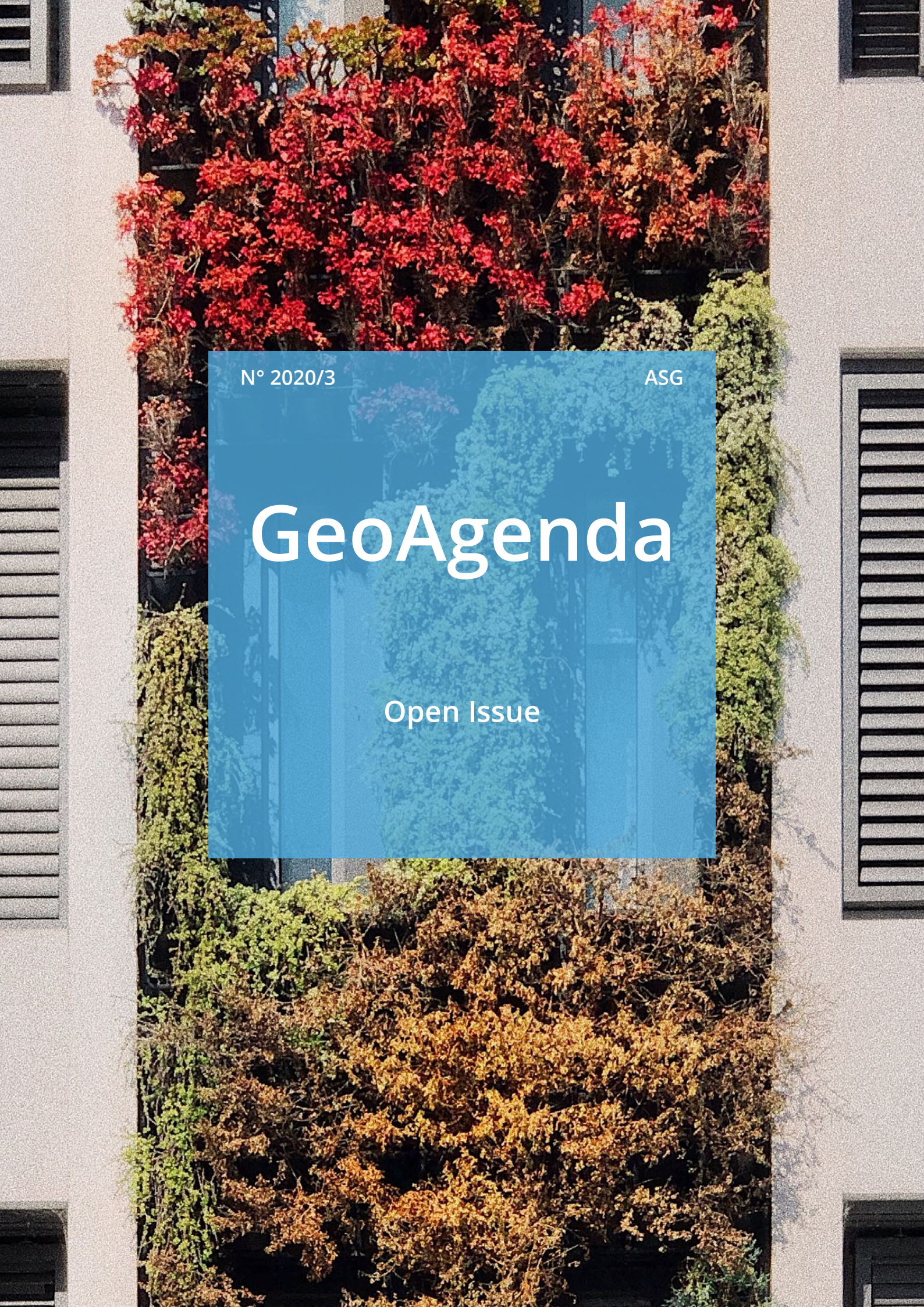




N° 2020/3

ASG

# GeoAgenda

Open Issue



# Der Berner Stadthitze auf der Spur Stadtforschung aus klimatologischer Perspektive

## Zur Debatte

- ▶ Was bedeutet «Stadtforschung» aus klimatologischer Perspektive?
- ▶ Wie hat sich der Fokus der Stadtklimaforschung in den letzten 50 Jahren verändert?
- ▶ Lässt sich mit geringen Ressourcen hochqualitative Stadtklimaforschung betreiben?

Geschrieben von  
Moritz Burger und  
Moritz Gubler

Die Stadtgeographie ist klassischerweise eine Thematik, welche vorwiegend den sozial- und wirtschaftsgeographischen Forschungszweigen zugerechnet wird (vgl. GeoAgenda No. 1/2020). Daran anknüpfend möchten wir aufzeigen, dass urbane Gebiete auch für die physische Geographie von hohem Interesse sind. Mit dem Projekt «Urban Climate Bern» greift die Gruppe für Klimatologie des Geographischen Instituts der Universität Bern (GIUB) ein Thema auf, welches bereits in den 1970er-Jahren intensiv beforscht wurde. Der folgende Beitrag widmet sich daher einer kleinen Zeitreise in die vergangene, aktuelle und zukünftige klimatologische Stadtforschung an der Universität Bern.

## Städtische Wärmeinseln EN: «Urban Heat Islands»

Aufgrund dichter Bebauung, versiegelter, dunkler und schnell trocknender Oberflächen, reduziertem Grünbestand, anthropogener Abwärme und der Beeinflussung regionaler Windströmungen heizen sich Städte tagsüber stärker auf und kühlen sich nachts langsamer ab als ihr Umland. Dieser Effekt ist in windstillen Sommernächten nach strahlungsintensiven

Tagen am stärksten ausgeprägt (z.B. während Hitzewellen) und kann bis zu 10 K betragen. In Kombination mit der prognostizierten Zunahme in Anzahl, Dauer und Intensität von Hitzeextremen durch den anthropogenen Klimawandel werden Städte und deren Bewohner weltweit zunehmend mit dieser Herausforderung konfrontiert.

## «Historische» Stadtklimaforschung in Bern

Die 1970er-Jahre waren die Geburtsstunde der Stadtklimaforschung am Geographischen Institut der Universität Bern (GIUB). Das rasante Wachstum der Stadt Bern mit dem Bau von neuen Hochhaussiedlungen im zuvor ländlich geprägten Westen der Stadt zog die Frage nach sich, inwiefern dadurch das lokale und regionale Klima beeinflusst werden könnte und welche Konsequenzen sich daraus für die Stadtentwicklung und Verkehrsplanung ergeben. Unter der Leitung von Prof. Bruno Messerli wurden im Rahmen des SNF-Projekts KLIMUS (Klima und Umweltschutz) insgesamt zehn Beiträge zu unterschiedlichen Aspekten des Stadt- und Regionalklimas von Bern (z.B. Wind- und Temperaturverhältnisse, Spätfrostkartierung oder mikroklimatische Analyse von Hochhäusern) publiziert (Mathys et al., 1980). Ein zentraler Teil des Projektes war der Aufbau und Betrieb eines klimatologischen Messnetzes in der Region Bern mit mehr als 30 Messstationen, welches während insgesamt 4 Jahren (1972–1976) verschiedene Wetter- (Temperatur, Wind, Niederschlag, Sonneneinstrahlung und Bewölkung) und/oder Schadstoff-Parameter (Russ, SO<sub>2</sub>, CO) erfasste (Abb. 1A und 2A; Mathys et al., 1972).

*«Im Zuge des voranschreitenden Klimawandels veränderte sich der Forschungsanspruch in Richtung Hitzeextreme und städtische Wärmeinseln.»*

## Von Luftschadstoffen zur Hitzebelastung

Im Fokus der damaligen Messkampagne lagen vor allem winterliche Inversionslagen und die damit verbundenen lufthygienischen bzw. gesundheitlichen Risiken durch verkehrs-, industrie- sowie siedlungsbedingte Schwefel- und Feinstaubemissionen («Wintersmog»). Mit der Einführung von Katalysatoren und Partikelfiltern sowie der Verkehrsreduktion des Stadtzentrums verbesserte sich seither die lufthygienische Situation beträchtlich, und mit der bereits messbaren und projizierten Zunahme von sommer-

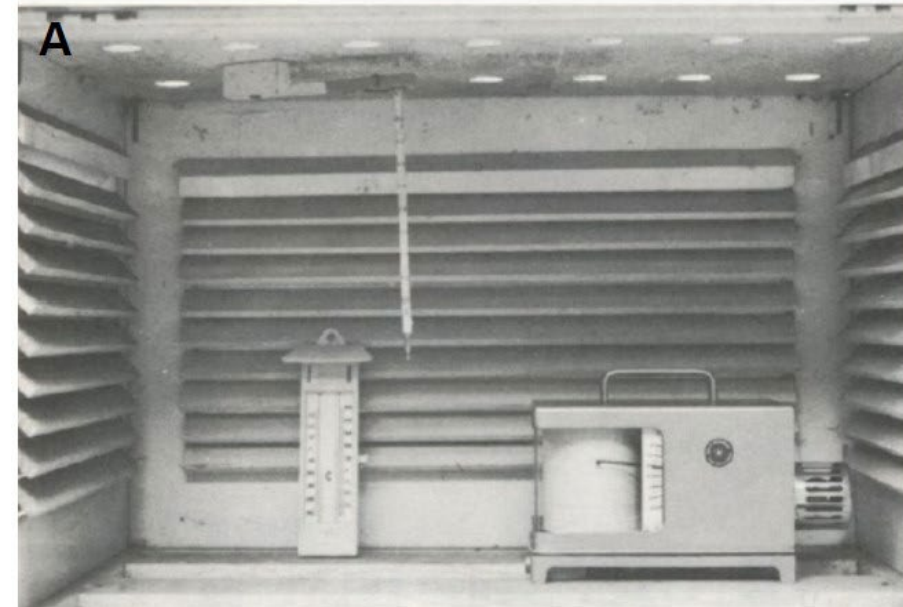


Abb.1: Temperaturmessgeräte im Wandel der Zeit. (A) Die Messgeräte in der Wetterhütte der 1970er-Jahre und (B) die aktuelle Low-Cost-Messstation Marke Eigenbau (Mathys, 1976; P. Duschletta).



lichen Hitzeextremen im Zuge des voranschreitenden Klimawandels veränderte sich der Forschungsanspruch in Richtung eines altbekannten stadtklimatologischen Phänomens: Die städtische Wärmeinsel (siehe Infobox).

Durch die verstärkte Hitzebelastung urbaner Gebiete im Vergleich zum Umland ergeben sich vielschichtige Herausforderungen für die menschliche Gesundheit, Infrastruktur, wirtschaftliche Tätigkeiten sowie die natürliche Umwelt. Dementsprechend drehen sich die aktuellen Fragestellungen vor allem um die Identifikation von Hot- und Cool-Spots, die Analyse möglicher Einflussvariablen, sowie die Evaluation von Massnahmen zur Hitzereduktion in der Stadt. Wie vor 50 Jahren sind es also konkrete (raum-)planerische Fragen, welche an die Forschung herangetragen werden – nur geht es diesmal nicht um Mitigations- (Reduktion von Luftschadstoffen) sondern um Adaptationsplanung (Anpassung an Hitzebelastung).

42 Jahre nach der Demontage des KLIMUS-Messnetzes wird deshalb seit Sommer 2018 im Rahmen des Dissertationsprojektes von M. Gubler und in enger Zusammenarbeit mit dem ehemaligen GIUB-Spin-Off Meteotest AG erneut ein Berner Stadtklima-Messnetz betrieben. Mittels 65 bis 85 Low-Cost-Messstationen (ca. 65 CHF pro Stück; vgl. Abb. 1B), bestehend aus einem Temperaturlogger sowie einem selbstgebauten Strahlungsschutz, werden seither grundlegende Informationen über die räumliche sowie zeitliche Variabilität der sommerlichen Hitzebelastung (Mitte Mai bis Mitte September) innerhalb der verschiedenen Stadtquartiere, aber auch der angrenzenden Agglomerationsgemeinden in 10 min-Intervallen aufgezeichnet (Abb. 2B).



**Moritz Burger**  
schliesst diesen Herbst sein Masterstudium in Klimawissenschaften ab und beginnt anschliessend mit einem Doktorat im Bereich Stadtklimatologie an der Universität Bern. Nach dem Bachelor in Geographie sammelte er Berufserfahrung in einem Raumplanungsbüro, als Meteorologe bei einem privaten Wetterdienst in Bern und als Vermittler eines Unterrichtsmoduls zum Thema Wetter und Klima in Primarschulen.



**Moritz Gubler**  
ist Doktorand und Dozent an der Universität Bern und der Pädagogischen Hochschule Bern, wo er sich nebst stadtklimatologischen Fragestellungen schwerpunktmässig mit Bildungsaspekten im Kontext des Klimawandels und der Nachhaltigen Entwicklung beschäftigt. Nach dem Grundstudium in Zürich zog es ihn für den Master in Klimawissenschaften sowie das Lehrdiplom für das Fach Geographie nach Bern. Währenddessen arbeitete er als Meteorologe und Moderator bei einem privaten Wetterdienst in Zürich sowie als Lehrperson auf den Sekundarstufen I und II.



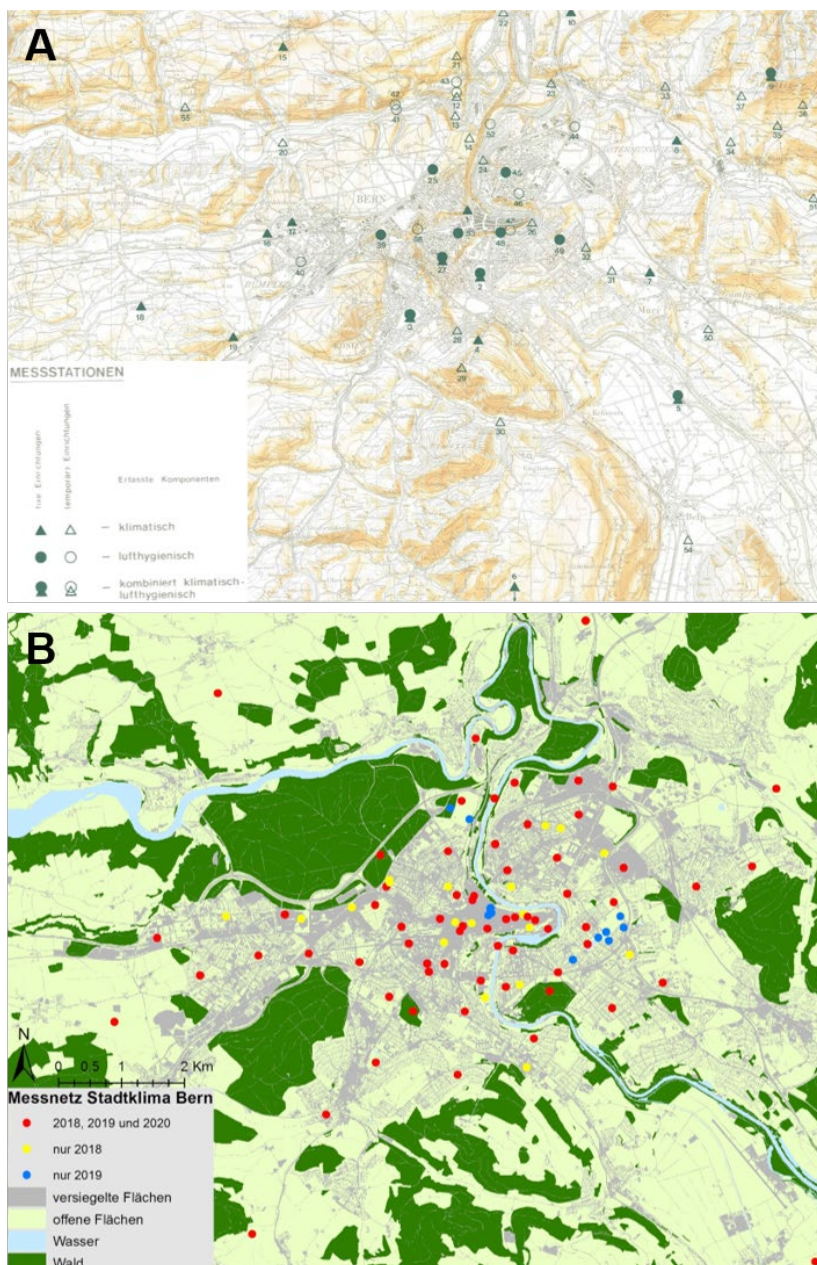


Abb. 2: Die beiden Stadtklima-Messnetze (A) von 1972-76 und (B) von 2018-heute im Vergleich (Mathys et al., 1972).

### Nachttemperaturen von besonderer Relevanz

Basierend auf den räumlich und zeitlich hochaufgelösten Messwerte analysierte M. Burger in seiner kürzlich abgeschlossenen Masterarbeit die städtische Hitzebelastung während mehrerer Hitzewellen in den Sommern 2018 und 2019. Dabei waren vor allem die Nachttemperaturen von Interesse, da die städtische Wärmeinsel nach Sonnenuntergang generell am stärksten ausgeprägt ist (vgl. Infobox). Ein zentrales Mass für den nächtlichen Hitzestress in einer Stadt sind Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$ ), die vor allem in Kombination mit Hitzetagen ( $T_{\max} > 30^\circ\text{C}$ ) sehr belastend für die Gesundheit sein können, da die Erholungsphase während der Nacht beeinträchtigt wird (Köllner et al., 2017). Die festgestellten Unterschiede sind frappant: Wurden zum Beispiel während des gesamten

Sommers 2019 bei der ländlich geprägten, offiziellen Messstation in Bern-Zollikofen insgesamt drei Tropennächte registriert, waren es im Stadtzentrum gebietsweise deutlich über 10 und dies auch an teilweise neuralgischen Punkten wie beim Inselspital (Abb. 3). Jedoch gibt es auch Standorte, an denen ähnlich viele oder gar weniger Tropennächte als in Bern-Zollikofen registriert wurden. So zum Beispiel Stationen im Wylergut, in Bümpliz oder im Neubauquartier Köniz-Liebelfeld, wo lokale Kaltluftströme oder ausgeprägte Grünflächen dominieren.

*«Die Lage der Kaltluftschneisen und -senken, eine hohe Anzahl von Bäumen, sowie die Nähe zu Wasserflächen erzeugen den stärksten Kühleffekt.»*

Ein weiteres Ziel der Arbeit war die Interpolation der punktbasierten Temperaturmessungen über die Fläche des ganzen Stadtgebietes. Unter Einbezug von 14 Variablen zu Topographie, Bodenbedeckung, Bebauung oder Grünbeständen wurden verschiedene geostatistische Modelle berechnet, welche als Ausgangspunkte für die Erstellung von interpolierten Hitzekarten während Hitzewellen dienen (vgl. Abb. 4). Darauf traten Unterschiede von bis zu 10 K zutage, wobei es in der dicht bebauten Altstadt, den angrenzenden Wohnquartieren (z.B. Breitenrain und Mattenhof) sowie den Industriequartieren am wärmsten war. Kühler ist es in den Wäldern, in der Nähe der Aare, aber auch in den stärker durchgrüneten Quartieren Bümpliz und Kirchenfeld. Die Evaluation ausschlaggebender Einflussfaktoren ergab zudem, dass die Lage in Kaltluftschneisen und -senken, eine hohe Anzahl Bäume sowie die Nähe zu Wasserflächen den stärksten Kühleffekt erzeugen. Dies ist in der topographisch komplexen Stadt Bern mit dem Aaregraben sowie mehreren stadtnahen Wäldern von besonderem Interesse, da diese Gebiete als massgebliche Entstehungsorte kühler Luftmassen fungieren. Im Sinne einer klimaverträglichen Stadtentwicklung ist es deshalb hochrelevant, dass solche Kaltluft-Oasen erhalten oder gar ausgebaut werden, und dass die kühlenden Luftmassen möglichst frei zirkulieren können.

*«Innerhalb der letzten drei Jahre kam der Stadtklimaforschung in Bern viel Aufmerksamkeit und Interesse zuteil.»*

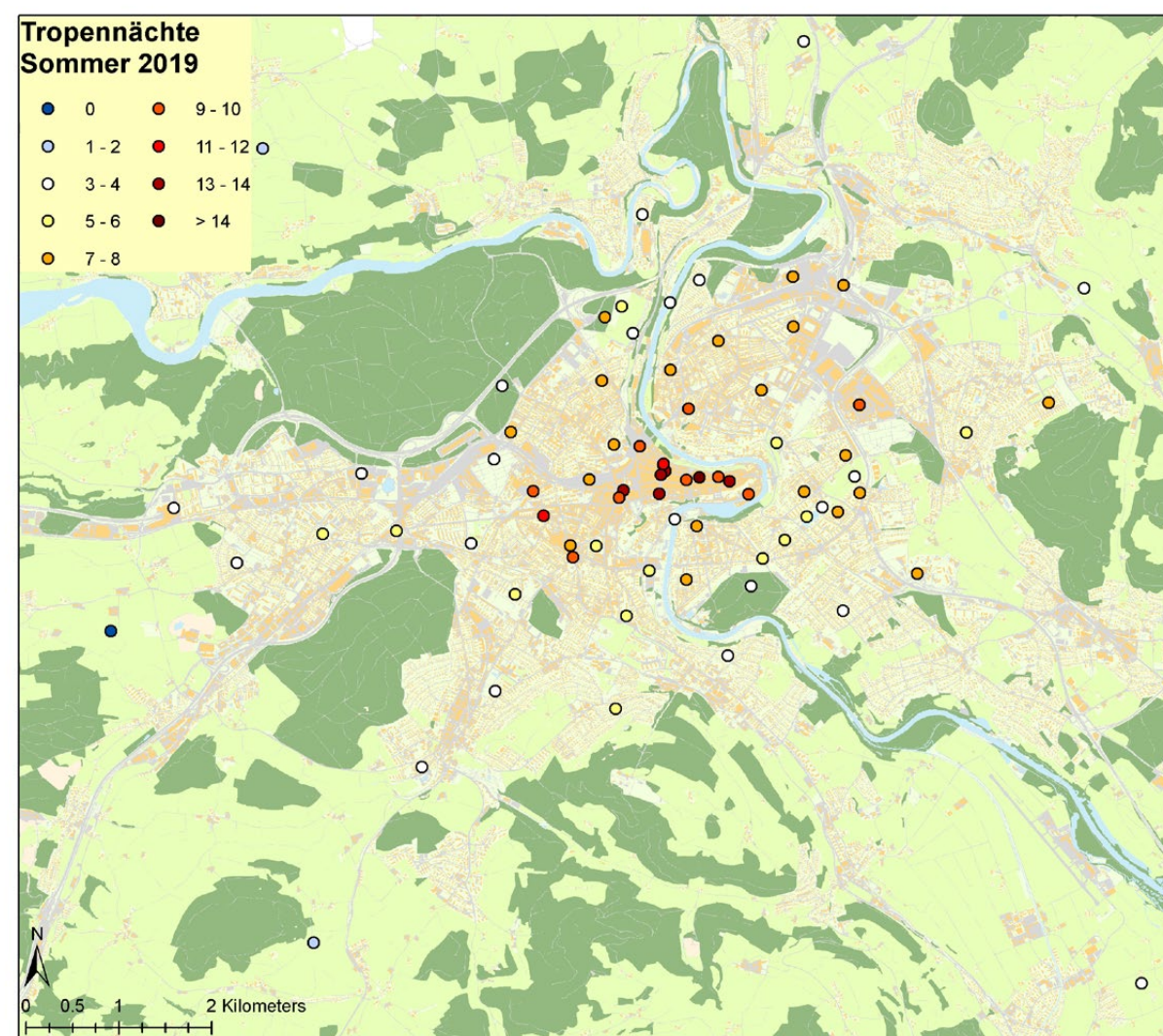


Abb. 3: Registrierte Anzahl Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$ ) pro Messstandort während des Sommers 2019.

### Zukunft der Stadtklimaforschung in Bern

Innerhalb der letzten drei Jahre kam dem Projekt «Urban Climate Bern» dank zahlreicher Hitzewellen, des gesellschaftlichen und medialen Klimadiskurses sowie der zunehmenden Relevanz des Themas für die Stadtplanung viel Aufmerksamkeit und Interesse zuteil. Diesen Schwung möchte die Forschungsgruppe für Klimatologie nutzen, um die stadtklimatologische Forschung am GIUB auch in Zukunft voranzutreiben.

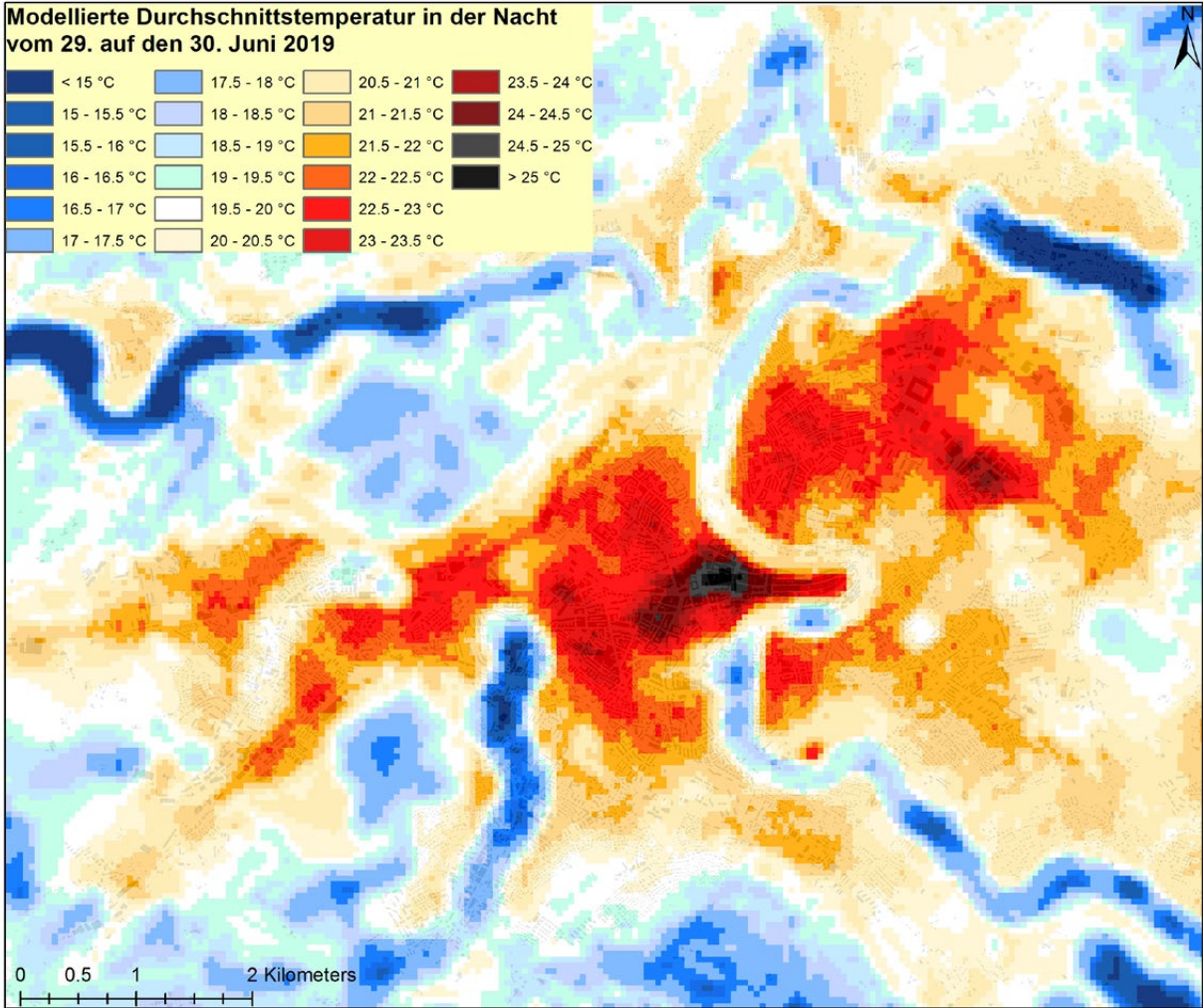
Zum einen steht dabei die Weiterentwicklung der selbstgebauten Low-Cost-Messgeräte im Zentrum, um die Fehlerquellen in den Temperaturdaten sowie den Unterhaltsaufwand für das Messnetz zu minimieren. Das grundlegende Ziel hierbei ist die Bereitstellung von erschwinglichen, unauffälligen und gleichzeitig qualitativ hochstehenden Messinstrumenten, um die stadtklimatische Datengrundlage auch in Städten mit geringeren finanziellen Ressourcen zu verbessern. Dabei werden auch andere Low-Cost-Messansätze wie beispielsweise die Nutzung öffentlich zugänglicher Temperaturdaten von privaten Wetterstationen oder Transektfahrten auf einem mit Temperatursensoren bestückten Fahrrad miteinbezogen und untereinander verglichen.

Die erhobenen Temperaturdaten dienen aber auch der Validierung von lokalspezifischen Stadtklimamodellen, welche im Laufe der letzten Jahrzehnte stetig verbessert und verfeinert wurden. Sollten die Modelle in der Lage sein, die gemessenen Temperaturen im Jetzt-Zustand realitätsgetreu wiederzugeben, so lassen sich damit verschiedene Szenarien zukünftiger Klima- und Stadtentwicklungen simulieren, welche wiederum Aussagen über Kosten und Nutzen von verschiedenen Massnahmen wie z.B. Fassadenbegrünungen, reflektierende Strassenbeläge oder die optimale Ausrichtung von Neubauten zulassen. Im Falle einer Umsetzung von solchen Massnahmen ist es dank langfristigen Temperaturmessungen möglich, ein Monitoring zu ihrem effektiven Nutzen zu treffen, was für unterschiedliche Anspruchsgruppen von grossem Interesse ist.

Weitere offene Fragen aus Sicht der heutigen Stadtklimaforschung richten sich beispielsweise an das lokal- bis mikroklimatische Prozessverständnis von innerstädtischen Kaltluftabflüssen, wodurch an die Erkenntnisse aus dem KLIMUS-Projekt angeknüpft wird. Die Entwicklung und Evaluation methodischer Ansätze zur kostengünstigen Erstellung von räumlich und zeitlich hochaufgelösten Hitzekarten stellen ebenfalls eine zentrale stadtklimatologische



Abb. 4: Mittels Landnutzungsregression interpolierte, absolute Temperaturverteilung [°C] in der Stadt Bern während der Nacht vom 29. auf den 30. Juni 2019.



Zukunftsperspektive dar. Darauf aufbauend können nachfolgend die komplexen Wechselwirkungen zwischen Hitze, Einflussfaktoren und der menschlichen Gesundheit differenziert analysiert werden, indem beispielsweise eine Verbindung zwischen räumlich aggregierten Mortalitäts oder Morbiditätsdaten und der städtischen Hitzebelastung geschaffen wird.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass die stadtklimatologische Forschung am GIUB in den letzten Jahren ein höchst erfolgreiches Revival erlebt hat, welches mit der ab Herbst 2020 anlaufenden Dissertation von M. Burger weiter Bestand haben und ausgebaut wird. Da dabei auch die mittlerweile digitalisierten, «historischen» Messdaten der 1970er-Jahre

wieder Verwendung finden, schliesst sich gewissermassen der Kreis und es entsteht Raum für eine Vielzahl spannender Fragestellungen auf diesem hochrelevanten und zukunftssträchtigen Forschungsgebiet.

Zusammenfassung

Der Berner Stadthitze auf der Spur – Stadtforschung aus klimatologischer Perspektive

Der urbane Raum wird auch aus klimatologischer Perspektive intensiv erforscht. Knapp 50 Jahre nach der Installation des ersten Stadtklima-Messnetzes durch die Gruppe von Prof. Bruno Messerli werden im Rahmen des Projekts «Urban Climate Bern» seit drei Jahren erneut die lokalklimatischen Besonderheiten der Stadt Bern untersucht. Dafür wird, unter Verwendung eines Low-Cost-Ansatzes, ein Temperatur-Messnetz mit 65 bis 85 Messstationen aufgebaut und betrieben. Die ersten Auswertungen zeigen trotz der bescheidenen Grösse der Stadt nächtliche Temperaturdifferenzen von bis zu 10 K. Mit Hilfe eines geostatistischen Modellierungsansatzes wurden in einer Masterarbeit ausserdem interpolierte Hitzekarten erstellt und die Abkühlungs- und Erwärmungseffekte von 14 verschiedenen Einflussfaktoren untersucht. Dabei stellten sich die Nähe zu Wasser, eine hohe Anzahl Bäume sowie die Zufuhr von Kaltluft als wichtigste Faktoren für kühlere Temperaturen heraus. Der Stadtklimatologie soll in Zukunft wieder eine gewichtige Rolle am GIUB zuteil werden – an spannenden Themenfeldern, offenen Fragestellungen und interessierten Nutzer\*innen mangelt es auf alle Fälle nicht.

Résumé

Sur les traces de la chaleur urbaine bernoise – Recherche urbaine d'un point de vue climatologique

L'espace urbain fait également l'objet de recherches intensives d'un point de vue climatologique. Près de 50 ans après l'installation du premier réseau de surveillance du climat urbain par le professeur Bruno Messerli et al. les particularités climatiques locales de la ville de Berne ont été à nouveau étudiées ces trois dernières années dans le cadre du projet «Urban Climate Bern». À cette fin, un réseau de surveillance de la température comprenant 65 à 85 stations de surveillance a été mis en place et exploité grâce à une approche peu coûteuse. Malgré la taille modeste de la ville, les premières évaluations montrent des différences de température nocturnes allant jusqu'à 10 K. En utilisant une régression de l'utilisation des terres, une carte de chaleur interpolée a également été produite dans le cadre d'une thèse de master et les effets de refroidissement et de réchauffement de 14 facteurs d'influence différents ont été étudiés. La proximité de l'eau, un nombre élevé d'arbres et l'apport d'air froid se sont avérés être les facteurs les plus importants pour des températures plus fraîches. À l'avenir, la climatologie urbaine jouera à nouveau un rôle important au sein de GIUB, et ce ne sont pas les sujets passionnants, les questions ouvertes et les utilisateurs intéressés qui manquent.

Referenzen

Köllner P., Gross C., Schäppi B., Füssler J., Lerch J. und Nauser M. (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1706: 148 S.

Mathys H., Maurer, R. und Isenschmid R. (1972): Klimatologisch - lufthygienisches Messnetz (1972 bis 1976) und Relief der Region Bern. Beiträge zum Klima der Region Bern. Beilage zum Beitrag No 1. Geographisches Institut der Universität Bern.

Mathys, H. (1976): Die Temperaturverhältnisse in der Region Bern. Beiträge zum Klima der Region Bern. Beitrag No. 3. Geographisches Institut der Universität Bern.

Mathys H., Maurer R., Messerli B., Wanner H. und Winiger M. (2019): Klima und Lufthygiene im Raum Bern – Resultate des Forschungsprogramms KLIMUS und ihre Anwendung in der Raumplanung. Geographica Bernensia G 12, 55 S., DOI: 10.4480/GB2019.G12. Abrufbar via: <https://boris.unibe.ch/130365/1/>.