis mehrerer Meter keinen höheren Bewuchs auf, der die nächtliche Ausstrahlung reduzieren könnte. Infolgedessen wurden an diesen Punkten im Mittel geringe Werte der absoluten Feuchte gemessen.

Auf eine typische Meßfahrt bei Strahlungswetter soll im folgenden eingegangen werden (Abb. 7). Es ist die Fahrt Nr. 28. Sie fand am 6. Februar 1996 um 19.57 Uhr bis 21.06 Uhr statt. Bei dieser Fahrt wurde die größte Temperaturamplitude gemessen. Der niedrigste Wert wurde am Punkt 15 mit –10,4° C notiert, der höchste Wert am Punkt 52 mit nur –4,8° C. Die Temperaturamplitude betrug demnach 5,6° C. Die Fahrt zeigte einen ähnlichen Verlauf wie das Diagramm aller gemittelten Meßfahrten (Abb. 5). Die Unterschiede der Temperatur im Tal- und Hangbereich rund um Gundersheim kommen hier noch deutlicher zum Vorschein.



Abb. 7: Mobile Klimamessung bei Strahlungswetter am 6. Februar 1996

Die Meßfahrten bei hohem Bedeckungsgrad und Wind zeigten einen ganz anderen Temperaturverlauf (Abb.8). Bei diesem Wetter ist die Temperaturamplitude recht gering. Ein Kaltluftsee im Tal kann aufgrund der ständigen Luftdurchmischung nicht entstehen. Der Temperaturverlauf verläuft genau entgegengesetzt wie an Strahlungstagen. Das Tal liegt in diesem Fall geschützt von den rauhen Winden, die am Hang und auf dem Plateau die Temperatur herabsetzen. Die 4 Meßfahrten am 11. und 17. Dezember 1995 sowie am 26. Januar und 3. Februar 1996 wiesen alle sehr ähnliche räumliche Temperaturvariationen auf.

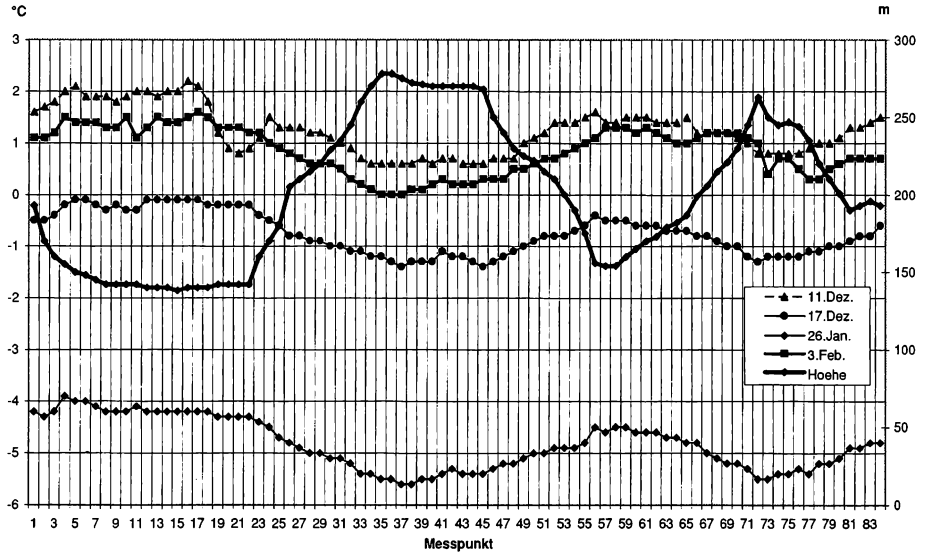


Abb. 8: Mobile Klimamessungen bei Wind und hohem Bewölkungsgrad

Bemerkenswert ist, daß an Strahlungstagen besonders im Talbereich große Temperaturunterschiede innerhalb geringer Distanzen gemessen wurden. Innerhalb weniger Meter sank oder stieg die Temperatur plötzlich. Dies ist auf das Vorhandensein von Kaltluftströmen zurückzuführen, die, je nachdem ob man in den Strom kalter Luft hineinfährt oder aus ihm hinausgelangt, die entsprechenden Schwankungen in der Temperatur registriert.

Tabelle 7 zeigt die größten gemessenen Temperaturschwankungen zwischen zwei Meßpunkten auf. Es ist das Datum der Meßfahrt, die Meßpunkte, innerhalb derer die Temperaturveränderung stattgefunden hat (Punkt) und schließlich der Wert und die Richtung der Temperaturamplitude in °C (TA) eingetragen. So wurden an manchen Stellen im Untersuchungsgebiet innerhalb kürzester Distanzen Temperaturunterschiede bis zu 3° C gemessen.

Tabelle 7: Größte gemessene Temperaturschwankungen zwischen zwei Meßpunkten

Datum	Punkt	TA °C
8. Okt 95	14-15	-1,9
8. Okt 95	47-48	2,1
9. Okt 95	24-25	2,4
25.Nov 95	61-62	2,1
8. Dez 95	76-77	-3,2
6. Feb 96	59-60	2,7
7. Feb 96	73-74	-2,1

Aus den gemittelten Temperaturen aller 31 Meßfahrten wurden die Ergebnisse auf den Raum übertragen und mit Hilfe von Schraffuren anschaulich dargestellt (Abb. 4). Deutlich abgegrenzt sind die warmen Hangbereiche (Punktsignatur) von den kühlen Talbereichen (enge Schraffur). Der Talbereich von Gundersheim ist potentiell frostgefährdet, da hier der Taupunkt regelmäßig erreicht wird. Ist hierbei die relative Luftfeuchte sehr niedrig, so kann es selbst bei Tagestemperaturen um 20° C bei intensiver Ausstrahlung in der Nacht Frost geben. Der Taupunkt, d. h. die Temperatur, bei der die Luftfeuchte 100 % erreicht und die Luft gesättigt ist, kann mit der Formel nach MAGNUS berechnet werden.

Diese lautet:

$$\frac{237*(((\log10(F / 100)) + ((7.5*t) / (237 + t)))}{(7.5 - (((\log10(F / 100)) + ((7.5*T) / (237 + t)))}$$

wobei t die Temperatur in °C und F die relative Luftfeuchte darstellt.

Die Formel kann benutzt werden, um die zu erwartende Tiefsttemperatur der Nacht vorauszusagen. Es ist die potentiell tiefste Temperatur, die erreicht werden kann, da bei der dann entstehenden Kondensation Wärme frei wird, die eine weitere Abkühlung der Luft nicht zuläßt. Zur Berechnung der nächtlichen Tiefsttemperatur werden kurz vor Sonnenuntergang die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit abgelesen. Die daraus ermittelte Taupunkttemperatur ergibt die voraussichtliche Tiefsttemperatur der kommenden Nacht. Ist die Luftfeuchte sehr gering und beträgt beispielsweise nur 26 % bei einer Lufttemperatur von 20° C, so ergibt der Taupunkt exakt 0° C. Es kann also durchaus Frost geben, wenn nicht in der Nacht noch Wolken aufziehen oder Wind einsetzt. Anhand von 4 Beispielen soll klargemacht werden, bei welchen Temperaturwerten sowie der entsprechenden relativen Luftfeuchte der Taupunkt 0° C ergibt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Beispiele für eine Taupunkttemperatur von 0° C

Temp. ° C	rel. Lf. %	Taupunkt
20	26	0,0
15	36	0,1
10	50	0,1
5	70	0,0

Im Talbereich von Gundersheim wird regelmäßig der Taupunkt erreicht. Ist eine trockene Luftmasse vorhanden, kommt es in diesem Bereich bevorzugt zu Frost. Insbesondere die Spätfröste sind in der Landwirtschaft gefürchtet. So gab es am 15. Mai 1995 von 5 bis 7 Uhr im Tal von Gundersheim Frost bis -2° C. Die Weinberge im unteren Hangbereich trugen zum Teil große Schäden davon. Im Jahr 1996 blieben die Spätfröste jedoch aus. Mit Hilfe der permanent gemessenen Klimaelemente (Temperatur und Luftfeuchte) im Raum Gundersheim und der Anwendung der MAGNUS'schen Formel könnte eine Art Warnsystem eingerichtet werden, um zu erwartende Spätfröste zu prognostizieren. Es gibt zahlreiche agrartechnische Maßnahmen, mit denen eine künstliche Erhöhung der Temperaturen in den frostgefährdeten Geländelagen herbeigeführt werden kann. Dies würde insbesondere in den frostgefährdeten Weinlagen von Gundersheim zu Schadensminimierungen und damit zur Ertragsstabilisierung führen.

6.3 Kaltluftverhalten am Regenrückhaltebecken

Um das Verhalten der Kaltluft im Tal genauer zu untersuchen, wurden am 21.11.1995 abends gegen 17.50 Uhr MEZ am Regenrückhaltebecken in der Gemarkung Westhofen 3 digitale Temperaturmeßuhren in 10 cm Höhe über dem Boden postiert. Die Uhren speichern die Temperatur stündlich ab. Es wurde so die Temperatur vor, auf und hinter dem Staudamm ermittelt (Abb. 9). Die Kaltluft bildet sich zu beiden Seiten des Tales und fließt tropfenförmig in das Tal ab, sammelt sich dort und kühlt weiter aus bis zum Erreichen des Taupunktes. Der Staudamm befindet sich im östlichen Teil des Regenrückhaltebeckens (Abb. 4) und bildet eine Barriere, so daß die Kaltluft zunächst nicht abfließen kann.

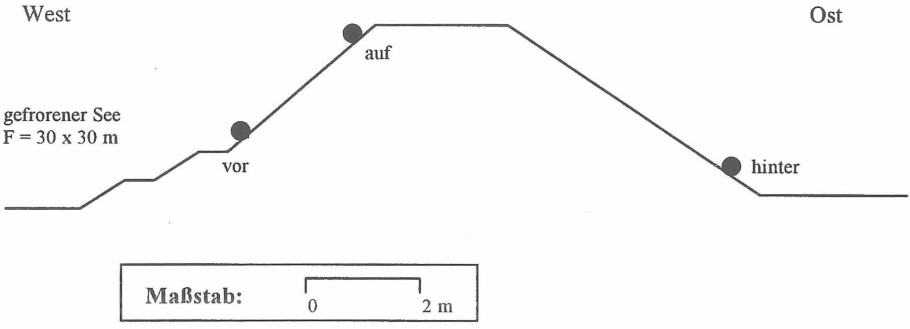


Abb. 9: Geländeskizze mit Querschnitt durch den Damm von W nach O mit Lageposition der Meßgeräte ('vor', 'auf' und 'hinter')

Die Fragestellung war hier, zu welchem Zeitpunkt der Kaltluftsee so mächtig wird, daß er über die Barriere übertritt zur anderen Seite des Dammes. Die Messungen begannen um 19 Uhr und erstreckten sich über die ganze Nacht bis zum Sonnenaufgang um 8 Uhr (Abb. 10). Zur Wettersituation: am Abend war es zunächst heiter, nur 2/8 Cirrusbewölkung in West, in der Nacht nahm die Bewölkung zu bis 4/8 Cirrostratus und am Morgen wurde der Bedeckungsgrad zu 6/8 ermittelt. Zur Zeit um Sonnenaufgang setzte leichter Wind aus Süd ein.

Zu Beginn der Messungen wurde hinter dem Damm eine um 2° C höhere Temperatur gemessen als vor und auf dem Damm (beide –6° C). Mit zunehmender Bildung von Kaltluft an den beiden abfallenden Seiten des Dammes infolge von Ausstrahlung kühlte es zunächst auf und hinter dem Staudamm ab (20 Uhr). Um 21 Uhr war dann der Kaltluftsee so mächtig, daß er das Meßinstrument vor dem Damm erreichte. Die Mächtigkeit der Kaltluft betrug zu dieser Zeit etwa 2 m. Zu diesem Zeitpunkt war auch die Temperaturdifferenz vor und hinter dem Staudamm am größten. Der Unterschied machte 4° C aus. Dieser Unterschied verringerte sich bis 22 Uhr um 2° C und blieb unverändert bis Mitternacht.

Zwischen 0 und 1 Uhr muß der Kaltluftsee dann über den Damm angewachsen sein und an der anderen Seite floß die Kaltluft ab. Dieser Vorgang ist in der Abb. 10 am Absinken der Temperaturkurve von –5° C auf –7° C zu erkennen. Die Gesamtmächtigkeit des Kaltluftsees betrug demnach 5 m. Eine größere Mächtigkeit ist sehr unwahrscheinlich, da die Kaltluft über dieser Höhe über die Dammkrone hinweg abfließen kann. Mit dem Abfließen der Kaltluft über den Damm sickerte relativ wärmere Luft aus der Umgebung nach, die sich im Staubecken vor dem Damm erneut abkühlte. Dies ist zu erkennen am Absinken der Temperaturkurve vor dem Damm um 2 Uhr. Allerdings blieb die Tempera-

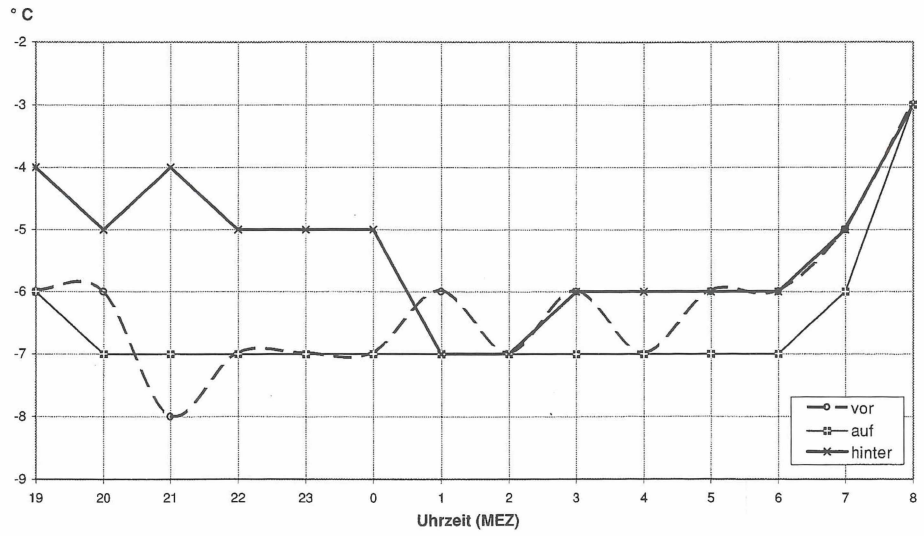


Abb. 10: Kaltluftverhalten am Regenrückhaltebecken vom 21/22.11.1995 von 19 bis 8 Uhr vor, auf und hinter dem Damm

tur hinter dem Damm nun unverändert, so daß keine Kaltluft über den Damm übergetreten sein kann. Die um 3 Uhr registrierte Erwärmung zu beiden Seiten des Dammes kann wiederum als Nachsickern wärmerer Luft aus der Umgebung gedeutet werden. Um 4 Uhr erfolgte vor dem Damm abermals eine Abkühlung, bevor gegen 7 Uhr mit Einsetzen der Morgendämmerung die Einstrahlung zunahm und die Temperaturen an allen 3 Meßpunkten anstiegen.

Diese exemplarische Messung zeigt die Mobilität von Kaltluft im Untersuchungsgebiet im Bereich des Staudammes am Regenrückhaltebecken. Die Kaltluftseebildung und die vorkommenden Kaltluftströme sind sehr stark von den orographischen Verhältnissen abhängig. Der in der Nacht zunehmende Bewölkungsgrad verhinderte allerdings noch größere Temperaturunterschiede.

7. Windverhältnisse in Gundersheim

Die Windrichtung an der Heimstation wurde in der Regel dreimal am Tag registriert (um 7, 14 und 21 Uhr). Die Beobachtung beschränkte sich dabei auf die Haupthimmelsrichtungen Nordost (45), Ost (90), Südost (135), Süd (180), Südwest (225), West (270), Nordwest (315) und Nord (360). Die Stärke des Windes wurde nach der Skala von BEAUFORT geschätzt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 1. Januar 1995 bis zum 31.08.1996. Für jeden Tag wurde die vorherrschende mittlere Windrichtung ermittelt und monatlich die Summe der Tage ausgezählt, wie sie sich auf die 8 Himmelsrichtungen verteilen (Abb. 11).

Von den insgesamt 609 Beobachtungstagen gab es 400 Tage mit Wind. An 209 Tagen war es windstill bzw. windschwach. Die Windrose zeigt eine ganz ausgeprägte Ausbuchtung hin zu westlichen Winden, was auf die Lage der Station im planetarischen Westwindgürtel hinweist. Ganz markant treten somit die Westwinde hervor und sind mit einer Häufigkeit von 103 Tagen die dominante Windrichtung. Es folgen eng hintereinander die

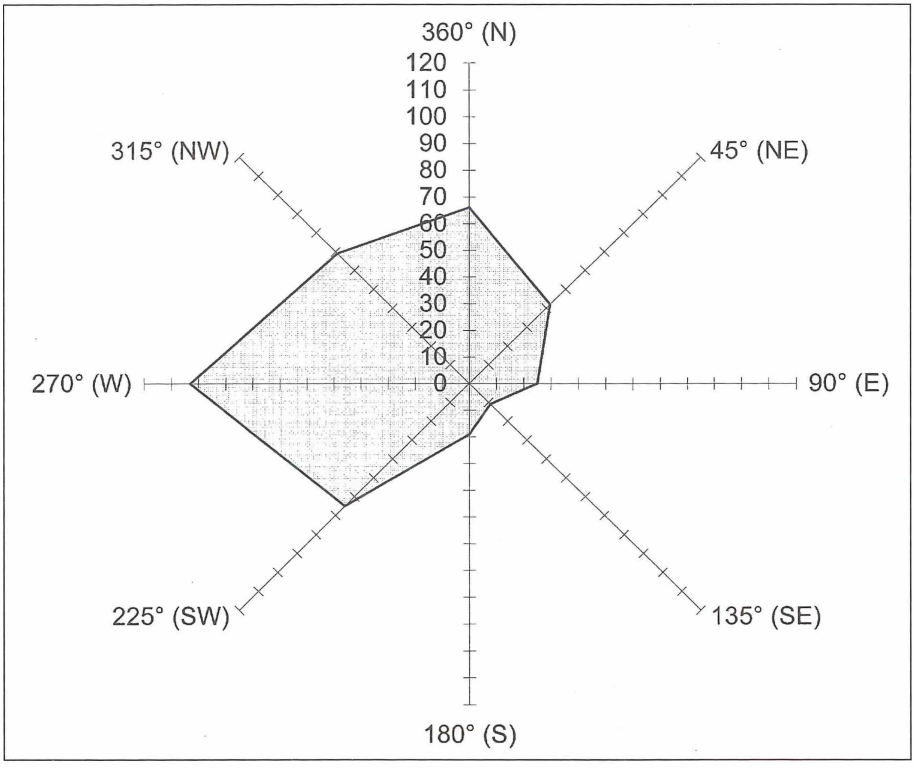


Abb. 11: Aufteilung der Anzahl der Tage auf die einzelnen Windrichtungen (Windrose) für den Beobachtungszeitraum 1.1.1995 - 31.8.1996 (= 609 Tage)

Nordwestwinde (69 Tage), die Nord- (66 Tage) und Südwestwinde (65 Tage). Die Nordostwinde sind mit 42 Tagen noch recht stark vertreten. Drei Windrichtungen kommen hingegen in Gundersheim fast gar nicht vor: es sind diese die Süd-, Südost- und Ostwinde. Hierbei ist die Südostrichtung am schwächsten vertreten, mit nur 11 Tagen.

Je nach Häufigkeit und Dauer der einzelnen Wetterlagen kann die Windrose ganz verschieden aussehen. Die Windrose für das Jahr 1995 zeigte eindrucksvoll in einer „Keilform" die überragende Bedeutung der Westwinde (Abb. 12). Hier wurden 75 Tage mit Westwind gezählt sowie 42 Tage mit Südwestwind.

Besonders deutlich wird die Dominanz der Südwest- und Westwinde im Frühjahr, wobei ab April bis einschließlich Juli die Nordrichtung fast ebenso häufig auftritt wie die Westrichtung (Tabelle 9). Der milde Jahresbeginn von 1995 zeigte sich hier an der geringen Anzahl von Tagen mit Nordwind und gleichzeitig hohen Anzahl von Westwindtagen. Der kalte Dezember 1995, der durch 21 Frosttage gekennzeichnet war (Tabelle 1), zeigte dies mit 8 Nordwindtagen deutlich an.

Neben der Gegenüberstellung der Tage mit West- und Nordwinden für das Jahr 1995 wurde das Monatsmittel der Temperatur hinzugenommen, derart, daß die mittlere Abweichung vom langjährigen Temperaturmittel (Klimastation Alzey) in die Auswertung mit eingeht. Dabei ist deutlich erkennbar, daß die überdurchschnittlichen Monatsmitteltemperaturen aus der überwiegenden Anzahl von Tagen mit Westwinden resultieren. Die

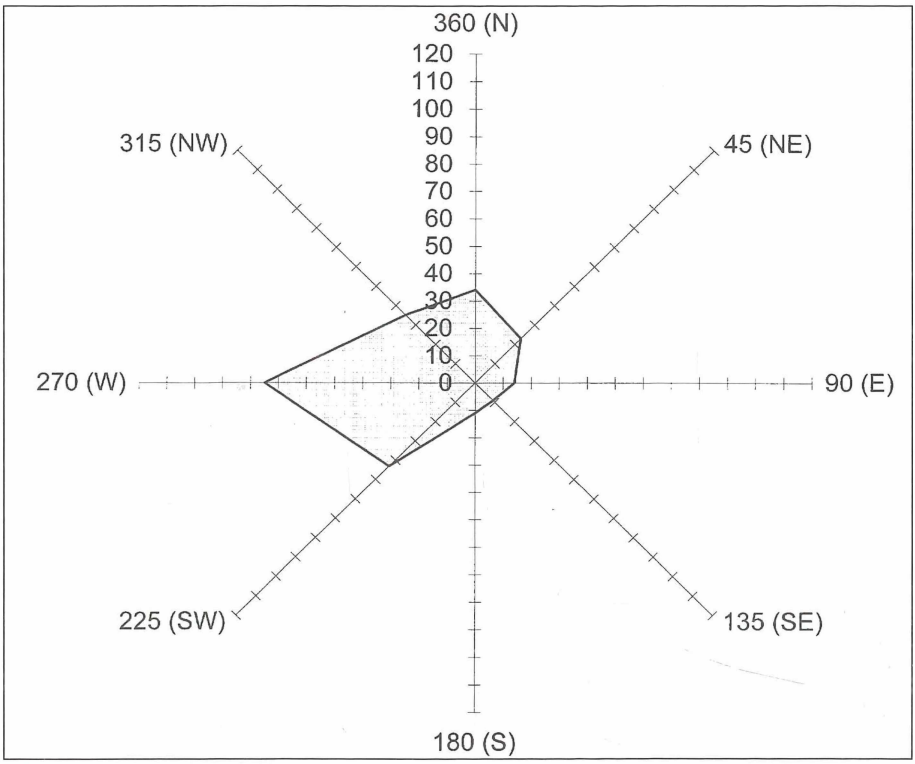


Abb. 12: Aufteilung der Anzahl der Tage auf die einzelnen Windrichtungen (Windrose) für den Beobachtungszeitraum 1.1.1995 - 31.12.1995 (= 365 Tage)

Monate März, November und Dezember 1995 verzeichneten dagegen unterdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen. Trotz 11 Westwindtagen und nur einem Nordwindtag wurden 20 Frosttage registriert (Tabelle 1). Der sehr kalte Dezember 1995 hatte, mit 2,0° C unter dem langjährigen Mittel, wie bereits oben erwähnt, insgesamt 8 Nordwindtage.

Die Windrose für das Jahr 1996 bis zum 31. August ergab ein verändertes Bild (Abb. 13). Die Westwinde traten stark zurück zugunsten der Nordwest- und Nordwinde. Das Ergebnis ist ein mehr oder weniger halbrundes Aussehen der Windrose, wobei die Süd-, Südost- und Ostwinde wieder nur sehr gering in Erscheinung treten.

Der Dezember 1995 sowie das ganze Frühjahr 1996 waren überwiegend geprägt von Nordwetterlagen. Der sehr kalte Jahresbeginn 1996 fiel bereits anhand der großen Anzahl von Frost- und Eistagen auf (Tabelle 1), was ein zu erwartendes unterdurchschnittliches Monatsmittel der Temperatur zur Folge hatte (Tabelle 10)

Die Kälte deutete sich bereits im Dezember 1995 an und setzte sich im Januar 1996 mit 2,1° C und Februar mit 2,0° unter dem langjährigen Temperaturmittel fort. Der März 1996 wies sogar 21 Tage mit nördlichen Winden (Nordwest, Nord, Nordost) auf. Das Monatsmittel der Temperatur lag hier 1,2° C unter dem langjährigen Wert. Es wird deutlich, wie die Nordrichtung gegenüber der Westrichtung dominiert, ausgenommen in den Monaten Mai, Juli und August.

Tabelle 9: Annuelle Variation der West- und Nordwinde sowie die Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel in °C (AW)

1995	West	Nord	AW
Januar	4	0	0,2
Februar	7	0	3,4
März	11	1	-0,8
April	8	6	1,4
Mai	7	5	0,4
Juni	8	6	0,8
Juli	4	3	5,9
August	7	1	4,2
September	8	1	0,5
Oktober	2	0	4,5
November	4	3	-0,5
Dezember	5	8	-2,0
Summe	75	34	1,5

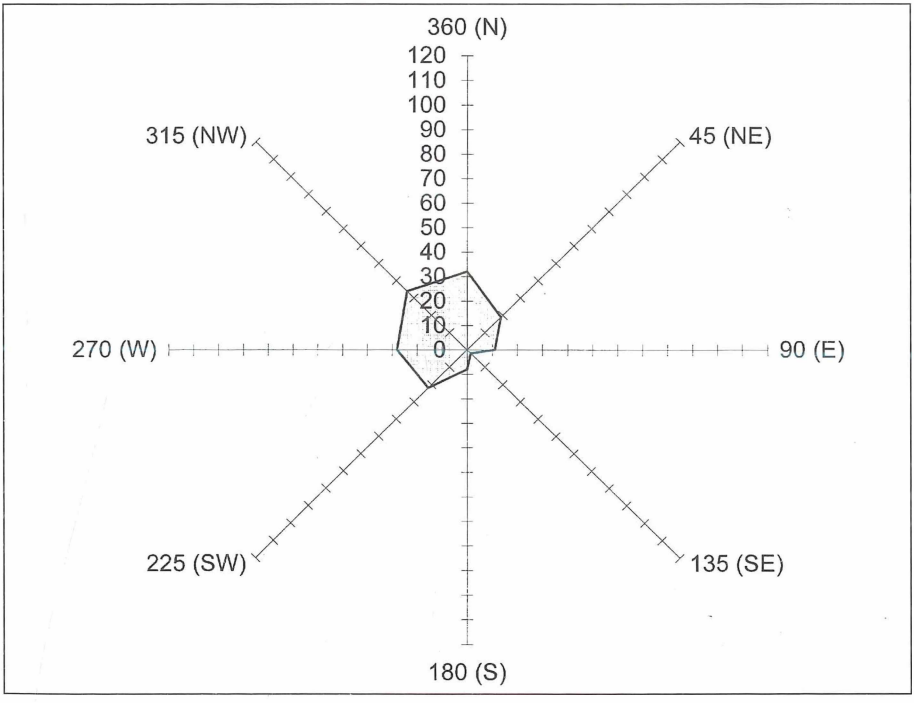


Abb. 13: Aufteilung der Anzahl der Tage auf die einzelnen Windrichtungen (Windrose) für den Beobachtungszeitraum 1.1.1996 - 31.8.1996

Tabelle 10: Annuelle Variation der West- und Nordwinde sowie die Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel in °C (AW)

1996	West	Nord	AW
Januar	1	4	-2,1
Februar	3	3	-2,0
März	1	7	-1,2
April	0	5	2,7
Mai	8	4	-0,8
Juni	2	4	2,5
Juli	6	3	0,7
August	7	2	1,9
Summe	28	32	0,2

Es kann festgehalten werden, daß Monate mit überwiegender Anzahl von Westwinden ein höheres Mittel der Temperatur zur Folge haben. Mit zunehmenden Nordwinden ist ein Rückgang der Monatsmitteltemperatur verbunden. Auf die Sommermonate trifft diese Aussage nicht ganz zu. Hier wirken die Westwetterlagen mäßigend auf die Temperaturen. Die Nordwetterlagen und insbesondere die sommerlichen Ostwetterlagen sorgen für stabiles Hochdruckwetter mit Wolkenauflösung, so daß bei diesen der Monatsmittelwert der Temperatur höher als vergleichsweise der von Westwindwetterlagen ist. Weiterhin bestätigt die Windrose des gesamten Beobachtungszeitraumes die Lage Gundersheims in der Westwindzone. Die Luftmassen bringen vom Atlantik Feuchtigkeit mit sich, so daß eine Kontinuität an Niederschlägen stets gegeben ist. Die besondere Lage des Ortes im Lee des Nordpfälzer Berglandes sowie im Lee des ostrheinhessischen Plateaus bedingt allerdings eine Niederschlagsreduktion, was im abschließenden Kapitel näher betrachtet wird.

8. Niederschlag

Aufgrund seiner topographischen Lage weist Gundersheim eine klimatische Besonderheit auf. Diese Eigenheit besteht in einer Leelage zu den vorherrschenden, überwiegend aus westlichen Richtungen kommenden Winden, was sich insbesondere bei den advektiven Winterniederschlägen deutlich bemerkbar macht. Diese Situation ist zwar für den Großteil des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes charakteristisch, aber im Falle von Gundersheim in besonderem Maße ausgeprägt. Die in westlicher Richtung Rheinhessens gelegenen Mittelgebirge Ardennen, Eifel, Hunsrück, Saar-Nahe-Bergland und Nordpfälzer Bergland mit seinem markanten ‚Eckpfeiler' Donnersberg, als höchste Erhebung der Pfalz (687 m ü.NN), bedingen orographische Niederschläge, so daß die regenbringenden atlantischen Luftmassen bereits beim Überqueren dieser Barrieren einen großen Teil ihrer Feuchtigkeit verlieren. In den genannten Regionen werden daher Jahressummen von 800-1.100 mm erreicht. Die mesoskalig relevanten Faktoren für die topoklimatische Besonderheit von Gundersheim sind einerseits der sich trichterförmig nach Osten öffnende Windschatten des Donnersberges und andererseits liegt das Ortsgebiet von Gundersheim

im Bereich eines östlich exponierten Mittelhangbereichs, welcher Teil der nach Südosten verlaufenden Ausraumzone des Seebaches ist. Die Talzone öffnet sich zur Oberrheinischen Tiefebene. Diese zusätzliche Lage im Lee des Plateaus unterstreicht die topoklimatische Besonderheit, so daß im Falle von Gundersheim von einer ausgeprägten „Mehrfach-Leelage" gesprochen werden kann.

Im Jahresdurchschnitt empfängt Rheinhessen eine Niederschlagsmenge von 500-600 mm und gehört damit zu den regenärmsten Regionen Deutschlands. Die Stationen Mainz (585 mm), Worms (584 mm) und Ober-Olm (561 mm) erzielen die höchsten Jahressummen, wogegen die niedrigsten Werte in Alzey (523 mm), Hochborn (522 mm), Flonheim (519 mm) und Wöllstein (514 mm) gemessen werden. Die Angaben beziehen sich auf einen Beobachtungszeitraum von 1936-1985. Gundersheim besitzt eine extreme Leelage zu den niederschlagsbringenden Winden aus West und Südwest, so daß hier ähnlich wenig oder sogar noch weniger Jahresniederschläge erwartet werden können. Dieser Fragestellung soll in einer Langzeituntersuchung nachgegangen werden.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Auswertung der Niederschlagssummen umfaßt den Zeitraum vom 1. Januar 1995 bis 31. Juli 1996. Die Niederschlagssummen des Jahres 1995 sind für die drei Stationen recht unterschiedlich ausgefallen (Abb. 14), was die topoklimatischen Besonderheiten im Raum Gundersheim unterstreicht. Die Jahresniederschlagssumme der Heimstation übertrifft mit 638 mm deutlich die Niederschlagssummen der beiden Außenstationen (Tal: 575,5 mm, Berg: 518,2 mm). Es fällt auf, daß die Monatsniederschläge der Heimstation häufig die Niederschläge der beiden Außenstationen übertreffen. Das Vorhandensein einer größeren Anzahl von sog. Kondensationskernen über Siedlungs- oder Stadtgebieten ist Hauptverursacher für die höheren Niederschlagssummen. Die Talstation empfängt allgemein weniger Niederschlag als die Heimstation.

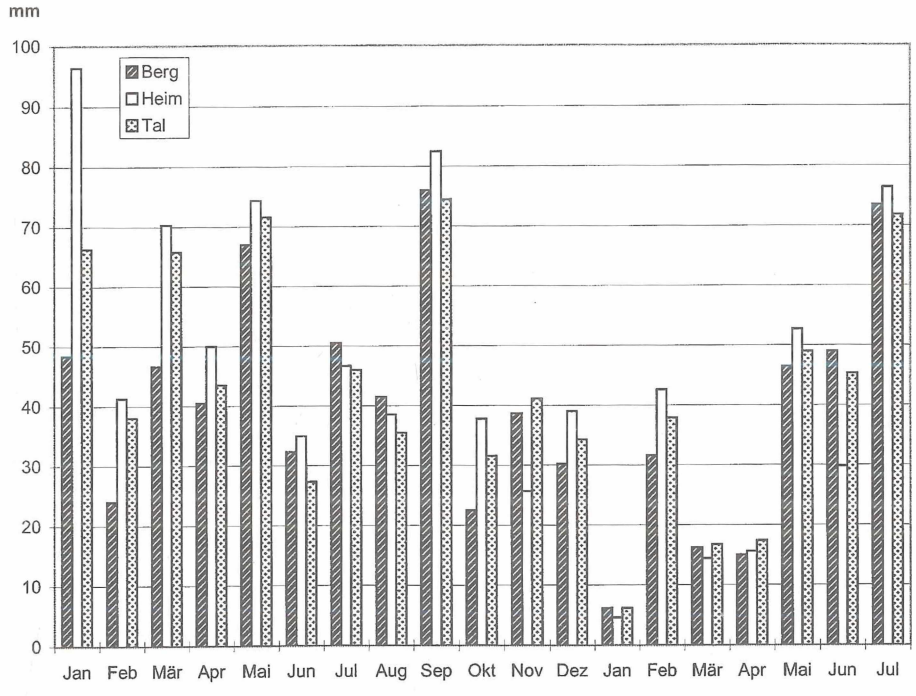


Abb. 14: Annuelle Niederschlagsvariation der drei Stationen von Januar 1995 bis Juli 1996

Die geringsten Mengen werden auf dem Berg auf dem Plateau gemessen. Hier waren die Niederschläge im Frühjahr 1995 gegenüber den beiden anderen Stationen besonders gering. Der Vergleich desselben Zeitraums 1996 ergibt weniger Unterschiede, ein Hinweis darauf, daß die Unterschiede der Niederschlagssummen auf die Witterung zurückzuführen sind. Bei der Auswertung ergab sich, daß die Monate, in denen Westwetterlagen in Verbindung mit Windstärken ab der Stärke 3 vorkamen, besonders hohe Unterschiede in den Niederschlägen erkennen ließen.

Meßfehler sind beim Niederschlag sehr ausgeprägt. Eine wichtige Rolle hierbei stellt der Wind dar, der den Niederschlag über das Auffanggerät hinwegtreibt. Bei starkem Wind wird demnach eine geringere Niederschlagsmenge gemessen. Beim Schneeniederschlag kann der Meßfehler sogar 50 % und mehr betragen (SCHÖNWIESE 1994: 93). Insofern sind die Meßergebnisse der Bergstation nur bedingt vergleichbar. Die Stationen Heim und Tal hingegen liegen relativ windgeschützt. Windstärken über Stärke 3 BEAUFORT sind selten, so daß die hier erfaßten Daten unmittelbar vergleichbar sind. Die Talstation liegt in ausgeprägter Leelage zu den häufig aus Südwest bis Nordwest kommenden Luftmassen. Dementsprechend weist die Station im Tal insgesamt 14 der 19 Monate mit geringerem Monatsniederschlag als die Heimstation auf.

Die größten Niederschlagsdefizite gegenüber der Station Heim entstehen im Frühjahr und Winter bei ausgeprägter Westwetterlage. Im Januar beträgt das Niederschlagsdefizit im Tal fast ein Drittel der Niederschlagssumme der Heimstation. Die Analyse der Tagesniederschlagssummen zeigt, daß häufig ein Minus der Talniederschläge an Tagen mit ausgeprägter NW- und SW- bis W-Wetterlage vorliegt. In den Sommermonaten können die Talniederschläge durchaus an die Menge der Heimniederschläge heranreichen. Hier sind es die durch die starke Erwärmung verursachten Hitzegewitter, die aus östlichen Richtungen vom Rheintal heranziehen und im Tal mehr Niederschlag bringen. Ein Beispiel hierfür stellt der 16. Juli 1995 dar. An diesem Tag fielen, durch ein Gewitter bedingt, im Tal 15 mm Niederschlag, an der Heimstation dagegen nur 9,5 mm.

9. Zusammenfassung

Die topoklimatischen Auswertungen in Gundersheim zeigen, daß innerhalb von nur kurzen Distanzen erhebliche Temperatur- und Niederschlagsunterschiede auftreten können. Dies konnte anhand der gesammelten Klimadaten während des 18-monatigen Beobachtungszeitraumes an den 3 Klimameßstationen in unterschiedlichen Höhenniveaus nachgewiesen werden. Darüberhinaus wurden 31 mobile Klimamessungen durchgeführt, um detaillierte Aufschlüsse der topoklimatischen Verhältnisse zu erlangen. Die Heimstation verzeichnete die höchsten Mitteltemperaturen, da es zur Ausbildung einer lokalen Wärmeinsel kommt.

Die Bildung von Kaltluftseen führt sehr häufig in den tiefer gelegenen Talbereichen zu weitaus niedrigeren Tagesmittel- sowie Minimumtemperaturen als im Vergleich zur Bergstation auf der 110 m höheren Plateaufläche. Im Tal werden zwar die meisten Frosttage registriert, aber die Anzahl der Frostst unden ist deutlich geringer. Dies macht den Frost in den Talbereichen zu einer zwar häufigen, aber kurzzeitigen Erscheinung. Kaltluftbedingte Temperaturunterschiede zwischen der Berg- und Talregion sind im Frühjahr und Herbst besonders stark ausgeprägt. Mit Hilfe einer exemplarischen Nachtmessung am Staudamm des Wasserrückhaltebeckens konnte die Ansammlung und Mobilität von Kaltluft detailliert untersucht werden.

Bei den Windmessungen zeigte sich, daß im Untersuchungsgebiet überwiegend westliche Windrichtungen vorherrschen. Die topographische Mehrfach-Leelage von Gundersheim bewirkt eine Reduktion der Niederschlagssummen. Die meisten Niederschläge werden an der Heimstation gemessen, was auf die vermehrte Anzahl von

Kondensationskernen zurückzuführen ist. Von Osten heranziehende Gewitter verursachen Starkregenereignisse, so daß die Talstation durch eine etwas höhere Jahressumme im Vergleich zur Bergstation gekennzeichnet ist.

Die aufgezeigten Variationen der Klimaelemente unterstreicht die Wichtigkeit und Notwendigkeit von topoklimatischen Untersuchungen. Die Ergebnisse können sehr hilfreiche Hinweise für die Landwirtschaft liefern. Die Lokalisierung von spätfrostgefährdeten Hang- oder Talpartien sowie die Kenntnis von geländebedingten Kaltluftströmungen oder Kaltluftseebildung können Schädigungen an Kulturpflanzen sowie Wachstumseinschränkungen minimieren.

10. Danksagung

Hans-Joachim Fuchs möchte sich insbesondere bei seiner lieben Frau Ursula und seinen beiden Kindern Katharina und Alexander für all ihre Geduld bedanken. Zahlreiche Freizeitabende und Wochenenden mußten für die vorliegende wissenschaftliche Ausarbeitung geopfert werden.

Martin Werner bedankt sich bei seinen Eltern, die ihn bei der Durchführung der Messungen tatkräftig unterstützt haben. Insbesondere hat ihm sein Vater in aufopferungsvoller Arbeit bei der Errichtung der Stationen geholfen. Ein großer Dank gilt auch seiner Mutter, die ihn stets bei den Klimameßfahrten begleitet hat, um die Meßwerte zu notieren. Ein weiterer Dank gilt seinem Nachbarn, Herrn Christian Riede, der die Stationsbetreuung bei kurzfristiger Abwesenheit übernahm.

Ein ganz besonderer Dank gebührt dem Schriftleiter der Mitteilungen der POLLICHIA, Herrn Dr. Karl Stapf, für seine vielschichtigen und aufopfernden Mühen.

11. Literaturverzeichnis

CARREGA, P. (1994): Analyse spatiale, quantitative et appliqué. Topoclimatologie et habitat. – Rev. Géograph. Labor. d'Analyse spatiale, Université de Nice.

COLE, F. (1970): Introduction to Meteorology. – New York, London

LAUER, W. (1993): Klimatologie. – Das Geographische Seminar, Braunschweig

HEYER, E. (1977): Witterung und Klima. – Leipzig

KESSLER, A. (1971): Über den Tagesgang von Oberflächentemperaturen in der Bonner Innenstadt an einem sommerlichen Strahlungstag. – Erdkunde, **25:** 13-20

KNOCH, K. (1963): Die Landesklimaaufnahme. Wesen und Methodik. – Offenbach

SCHÖNWIESE, C. D. (1994): Klimatologie. – Stuttgart

YOSHINO, M. (1975): Climate of a Small Area. An introduction to Local Meteorology.– Tokyo

(bei der Schriftleitung eingegangen am 31. 10. 1996)

Anschriften der Autoren:
Priv.-Doz. Dr. Hans-Joachim Fuchs, Geographisches Institut, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz
Martin Werner, Katzensteiner Straße 56, 67598 Gundersheim

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: 83

Autor(en)/Author(s): Fuchs Hans-Joachim, Werner Martin

Artikel/Article: Stationäre und mobile Messungen zur Erfassung des Topoklimas im Gemarkungsgebiet von Gundersheim/Rheinhessen 37-65