Mitt. POLLICHIA	99	5–15	12 Abb.	Bad Dürkheim 2018

ISSN 0341-9665 (Druckausgabe) ISSN 1866-9891 (CD-ROM)
ISSN 2367-3168 (Download-Veröffentlichung)

Lea **Schöneck** & Hans-Joachim **Fuchs**

Geländeklimatische Untersuchungen an ausgewählten Standorten im Gonsbachtal der Stadt Mainz

Kurzfassung

Schöneck, L. & Fuchs, H.-J. (2018): Geländeklimatische Untersuchungen an ausgewählten Standorten im Gonsbachtal der Stadt Mainz. - Mitt. POLLICHIA 99: 5–15, 12 Abb., 2 Tab., Bad Dürkheim.

Aufgrund von zunehmender Bebauung und dem damit verbundenen Wegfall von Grünflächen in innerstädtischen Gebieten heizen sich die Wohngebiete zunehmend auf. Dadurch wird der Versorgung der Stadtgebiete mit Kaltluft aus der Peripherie eine immer größere Bedeutung zugeschrieben. Das Gonsbachtal fungiert als eine solche wichtige Ventilationsbahn bezüglich seiner Kaltluftströme sowie der Frischluftzufuhr für die Stadt Mainz. Die dort in jüngster Zeit durchgeführten umfangreichen Renaturierungsmaßnahmen können als eine Möglichkeit der Aufwertung des Tals als Ventilationsbahn angesehen werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch das Gonsbachtal kalte sowie frische Luft aus dem höher gelegenen Umland über Finthen in die inneren Stadtbereiche von Mainz geleitet wird. Dies ist für das Stadtklima von essentieller Bedeutung. Im Rahmen dieser geländeklimatischen Studie wurde das Vorkommen und die Mächtigkeit und somit Relevanz der vorherrschenden Kaltluftströme in thermischer Hinsicht näher untersucht. Darüber hinaus liefern die im Gonsbachtal erhobenen eigenen Daten Erkenntnisse über die vermuteten Luftströmungen zwischen zwei Talquerprofilen. Diese Dynamik lässt sich anhand von Frostwerten am deutlichsten belegen. Hierfür wurden Messungen Ende Oktober bis Anfang November 2016 durchgeführt. Es konnte auch eine ungefähre Lokalisierung des Kaltluftstromverlaufs und eine durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit von 4,29 km/h zwischen dem höher gelegenen Umland und dem Gonsbachtal ermittelt werden. Darüber hinaus war ein Kältesummenunterschied von 17,5 °C bis 132,3 °C zu verzeichnen, der sich vor allem nachts bei Hochdruckwetterlage zeigte.

Abstract

Schöneck, L. & Fuchs, H.-J. (2018): Research on terrain climate at selective locations of the Gonsbach Valley in Mainz. - Mitt. POLLICHIA 99: 5–15, 12 Fig., 2 Tab., Bad Dürkheim:

The temperature in urban areas rises constantly because of the increasing building development and the associated lapse of green corridors. Thus the cold air flow from peripherals gains importance. The valley in Mainz-Gonsenheim (called Gonsbachtal) functions as such an important ventilation stream with cold and fresh air for the city of Mainz. The recently performed provisions to restore this valley gave some facilities to enhance its status as a ventilation duct. The cold air flows from outlying higher areas through Mainz-Finthen and the Gonsbachtal into the center of the city. This is essentially important for the urban climate.

This study evaluates the thermal factors, their influence and relevance for the valley, and the occurring cold air flow. The site-specific data from different locations were supposed to give insights into the characteristics of the air flow between two cross-sections in the valley. Frost situations were used as specific limits to show the dynamics of the temperature gradation. Therefore, the measurements took place between the end of October and the beginning of November 2016. A current velocity of 4,29 km/h from the higher elevated surroundings to the Gonsbachtal was determined. Furthermore, the differences of cold-sums were calculated between 17,5 °C up to 132,3 °C, which especially occurred in nights of high-pressure weather.

1 Einführung und topographische Lage des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen dieser Studie wurden in einem Messzeitraum von 27 Tagen vom 19.10. bis zum 15.11.2016 geländeklimatische Profilmessungen durchgeführt, mit dem Ziel, exemplarisch die vermuteten Kaltluftströme im Gonsbachtal der Stadt Mainz in ihrer zeitlichen wie auch räumlichen Ausprägung zu analysieren. Kaltluftströme sind in bioklimatischer Hinsicht insbesondere für dicht besiedelte urbane Räume sehr wertvoll. Die derzeitige Klimaerwärmung ruft insbesondere in den Städten Auswirkungen hervor und macht diese zu sogenannten Wärmeinseln mit einem Belastungsklima. Nachfolgend wird das Gonsbachtal als Untersuchungsraum sowie die Untersuchungsmethode vorgestellt. Anschließend folgt die Präsentation der Messergebnisse sowie deren Analyse und Interpretation. Darüber hinaus wird ein Vergleich der selbst gemessenen Daten mit Temperaturmessdaten einer benachbarten agrarmeteorologischen Messstation des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (DLR RLP) im höher gelegenen Plateaubereich des Mainzer Stadtgebietes von Drais-Finthen vorgenommen.

Das Gonsbachtal ist innerhalb des Stadtgebiets von Mainz ist ein wichtiger stadtklimatisch relevanter Bereich (Abb. 1). Es handelt sich um das Landschaftsschutzgebiet 7315-002 (Landeshauptstadt Mainz Grün- und Umweltamt 2015: 95). Seit 1995 unterliegt der stadtnahe Naturerholungsraum entlang des gesamten Verlaufes des Gonsbachs der Rechtsverordnung des Landschaftsschutzgebietes. Es umfasst mit seiner natürlichen schmalen Talstruktur 176 ha und erstreckt sich über die Stadtteilgemarkungen von Finthen, Gonsenheim, Mombach bis ins Stadtgebiet von Mainz (Stadtverwaltung Mainz 1995: 1). Zudem ist im Gonsbachtal eine hohe Vielfalt an weiteren Flächennutzungen in Form von Wohnbauflächen, landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie Kleingartenanlagen im Gonsbachtal vorzufinden (Landeshauptstadt Mainz Grün- und Umweltamt 2015: 158 und 161).

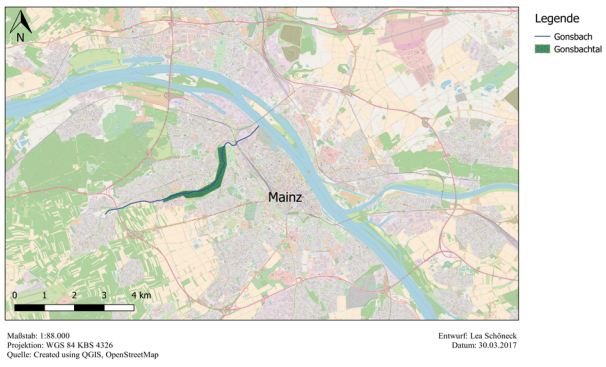


Abb. 1: Großräumliche Lage des Untersuchungsgebietes Gonsbachtal.

Im Zuge des Neubaus des Mainzer Fußballstadions (derzeitiger Name: Opel Arena) von Juli 2009 bis Juni 2011 (Bam Deutschland Ag) musste eine Ausgleichsfläche geschaffen werden. Es wurden daraufhin im Zeitraum von 2013 bis 2015 umfangreiche Renaturierungsmaßnahmen zur landschaftlichen Aufwertung des Naherholungsraumes Gonsbachtal im Bereich zwischen „Lungenberg“ und „Mainzer Straße“ umgesetzt (Landeshauptstadt Mainz 2017b). U. a. wurde ein Abschnitt des Bachverlaufs mit einer Fläche von 6 ha auf 1,2 km Länge im Bereich Gonsenheim schrittweise in seinen mäandrierenden natürlichen Zustand zurückgeführt (Landeshauptstadt Mainz 2017a). Es sind weitere öffentliche Wege geplant, die den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Mainz einen bestmöglichen stadtnahen Erholungsraum bieten sollen (Landeshauptstadt Mainz 2017b). Grünflächen tragen auch einen unverzichtbaren Teil zur Verbesserung des Stadtklimas bei, weshalb dem Gonsbachtal eine große Bedeutung für die Frischluftzufuhr der Stadt Mainz zugeschrieben werden kann (Domrös & Heidt 1977: 203f). Darüber hinaus hat Kuttler 1993 Grünflächen, Bachläufe, Bahntrassen als auch Ein- und Ausfallstraßen in urbanen Räumen mit einer hohen Eignung für Luftleitbahnen kategorisiert (Fezer 1995: 143).

Es gibt einige geländeklimatische Studien aus anderen Bereichen der Stadt Mainz, die aufzeigen, dass Kaltluftbildung vor allem auf hanggelegenen Grün- und Ackerflächen entsteht. Insbesondere das Gonsbachtal gilt hier als Zielgebiet für Kaltluft (DWD Berichte 249: 56f). Die Geländeneigung der Mainzer Seite lässt hauptsächlich westliche sowie südwestliche Trajektorien zu. Dies unterstützt die Kaltluftbildung und Ausrichtung des Gonsbachtals. Auf diesen Flächen sind bauliche Maßnahmen dringend zu verhindern, um Kaltluftentstehungsgebiete zu schützen und den Kaltluftstrom nicht zu hindern. Im 249. Berichtes des DWD wird aufgezeigt, dass nur ein Anteil der Volumenströme von Finthen und Drais bis nach Gonsenheim kommen, dass Gonsbachtal für die Belüftung der Stadt Mainz und insbesondere für Mombach von großer Bedeutung sind. Die Innenstadt wird hier insbesondere über den Wildgraben bei Mainz-Bretzenheim belüftet. (DWD Berichte 249: 58ff). Auf den Thermalkarten (basierend auf der Abendbefliegung vom 10.08.1998 und Morgenbefliegung vom 11.08.1998 sowie der Klimafunktionskarte der Stadt Mainz (Stand 1992) sind die aus dem Umland in die inneren Stadtbereiche verlaufenden Täler – u.a. das Gonsbachtal als Ventilationsbereiche für Kaltluftabflüsse zu erkennen (Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz 1992 und 1998).

2 Untersuchungsmethode

Das Hauptaugenmerk in der vorliegenden Studie liegt auf der empirischen Methode, um hierbei grundlegende Aussagen über die Kaltluftsituation und Strömungstendenzen im Gonsbachtal zu erzielen. Selbst gemessene, zeitlich hochaufgelöste Temperaturmesswerte bei unterschiedlichen geländeklimatischen Umgebungsparametern und Wettersituationen in einer bestimmten Jahreszeit stellen aus Sicht der Autoren eine große wissenschaftliche Wertigkeit dar. Die aus diesen Primärdaten resultierenden Betrachtungen basieren somit nicht auf Simulationen, sondern auf einer sehr komplexen klimaökologischen Realität innerhalb des Untersuchungszeitraums. Die durchgeführte Untersuchung erhebt keinen Anspruch, ein umfassendes geländeklimatisches Bild im Gonsbachtal aufzuzeigen, sondern versucht mit den gegebenen Mitteln grundlegende kleinräumige Erkenntnisse und Tendenzen herauszuarbeiten.

Im Rahmen dieser geländeklimatischen Studie der bodennahen Luftschicht wurden insgesamt 10 zur Verfügung stehende Stationen mit digitalen Temperaturmessgeräten (Datenlogger der Firma Testo 174T) eingesetzt, die Messhöhe betrug 20 cm (Geiger 2013: 121ff.). Es wären Vergleichsmessungen in 2 m Höhe, wie auch stationäre Windmessungen hilfreich gewesen, um noch detailliertere Ergebnisse zu erzielen. Tracergas-Versuche wären in diesem Zusammenhang ebenfalls wünschenswert gewesen, wofür aber keine finanziellen Mittel und auch keine Genehmigung vorlagen. Der Einsatz von Lokalklimamodellen des DWD, wie zum Beispiel das Kaltluftabflussmodell KLAM_21 oder MUKLIMO_3 wäre ebenfalls eine Methode im Rahmen von geländeklimatischen Untersuchungen (DWD Berichte 240 und 248).

Um möglichst detaillierte Informationen bezüglich der Temperaturschwankungen im bodennahen Bereich bei verschiedenen Wetterlagen zu erhalten, wurde für alle 10 Stationen ein Messintervall von 10 Minuten gewählt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 19.10. bis zum 15.11.2016. Insgesamt wurden im Gonsbachtal somit nahezu 39.000 Einzel-Messdaten erhoben und in einer Datenbank aufbereitet. Zur Datenerfassung wurden die 10 Stationen auf zwei Querprofile mit jeweils 5 digitalen Messgeräten im Gonsbachtal verteilt (Abb. 2). In der Auswertung wurden diese beiden Profile einem klimageographischen Vergleich unterzogen.

Bei der Standortauswahl wurde darauf geachtet, dass der Untergrund aus gleicher bis sehr ähnlicher Beschaffenheit bestand. Alle Stationen befanden sich auf offenem Feld und waren weitgehend keinem Schattenwurf ausgesetzt. Die Messgeräte wurden in einer jeweils baugleichen weißen Box mit luftdurchlässigen Löchern sowie einer weißen Abdeckung mit 35 cm Durchmesser zum Schutz vor Regen aufgestellt (Abb. 3). So konnte eine erhöhte Absorption der Sonneneinstrahlung aufgrund der weißen Farbe verhindert werden. Des Weiteren wurde die luftdurchlässige Box über einen Stahlstab mit weißem Isolierband an einem Holzblock befestigt.

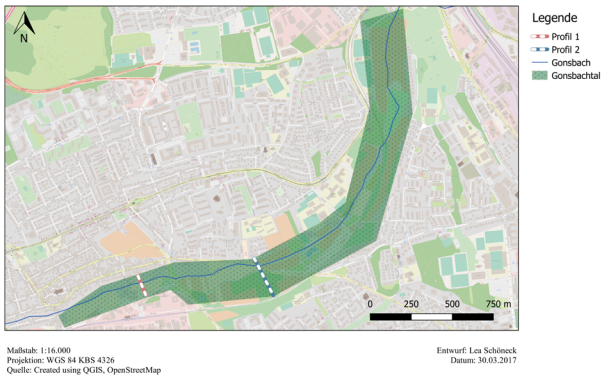


Abb. 2: Lage der beiden Messprofile durchs Gonsbachtal.



Abb. 3: Station 3 bis 5 im Gelände und Teilverlauf von Profil 1
Fotos: Lea Schöneck

Das Profil 1 Richtung Finthen (Gesamtlänge ca. 140 m) befand sich auf privatem Gelände der Familie Münch und Profil 2 Richtung Innenstadt (Gesamtlänge ca. 150 m) auf den Feldern der Gärtnerei Steins Kräuter & Garten. Beide Profile waren durch einen Horizontalabstand von ca. 760 m zueinander und ein Gefälle von ca. 6 m innerhalb dieser Strecke gekennzeichnet (Abb. 4). Die 10 Stationen blieben über den gesamten Messzeitraum unversehrt, und es wurden auch nach entsprechender Überprüfung keine Inhomogenitäten der Datenreihe festgestellt.

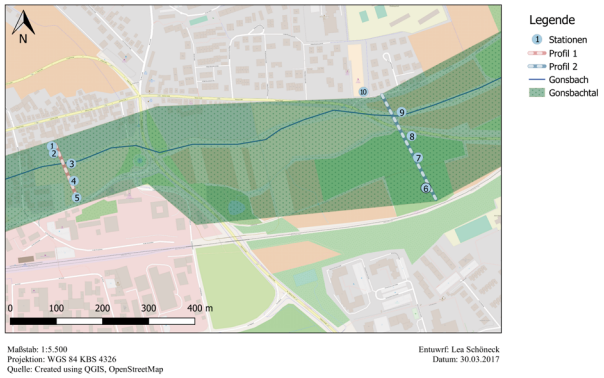


Abb. 4: Lage der 10 Stationen innerhalb der beiden Profile 1 und 2 im Gonsbachtal.

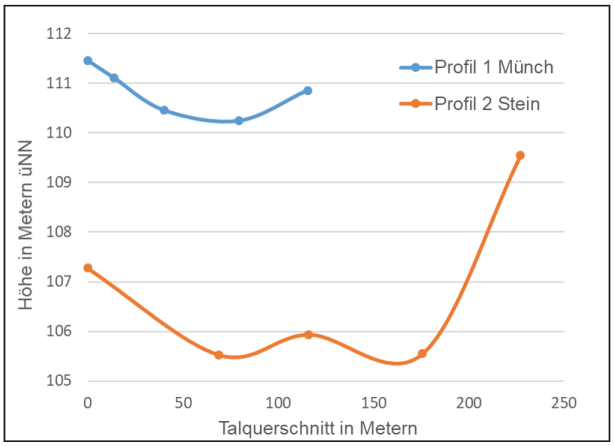


Abb. 5: Querschnitt der beiden Messprofile durchs Gonsbachtal.

In der folgenden Grafik ist die genaue Position der einzelnen Stationen hinsichtlich ihrer Verteilung der Breite im Tal sowie der individuellen Höhe aufgrund des Gefälles veranschaulicht (Abb. 5).

Bezüglich des Profils Münch bleibt anzumerken, dass eine Verschiebung des Profils zu beiden Seiten des Gonsbachs (zwischen den Stationen 2 und 3) aufgrund der Geländebegebenheiten von privaten Feldern vorgenommen werden musste. Der Abstand zur nächsten westlich gelegenen Häuserreihe blieb jedoch weitestgehend gleich. Darüber hinaus war die Versetzung auf der Seite der Straße „Am Leichborn“ südlich des ersten Profils entlang der vorhandenen Bebauung insofern von Vorteil, als dass andernfalls der höhere Buschbewuchs in unmittelbarer Nähe die Messungen verfälscht hätte. So konnte der Abstand der Stationen zur Bebauung und Bewuchs in gleichem Maße zu beiden Seiten des Gonsbachs gewährleistet werden.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Übersicht der Temperaturkurven über den gesamten Messzeitraum weist auf den ersten Blick bei allen 10 Stationen sehr deutlich ausgeprägte Tagesamplituden auf (Abb. 6). Nach eigenen Angaben von Herrn Stein ist bei einer Temperatur von 2 bis 3 °C auf seinem Gelände des Hofes unten in der Talaue des Gonsbachs bereits Frost vorzufinden. Hier handelt es sich lediglich um einen Höhenunterschied von 7 m. Da alle aufgestellten Stationen jedoch keinen Ausreißer dieses Größenmaßes zu erkennen geben, bleibt zu vermuten, dass sich alle Stationen in der bodennahen Kaltluftströmung befanden und die gesamte Talaue des Gonsbachs als markante Ventilationsbahn charakterisiert werden kann. Bei einer möglichen Folgestudie wäre es daher spannend, weitere Profil-Stationen in höheren Bereichen der Gonsbachtalflanken zu platzieren, um evtl. noch genauere Aussagen über die Mächtigkeit der Kaltluft machen zu können.

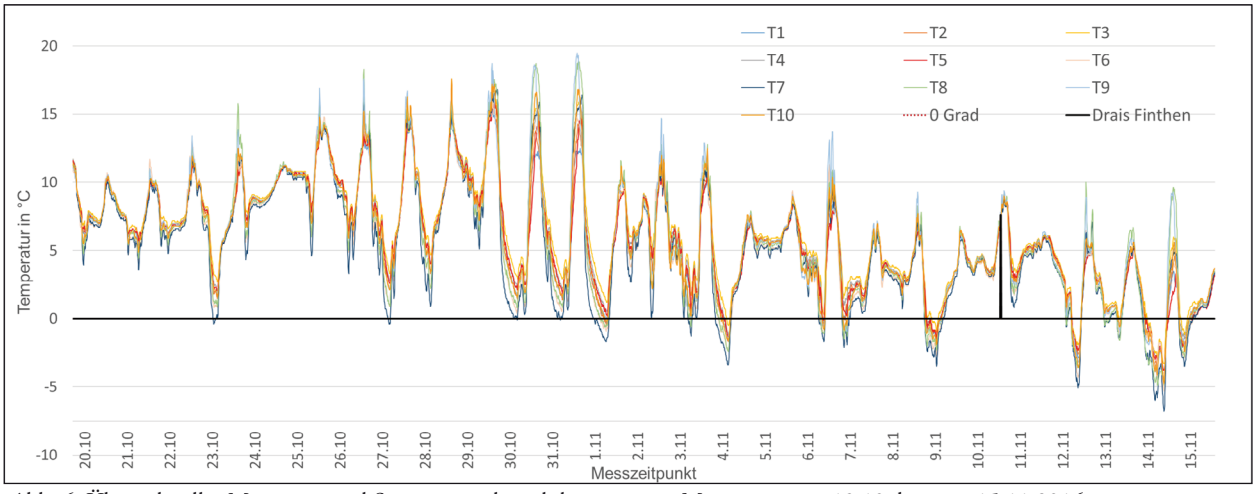


Abb. 6: Übersicht aller Messwerte und Stationen während des gesamten Messzeitraumes 19.10. bis zum 15.11.2016.

Besonders interessant im Rahmen dieser geländeklimatischen Studie sind Stationen mit Extremwerten, die im Gonsbachtal in dem 27-tägigen Zeitraum gemessen werden konnten. Hierzu gehören Station 8 und 9, die sehr häufig das höchste Tagesmaximum aufweisen, etwas seltener hingegen Station 6 und 10. Station 8 ist hier bei den niedrigsten Minima ebenfalls nennenswert. Diese weist mit Station 7 zusammen zahlreiche Minimumwerte auf. Des Weiteren ist die Station 6 ebenfalls durch niedrige Temperaturen gekennzeichnet und ist somit sowohl bei Temperaturmaxima als auch -minima erwähnenswert. Die Station 8 besitzt die größte Amplitude. Die aufgezeigten Temperaturschwankungen und vor allem die thermischen Unterschiede innerhalb der Profile sind insbesondere an den Tagen vom 29.10. bis zum 01.11.2016 zu erkennen (Abb. 7).

Das absolute Maximum wurde am 31.10.2016 um 14:00 Uhr von Station 9 mit 19,5 °C gemessen. Das absolute Minimum befand sich im selben Querschnittsprofil und wurde von Station 7 mit –6,8 °C am 14.11.2016 um 09:10 Uhr gemessen. Der Zeitraum der größten Amplitude erstreckt sich vom 31.10. auf den 01.11.2016. Hier konnte eine Amplitude von 21,2 °C gemessen werden, wobei Station 9 das Maximum von 19,5 °C und Station 7 des gleichen Querprofils –1,7 °C zeigt. Allein Station 8 weist eine Amplitude von 19,5 °C auf. Am 04. und 05.11.2016 wurde die geringste Tagestemperaturschwankung festgestellt. Hier wurde in der Zeit von 05:00 Uhr bis 16:20 Uhr eine vergleichsweise geringe Amplitude der Durchschnittswerte von 1,4 bis 7,1 °C gemessen. Ausnahmen des Temperaturabfalls bis zu Frostwerten stellen Station 6 und 7 (Minimum T7 03:00 Uhr, –3,4 °C) dar. Abgesehen von einer ebenfalls verhältnismäßig geringen Abkühlung bei Nacht weist der darauffolgende Tag ähnlich geringe Schwankungen auf (Maximum T8 16:00 Uhr, +7,9 °C). Grund hierfür war eine überregionale Tiefdruckwetterlage mit hoher Wolkenbedeckung (7/8 Bedeckungsgrad, eigene Beobachtung), wodurch die nächtlichen Temperaturen aufgrund der starken atmosphärischen Gegenstrahlung keinen großen Schwankungen unterlagen.

Darüber hinaus können die Tiefstwerte der am höchsten gelegenen Station 1 mit der am niedrigsten gelegenen Station 7 verglichen werden. Hier ist ein gravierender Unterschied der Häufigkeit des Frosteintritts ersichtlich. So war binnen 27 Tagen nur 8 Mal Frosteintritt an Station 1 zu vermerken, an Station 7 hingegen 33 Mal. Hierbei wurden Zeitspannen entsprechend mehrfach gezählt, bei denen die Temperatur nur über einen kurzen Zeitraum positive Werte annahm und nachfolgend wieder absank. Eine Regelmäßigkeit der schwankenden Amplitude im Vergleich der Stationen ist nicht zu erkennen, jedoch wie zu erwarten, dauerhaft tiefere Temperaturen an der niedriger gelegenen Messstation.

Beim Vergleich der kältesten und wärmsten Station fällt auf, dass alle gemessenen Werte den geländeklima-typischen Erwartungen entsprechen. So stellt die unmittelbar am Bachlauf gelegene Station 3 auf 110,46 m ü. NN nicht die am höchsten gelegene Station dar und zeigt dennoch die wärmste Temperaturkurve (Vergleich T3 in Abb. 3). Hierbei könnten vermutlich direkt der Gonsbach und der angrenzende Auenbereich – wenngleich nur mit einer insgesamt kleinen Wasserfläche des Baches – eine entscheidende Rolle spielen. Die Wärme wird vom Wasser langsamer aufgenommen als auch abgegeben Die Wärmespeicherkapazität des Wassers und insbesondere die in diesem Bereich ausgedehnte feuchte bachnahe Aue bewirken nachts dauerhaft höhere Temperaturen. Die typisch temperaturmildernde Wirkung von Gewässern und benachbarten Auen bei Nacht (Fezer 1995: 43) ist anhand der Übersicht gut ersichtlich. Station 3 zeigt durchweg die mildeste Temperatur des gesamten ersten Querprofils. Station 1 und 2, die sich auf 111,11 und 111,46 m ü. NN befanden, wiesen kontinuierlich kühlere Werte auf, ebenso Station 4 und 5.

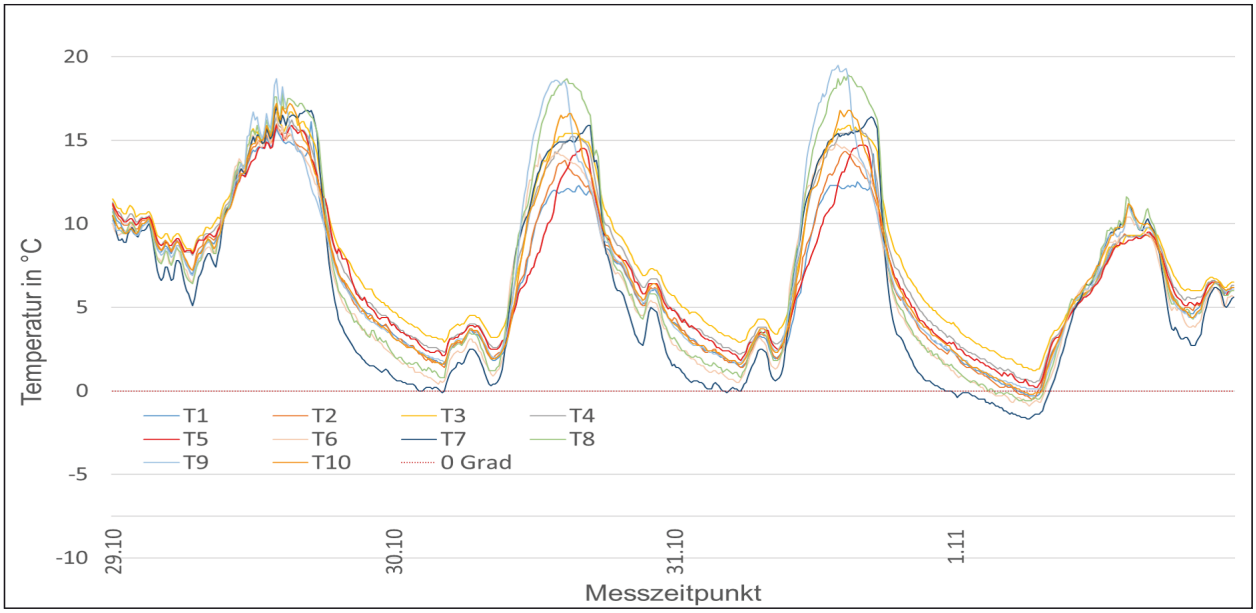


Abb. 7: Temperaturverlauf im Zeitabschnitt 29.10. – 01.11.2016.

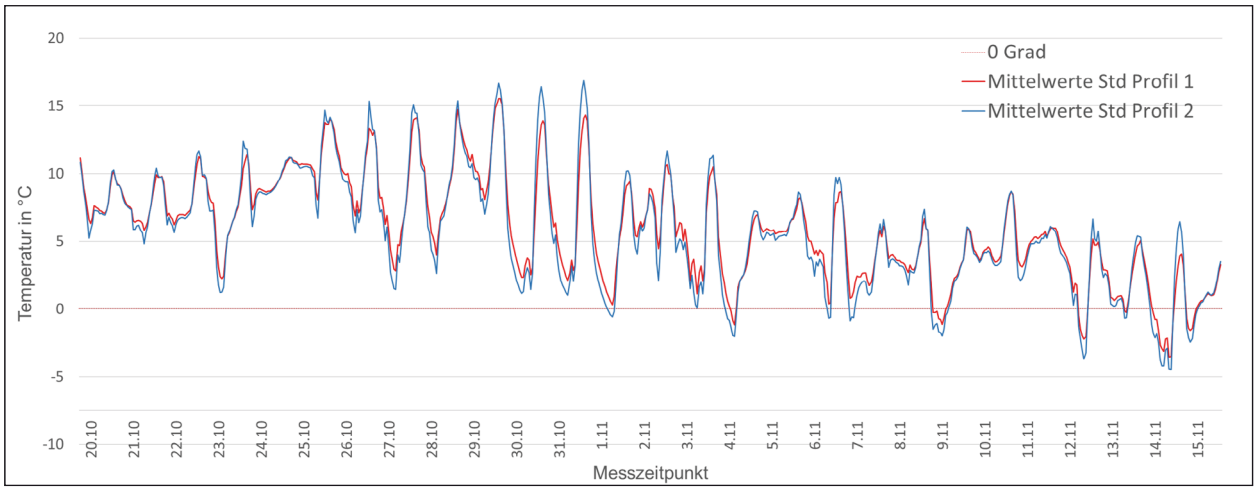


Abb. 8: Mittelwerte beider Profile im Gesamtmesszeitraum für November 2016.

Dies ist ein Indiz für die Ausprägung von Kaltluftströmen und gleichzeitig eine Bestätigung der Wärmespeicherkapazität von Wasser. Station 7 ist die am niedrigsten gelegene Station und hatte erwartungsgemäß die kältesten Werte, da kalte Luft schwerer ist als warme und sich somit am tiefsten Punkt ansammelt. Dies stützt ebenfalls das Ergebnis, dass das höher liegende Profil 1 in dem gemessenen Zeitraum auch wärmer war. Somit wäre zu erklären, warum auch die Station am Wasser im Profil 1 höhere Temperaturen aufwies als die Station am Wasser von Profil 2.

Nachfolgend werden die stündlichen Mittelwerte des jeweiligen Profils zusammengefasst und das arithmetische Mittel beider Profile in einer Grafik exemplarisch für den November 2016 veranschaulicht (Abb. 8). Die Betrachtung von Mittelwerten für den Messzeitraum ist von besonderer Bedeutung, um damit die wesentlichen Merkmale hervorgehoben zu können. Dies ersetzt jedoch nicht eine detaillierte Betrachtung der Daten, um falsche Interpretationen der Mittelwerte zu vermeiden (Heyer 1979: 93). Der Übersichtlichkeit halber basiert das Diagramm auf den Stundenmittelwerten.

Profil 2 weist dauerhaft eine größere Amplitude und mehr Extremwerte als Profil 1 auf. Der Grund für die dauerhaft geringere Amplitude von Profil 1 liegt vermutlich an mehreren Faktoren. Hierzu gehört unter anderem die höhere Lage ü. NN des ersten Profils sowie vor allem die Nähe der Häuserbebauung im westlichen Profilanschnitt (vergleiche ovale Markierung in Abb. 9).

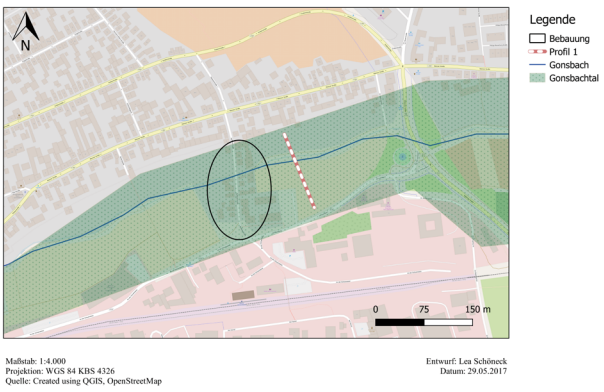


Abb. 9: Bebauung in der Umgebung Profil 1.

Hier wird eine wesentlich höhere Wärmeabstrahlung der Häuser vermutet, wovon Profil 2 nicht beeinflusst wurde. Daher sollten generell die als Ventilationsbahnen fungierenden Geländeabschnitte in urbanen Räumen möglichst nicht bebaut werden, um den Kaltluftabfluss nicht zu beeinflussen. Darüber hinaus lässt sich aufgrund von minimal abweichender Bodenbeschaffenheit im Vergleich zu Profil 2 zusätzlich vermuten, dass der insgesamt etwas dunklere Boden die Temperaturen hier ebenfalls etwas erhöht und eine geringfügige Beeinflussung der Daten darstellt. Über das Ausmaß des Unterschiedes kann im Vergleich von Profil 1 und 2 keine exakte Aussage getroffen werden. Da sich der Unterschied jedoch so minimal zeigt, ist von einem vergleichsweise sehr geringen Einfluss des Untergrundes auszugehen. Des Weiteren ist der Querschnitt des Tals schmaler bei relativ gleichbleibender Breite des Bachs. Dies lässt eine höhere Ausprägung der Wärmespeicherkapazität vermuten.

4 Vergleich mit der Bergstation Drais-Finthen

Um die vermuteten Kaltluftströme von den höher gelegenen Bereichen durch das Gonsbachtal hindurch mit den gegebenen Mitteln zu charakterisieren, wird ein Vergleich mit der in 211 m ü. NN gelegenen Station Drais-Finthen vorgenommen (Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz 2017). Die Lage der Station ist der Karte Abb. 10 zu entnehmen. Dies birgt sicherlich gewisse Ungenauigkeiten durch die Plateaulage, aber es ist die überhaupt einzige in der Nähe liegende Station, die zu einem derartigen Vergleich mit Temperaturdaten in ebenfalls 20 cm Höhe herangezogen werden kann. Ideal wären weitere eigene Profilstationen vom Gonsbachtal hinauf zum Plateau des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes. Dies war jedoch in gegebenem Rahmen nicht möglich.

Die höchste der aufgestellten Messstationen im Gonsbachtal befand sich auf einer Höhe von 111,46 m ü. NN (T1) und die niedrigste auf 105,53 m ü. NN (T7). Somit

ist im Vergleich zur Station in Drais-Finthen ein Höhenunterschied von ungefähr 100 bis zu 106 m festzustellen. Aufgrund des Höhenunterschiedes von minimal 100 m und maximal 106 m sollte demnach ein Temperaturunterschied von mindestens 0,5 °C (feuchtadiabatisch) bis maximal 1 °C (trockenadiabatisch) resultieren. Festzuhalten bleibt hier jedoch, dass bei dem vorliegenden Höhenunterschied von 100 oder 106 m mit einer Abweichung von 0,03 °C

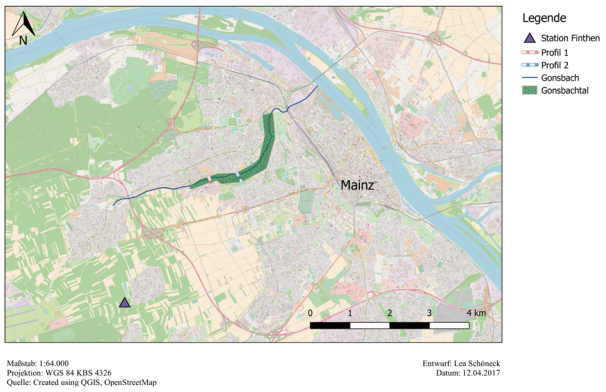


Abb. 10: Lage der Vergleichs-Messstation Drais-Finthen.

zu rechnen wäre. Dieser minimale Unterschied wird für den Vergleich jedoch als gering und somit irrelevant angesehen.

Nachdem die Temperaturtiefstwerte des Gonsbachtals den Werten der Station Drais-Finthen – beide in 20 cm über dem Boden gemessen – gegenübergestellt wurden, ist festzustellen, dass die gemessenen Werte im Tal immer kälter waren als sie rein rechnerisch zu erwarten gewesen wären. Dies ist ein sehr deutliches Indiz für vorhandene Kaltlufteinflüsse bzw. Kaltluftströme. Es konnte eine durchschnittliche Temperaturdifferenz von 1,5 °C errechnet werden. Das aufgezeigte Vorhandensein der Ströme ist jedoch nur an dem Vergleich zu Drais-Finthen auszumachen. Es kann keinerlei Aussage darüber getroffen werden, inwiefern Kaltluftmengen auch über ein anderes Flussbett in das Tal gelangen. Darüber hinaus können weitere Charakteristika der Kaltluftströme anhand von Kältesummen festgestellt werden. Die nachfolgende Tab. 1 zeigt die Kältesumme der Temperaturwerte von Drais-Finthen sowie der Station 7 im Gonsbachtal, da diese die kälteste Station darstellt. Hierzu wurden Summen von Minustemperaturen beider Stationen der Nächte bei Hochdruckwetterlage (Ausstrahlungswetter) errechnet und gegenübergestellt.

Die rot markierten Daten zeigen Auffälligkeiten, die keinem Kaltlufteinfluss im Tal entsprechen, da die Summen im Tal geringer waren als im höher gelegenen Drais-Finthen. Am 08.11.2016 wird als Grund hierfür ein geringer ausgeprägtes Hoch angenommen, was anhand der Wetterkarte während des Zeitraums belegt werden konnte. Darüber hinaus ist der 12.11.2016 hervorzuheben, an dem trotz höherem Luftdruck ebenfalls wider Erwarten Drais-Finthen kälter war als Station 7 im Gonsbachtal. Hierbei spielt jedoch der Zeitpunkt des Frostes eine große Rolle, da alle anderen Frostwertezeiträume am frühen bis späten Abend begannen und über die Nacht andauerten. Hier wird der Einfluss des nächtlichen Bergwinds vermutet (Geiger 2013, 423). Am 12.11.2016 wurden Frostwerte im Gonsbachtal jedoch nur von 04:50 bis 10:30 Uhr aufgezeichnet. Somit muss die Vermutung angestellt werden, dass der Kaltluftstrom als nächtlicher Bergwind sich hier nicht vollständig ausbilden konnte. Eben diese Begründung trifft auch auf den Frostzeitraum am 14.11. zur Mittagszeit zu, sodass die zeitliche Komponente ebenfalls nicht den Parametern der typischen Kaltluft im Tal entspricht und Drais-Finthen am Mittag einen größeren Frostzeitraum aufweist. Dieses Beispiel bestätigt sehr deutlich die nächtliche Aktivität des Kaltluftstroms.

Tab. 1: Berechnungen zum Temperaturunterschied von Drais-Finthen und dem Gonsbachtal

Tag (Luftdruck in hPa)	Drais-Finthen Frostzeitraum **in Std**	Drais-Finthen Kältesumme **in °C**	Gonsbachtal Frostzeitraum **in Std**	Gonsbachtal Kältesummen **in °C**	Kältedifferenz Gonsbachtal und Drais-Finthen **in °C**
22.10 (1014)	–	–	1	-1,8	
01.11. (1019)	2	-0,9	8	-44	-43,1
04.11. (1016)	6,5	-56,4	9	-92,4	-36
06.11. (1002)	0,2	-0,2	3,5	-17,7	-17,5
08.11. (1010)	9,75	-114,4	10,5	-111,9	2,5
12.11. (1026)	5,5	-116,6	5,5	-107,2	9,4
14.11. (1034) nachts	12,25	-169,3	13	-301,6	-132,3
14.11. (1034) mittags	10	-49,9	7,5	-84,1	-34,2
Summenprodukte	**46,2 Std**	**-101,6 °C**	**58 Std**	**-130,4 °C**	

Die Kältesummendifferenz weist bei den aussagekräftigen Werten eine Spanne von 132,3 °C bis 17,5 °C auf. Dies zeigt eine mögliche Größenordnung der Mächtigkeit der Kaltluftströme. Ein Trend ist anhand der wenigen Vergleichswerte jedoch nicht festzustellen. Ebenso wenig aussagekräftig wäre hier ein Mittelwert aufgrund der wenigen Frostdaten und der großen Spannweite. Hilfsweise wurde hierfür der Summenwert der Frosttemperaturwerte im besagten Zeitraum herangezogen, womit die Kältesummen auf ein vergleichbares Maß gebracht wurden. Hierfür wurden alle Frostwerte addiert und zeigten deutlich, dass das Gonsbachtal wesentlich kälter ist (Drais-Finthen –101,69 °C, Gonsbachtal –130,4 °C). Es scheint eine Tendenz zu geben, dass die Kaltluftströme umso ausgeprägter sind, je höher der vorherrschende Luftdruck ist.

5 Abschätzung der bodennahen Strömungsverhältnisse der Kaltluft

Um näherungsweise eine Aussage über die Strömungsverhältnisse der Kaltluft zu treffen, werden nachfolgend die Daten von Drais-Finthen, Profil 1 sowie Profil 2 bei vorherrschender Hochdruckwetterlage (Strahlungswetter) verglichen, da nur so von einer unbeeinflussten Situation der überregionalen Wetterlage und deren Windsysteme ausgegangen werden kann (Abb. 11). Bei Hochdruckeinfluss sind keine überregionalen Winde ausgeprägt und daher auch nicht thermisch wirksam (Blüthgen und Weischet 1980: 451f). Der mittlere Luftdruck am Boden beträgt 1.013 hPa. Ein Gebiet mit diesem oder einem höheren Luftdruck wird als Hochdruckgebiet bezeichnet (Goruma 2014). In der Region Mainz/Wiesbaden herrschte Ende Oktober 2016 an 3 Tagen ein ausgeprägtes Hoch von 1034 hPa, das zudem auch den insgesamt höchsten Druck von längerer Dauer im gemessenen Zeitraum von 27 Tagen aufwies (Wetteronline; Rückblick 2016). Die Stationen von Profil 1 sind in Abb. 11 in Orange- und die von Profil 2 in Grüntönen dargestellt.

Bei diesem Vergleich ist auffällig, dass die kalte Luft aus Finthen unverkennbar zuerst Profil 2 (hier grün gekennzeichnet) trifft und mit zeitlicher Verzögerung Profil 1 erreicht. Allerdings wäre zu erwarten, dass die kalte Luft von der höher gelegenen Region Finthen kommend zuerst Profil 1 erreicht und anschließend Profil 2. Anhand der gemessenen Daten ist deutlich erkennbar, dass die Kaltluft zuerst das Profil 2 erreicht. Dies lässt vermuten, dass aufgrund der Koblenzer Straße sowie der Bebauung das Profil 1 nicht im direkten Strömungsfluss der Kaltluft liegt (Vergleich Abb. 9), sondern dieser sich im Tal seitlich, zwischen den beiden Profilen befindet. Daher wird angenommen, dass Profil 1 hauptsächlich und sukzessive über einen Rückstau und die Auffüllung eines Kaltluftsees erreicht wird. So wäre die zeitliche Verzögerung des Eintreffens der Kaltluft am Profil 1 zu begründen. Hinzu kommt jedoch auch weiterhin der Einfluss der Wärmeabstrahlung durch die Wohngebäude in der Nähe von Profil 1.

Aufgrund dieser Beobachtung kann eine Aussage über die Strömungsverhältnisse nur indirekt anhand einer Gegenüberstellung der Daten von Finthen und Profil 2 vorgenommen werden. Das Profil 1 wird daher nachfolgend für diesen Teil der Untersuchung nicht berücksichtigt. Bei der Auswertung sind eine zeitliche Verzögerung sowie ein nahezu paralleler Verlauf der Temperaturkurven und somit eine positive Korrelation erkennbar. Eine Analyse der zeitlichen Differenz anhand der Rohdaten ergab, dass eine zeitliche Verzögerung von 01:10 Stunden vorliegt. Daher wurde eine Angleichung von 70 Minuten vorgenommen, um die Übereinstimmung der Temperaturkurven zu verdeutlichen (Abb. 12). Farblich hervorgehoben sind Messzeiträume, an denen eine Übereinstimmung der Kurve besonders gut zu erkennen ist.

Aufgrund dieser Erkenntnisse, dass ein Zusammenhang des Luftstromes an beiden Orten besteht, kann indirekt auf die Strömungsgeschwindigkeit des Luftstromes im Verlauf der Strecke von 5 km von Finthen ins Gonsbachtal (Profil 2) geschlossen werden (v = s/t). Die Fließgeschwindigkeit lässt sich demnach wie folgt abschätzen: 5/70*60 = 4,29 km/h. Mit diesem indirekten Bestimmungsansatz ergibt sich eine annäherungsweise durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit von ungefähr 4,3 km/h zwischen dem Bereich Drais-Finthen und dem Gonsbachtal. Begleitende stationäre Windmessungen vom Plateaurand bis zum Gonsbachtal wären hilfreich gewesen, waren aber im Rahmen der Studie nicht möglich.

6 Analyse der Frostereignisse

Frost kommt im Verlauf des Messzeitraums Ende Oktober/November vor allem während einer vorherrschenden Hochdruckwetterlage zustande und kann zur weiteren klimageographischen Charakterisierung von Kaltluftvorkommen im Untersuchungsgebiet herangezogen werden. Zudem gibt der Erdboden bei wolkenlosem Himmel sehr viel langwellige Wärmestrahlung an die Atmosphäre zurück (Ausstrahlung bei fast fehlender atmosphärischer Gegenstrahlung), wodurch eine rasche Abnahme der Oberflächentemperatur als auch der bodennahen Luftschicht verursacht

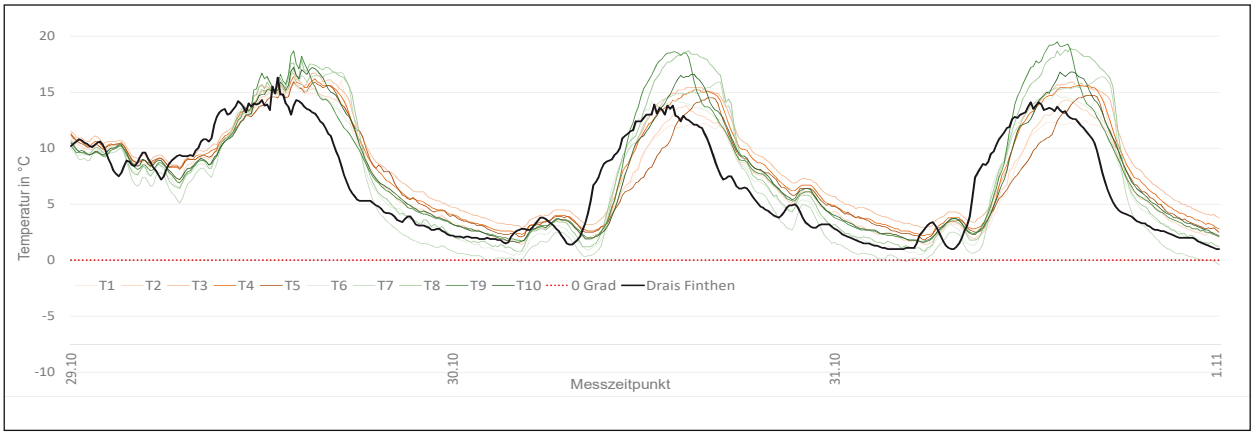


Abb. 11: Messwerte 29.–31. Oktober 2016 – Vergleich Profil 2 mit Drais-Finthen.

wird (Strahler & Strahler 1999:79). Daher konnte auch erwartet werden, dass Frostwerte im Messzeitraum in den Nachtstunden auftreten. Durch die Analyse der Frosteintrittszeitpunkte an verschiedenen Stationen wird der Versuch einer Abschätzung bezüglich der Dynamik der Luftströmungen unternommen. Eine Analyse aller gemessenen Frostereignisse von Profil 1 und 2 ergibt erwartungsgemäß, dass Profil 2 deutlich mehr Frostwerte aufweist. So bleibt zu vermerken, dass Profil 1 insgesamt 38 Mal der 10-minütigen Messintervalle einen Frosteintritt aufweist. An allen diesen 38 Zeitpunkten wurden erwartungsgemäß im Profil 2 tiefere Temperaturwerte aufgezeichnet. Im Gegensatz hierzu weist Profil 2 hingegen 54 Frosteintrittszeitpunkte auf, von denen an 16 Messzeitpunkten Plusgrade im Profil 1 nachgewiesen werden konnten.

Um eine Aussage über die Dynamik treffen zu können, wird exemplarisch die Nacht vom 03. auf den 04.11.2016 ausgewählt, in der alle Stationen Minusgrade erreichten. Profil 2 hatte schon nahezu 4 Stunden Minusgrade bevor im Profil 1 an einer Messstation überhaupt erst Frost eintrat. Hier kann über die Dauer des Rückstaus auf die Dynamik des Kaltluftstromes zwischen den beiden Profilen geschlossen werden. Darüber hinaus verlief die zeitliche Ausbreitung des Frostes in den jeweiligen Profilen binnen folgender Zeiträume: 150 Minuten (in Profil 1) und 180 Minuten (in Profil 2). Diese unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit wird vermutlich durch die Breite des Tals beeinflusst und nicht allein durch die Mächtigkeit der Ströme, da im Profil 1 die Kaltluft nachweislich weniger ausgeprägt war. Sehr ähnliche Tendenzen bezüglich der Frosteintrittszeitpunkte bei Hochdruckwetterlage konnten in den Frostnächten 08./09.11., 11./12.11. und 14./15.11.2016 festgestellt werden. In der nachfolgenden Tab. 2 wird die zeitliche Verzögerung sowohl innerhalb als auch zwischen den Profilen gezeigt. Die Verzögerung zwischen beiden Profilen wurde anhand des ersten Frostwerts beider Profile festgemacht.

Es ist eine Spanbreite der zeitlichen Verzögerung zwischen den Profilen von 10 Minuten bis 230 Minuten vorhanden. Jedoch hatte Profil 2 als insgesamt kälteres Profil auch ohne Ausnahme einen früheren Frosteintritt. Dies stellt die einzig erkennbare Regelmäßigkeit dar. Aufgrund dessen lässt sich keine allgemeingültige Aussage über die Fließgeschwindigkeit zwischen beiden Profilen treffen. Diese Feststellung unterstützt lediglich die Annahme, dass sich die Hauptachse des Zuflusses der Kaltluft zwischen den beiden Profilen befindet und der Luftstrom über die Saarstraße sowie Koblenzer Straße ins Gonsbachtal zu fließen scheint. Bei einem Vergleich mit der Klimafunktionskarte der Stadt Mainz wird dies ersichtlich und wird somit durch die Ergebnisse der Studie gestützt (Umweltamt Der Landeshauptstadt Mainz 1992).

Tab. 2: Vergleich der zeitlichen Verzögerung des Frosteintritts beider Profile

	Datum	zeitliche Verzögerung in Minuten
Profil 1	03./04.11.2016	150
Profil 2		180
Zwischen Profil 1 und 2		230
Profil 1	08.11.2016	200
Profil 2		30
Zwischen Profil 1 und 2		70
Profil 1	12.11.2016	10
Profil 2		10
Zwischen Profil 1 und 2		10
Profil 1	14.11.2016	80
Profil 2		90
Zwischen Profil 1 und 2		90

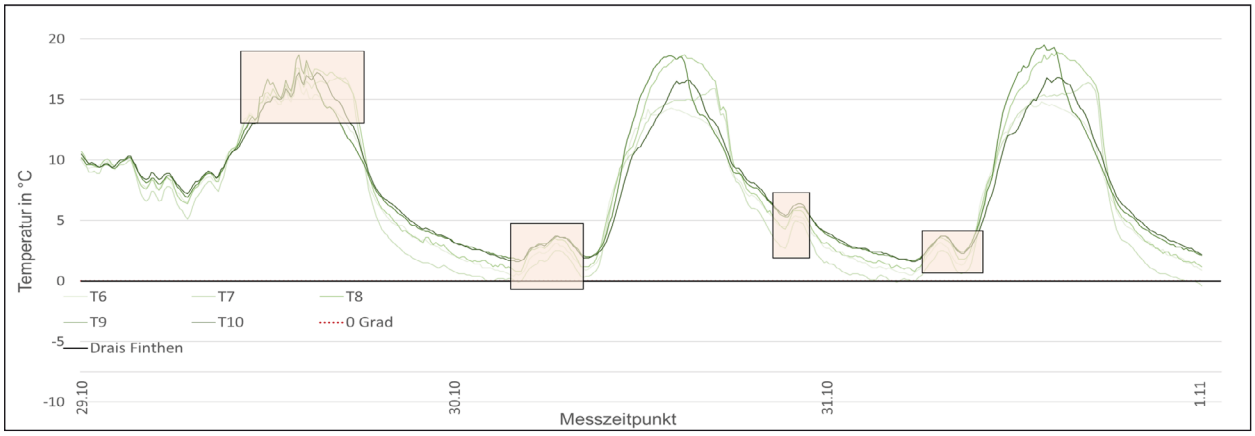


Abb. 12: 29.–31. Oktober 2016 – zeitliche Verzögerung Profil 2 im Vergleich mit Drais-Finthen von +70 min.

Die Tatsache, dass im Gonsbachtal Frost nachzuweisen war, während die Station Drais-Finthen an diesen Tagen keine Minusgrade verzeichnete, ist ein klares Indiz für Kaltluftströme im Talbereich. Darüber hinaus kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass ein gewisser Anteil der Kaltluft aufgrund des Gefälles nicht von Drais-Finthen einfließt, sondern ebenfalls entlang der Schneise südlich von Drais, sowie zwischen Finthen und Drais als auch nördlich von Finthen. Dies ist auch in der Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz angedeutet. Bei den kälteren Temperaturen spielt vor allem die Schneise von Mainz-Lerchenberg kommend entlang der Koblenzer Straße eine entscheidende Rolle. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Klimafunktionskarte sowie die Karten der Thermalbefliegung (Umweltamt Der Landeshauptstadt Mainz 1992 und 1998) auf Untersuchungen und Aufnahmen beruhen, die zwei Jahrzehnte zurückliegen und sich bis heute einige baulichen Veränderungen im Stadtbild ergeben haben. Dennoch lässt sich erkennen, dass nicht die gesamte Kaltluft südlich von Drais vorbei zu fließen scheint.

7 Fazit und Ausblick

Anhand von zeitlich hoch aufgelösten Temperaturmessungen an 10 ausgewählten Standorten in Form von 2 Querprofilen im Gonsbachtal der Stadt Mainz wurde versucht, die Kaltluftverhältnisse mit den gegebenen Mitteln zu analysieren. Hierzu wurden auch Vergleichswerte der agrarmeteorologischen Wetterstation in Drais-Finthen herangezogen. Bei einem Vergleich konnte eine zeitliche Verzögerung von 70 Minuten und somit eine Fließgeschwindigkeit der Kaltluft von ca. 4,3 km/h von den höheren gelegenen Bereichen ins Gonsbachtal aufgezeigt werden. Die genaue Bestimmung der Mächtigkeit war anhand des begrenzten Messzeitraums von 27 Tagen und fehlender Stationen im anschließenden Hangflanken nur schwer möglich. Sie kann jedoch im Hinblick auf den enormen Kältesummenunterschied von 17,5 °C bis 132,3 °C insgesamt als hoch eingestuft werden. Dies zeigte sich vor allem bei Nacht sowie bei Hochdruckwetterlagen. Die gesamte Talaue war somit von der abfließenden Kaltluft beeinflusst, wodurch das Gonsbachtal als funktionierende Ventilationsbahn für Kaltluft bestätigt werden konnte.

Auch wenn die durchgeführte geländeklimatische Analyse der Daten keine repräsentative Analyse der Kaltluftströme zulässt, so ist doch deren Vorhandensein und der thermische Unterschied zum Umland deutlich zu erkennen. Es bedarf weiterer Erforschung der Kaltluftströme innerhalb des Gonsbachtals, um sowohl noch weitere dynamische Aspekte als auch Gesamtzusammenhänge sowie Regelmäßigkeiten herauszuarbeiten. Aus den gewonnenen Geländeerfahrungen empfiehlt sich, bei einer Folgeuntersuchung eine Verschiebung insbesondere des ersten Profils in Richtung Stadtmitte vorzunehmen, um Informationen bezüglich der Dynamik von Kaltluftströmen im Tal selbst analysieren zu können. Weiterhin sollten die Profile in den Hangbereich hinein auf beiden Seiten erweitert werden, um damit eventuell die Mächtigkeit der Kaltluftströme und einhergehender Kaltluftseebildung im Talbereich besser quantifizieren zu können. Darüber hinaus wären generell Langzeitmessungen hilfreich, um dadurch aus Aussagen über jahreszeitliche Unterschiede bezüglich des zeitlichen und räumlichen Auftretens von Kaltluftströmungen im Gonsbachtal machen zu können.

6 Danksagung

Ein herzlicher Dank der Autoren gilt der Familie Stein und der Familie Münch, die das Aufstellen der Messgeräte auf ihren Feldern ermöglichten. Ohne diese Erlaubnis und Unterstützung wäre das Erfassen der knapp 39.000 Temperatureinzelwerte und somit spannenden Untersuchungen nicht realisierbar gewesen. Joachim Kelker vom Umweltamt der Stadt Mainz wird an dieser Stelle ebenfalls für das ausführliche persönliche Gespräch und die wertvollen geländeklimatischen Hinweise gedankt. Darüber hinaus gilt ein Dank Herrn Hofstetter von der Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz für die Bereitstellung der Rohdaten der Messstation in Drais-Finthen. Die Autoren bedanken sich zum Schluss auch sehr herzlich für alle Mühen beim Schriftleiter der Mitteilungen der POLLICHIA, Herrn Dr. Peter Diehl.

8 Literatur

Agrargmeteorologie Rheinland-Pfalz (2017): Wetterstation Drais-Finthen. Internet: http://www.am.rlp.de/Internet/AM/NotesAM.nsf/amweb/073cf5ee0080dbebc12574240046478a?OpenDocument&TableRow=2.8#2. (19.10.2016 bis 15.11.2916 und 06.04.2017).

Bam Deutschland Ag: Sportstätte / Arena. Coface Arena, Mainz. Internet: https://www.bam-deutschland.de/node/502/pdf/referenz (16.10.2017). Ergänzung aufgrund von Beginn/ Ende der Bauzeit

Blüthgen, J. & Weischet, W. (1980): Allgemeine Klimageographie. – In: Schmithüsen, J. (Hrsg.) (31980): Lehrbuch der Allgemeinen Geographie. Berlin und New York.

Deutscher Wetterdienst (2012): Berichte des Deutschen Wetterdienstes 240. Das klein-skalige Strömungsmodell MUKLIMO_3. Teil 1: Theoretische Grundlagen, PC-Basisversion und Validierung. Internet: https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_berichte/l_einzelbaende/berichte240.html?nn=498718 (29.12.2017).

Deutscher Wetterdienst (2016): Berichte des Deutschen Wetterdienstes 248. Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO_3. Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. Internet: https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_berichte/pdf_einzelbaende/ 248_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (29.12.2017).

Deutscher Wetterdienst (2017): Berichte des Deutschen Wetterdienstes 249. Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz: Abschlussbericht zum Arbeitspaket 3 des Projekts KLIMPRAX Wiesbaden/Mainz - Stadtklima in der kommunalen Praxis. Internet: https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_berichte/pdf_einzelbaende/249_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (29.12.2017).

Domrös, M. & Heidt, V. (1977): Untersuchungen zum Ökosystem Mainz. – In: Domrös, M., Eggers, H., Gormsen, E., Kandler, O. & Klaer, W. (Hrsg.) (1977): Mainz und der Rhein-Main-Nahe-Raum. Festschrift. Zum 41. Deutschen Geographentag vom 30. Mai bis 2. Juni 1977 in Mainz. Göttingen: 189–210.

Fezer, F. (1995): Das Klima der Städte. Justus Perthes Verlag, Gotha: 33–66 und 125–145.

Geiger, R. (2013): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie. Springer, Wiesbaden: 58–148 und 387–490.

Goruma (2014): Meteorologie. Hoch- und Tiefdruckgebiete. – Internet: http://www.goruma.de/Wissen/Naturwissenschaft/Meteorologie/hoch_und_tiefdruckgebiete.html (28.02.2017).

Heyer, E. (1979): Witterung und Klima. Eine allgemeine Klimatologie. 5. Auflage, Teubner, Leipzig: 71–205.

Landeshauptstadt Mainz (2017a): Landschaftsschutzgebiet Gonsbachtal. Internet: https://www.mainz.de/leben-und-arbeit/umwelt/gonsbachtal.php (04.11.2016).

Landeshauptstadt Mainz (2017b): Naherholung Gonsbachtal. Internet: https://www.mainz.de/freizeit-und-sport/im-gruenen/gonsbachtal.php (04.11.2016).

Landeshauptstadt Mainz Grün- und Umweltamt (2015): Landschaftsplan der Stadt Mainz. Göttingen.

Stadtverwaltung Mainz (1995): Rechtsverordnung über das Landschaftsschutzgebiet „Gonsbachtal“ Stadt Mainz vom 30. Juni 1995. Internet: http://www.naturschutz.rlp.de/dokumente/rvo/lsg/07-LSG-7315-002.pdf (04.11.2016).

Strahler, A. H. & Strahler, A. N. (1999): Physische Geographie. Ulmer, Stuttgart: 75–96.

Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz (1992): Klimafunktionskarte. Ventilation. 1:3000. Mainz. Internet: http://www.mainz.de/geoinformationen/umwelt/klima/ Klimafunktionskarte.php (28.04.2017).

Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz (1998): Thermalkarte Morgen. Thermalbefliegung im Stadtgebiet Mainz. 1: 50000. Mainz. Internet: https://www.mainz.de/service/co-stadtplan.php (01.05.2017)

Wetteronline (2017): Wetter im Rückblick. Internet: http://www.wetteronline.de/wetterdaten / mainz?pcid=pc_rueckblick_data&gid=10633&pid=p_rueckblick_diagram&sid=StationHistory&iid=10634&metparaid=PDLD&period=4&month=11&year=2016 (28.04.2017).

Anschriften der Autoren:

Lea Schöneck
Hindenburgstraße 45a
55118 Mainz
E-Mail: lea_schoeneck@web.de

Prof. Dr. Hans-Joachim Fuchs
Geographisches Institut
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
D-55099 Mainz
E-Mail: hans.fuchs@uni-mainz.de

Eingang bei der Schriftleitung: 15.11.2017

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 99

Autor(en)/Author(s): Schöneck Lea, Fuchs Hans-Joachim

Artikel/Article: Geländeklimatische Untersuchungen an ausgewählten Standorten im Gonsbachtal der Stadt Mainz 5-15