



in Kooperation mit



Hitzeaktionsplan

Abgabe im Modul

„Berufliche Praxis“

Sommersemester 2023/Wintersemester 2023/2024

Verfasst von:	Nathalie Dockhorn (2140683)
Eingereicht am:	13.10.2023
Studiengang:	Klimaschutz und Klimaanpassung PI (B.Sc.)
Betreuer (TH Bingen):	Herr Prof. Dr. Oleg Panferov
Betreuer (Praxispartner):	Frau Tanja Marks

Zusammenfassung

Zum Schutz der Einwohner*innen vor den Gefahren für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen und zunehmende thermische Belastung, wurde der Hitzeaktionsplan entwickelt.

Die Entwicklung der klimatischen Situation wurde durch die Auswertung von Messwerten der Wetterstation am Flughafen Köln/Bonn für die Vergangenheit, sowie anhand eines kleinen Klimaprojektionsensembles unter dem Emissionsszenario RCP8.5, für mögliche zukünftige Veränderungen (in Bezug zur Hitzebelastung) untersucht. Alle Auswertungen zeigen eine zunehmende thermische Belastung. Durch Verschneidung der klimatischen Untersuchung mit unter anderem demografischen Daten der Einwohner*innen (Altersstruktur auf Stadtteilebene), wurden Gebiete mit prioritärem Anpassungsbedarf ermittelt. Ein besonders hoher Anpassungsbedarf wurde für den Bereich der Innenstadt, gefolgt von dem südlichen Teil der Nordstadt und Kaldauen festgestellt.

Für eine rechtzeitige Warnung der Bürger*innen vor anstehenden Hitzeereignissen wurde ein Fahrplan zu Implementierung des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes in Teilen der städtischen Informationsstruktur erarbeitet. Zur Sensibilisierung der Bürger*innen für die Gefahren von Hitzeereignissen und als erste Schritte zur Umgestaltung hin zu einer hitzeresilienteren Stadt wurden in einem Maßnahmenkatalog Vorschläge für kurz-, mittel- und langfristige Anpassungsmaßnahmen entwickelt.

Als dynamisches Konzept bedarf der Hitzeaktionsplan einer regelmäßigen Fortschreibung und Evaluierung. Dafür wurde ein Monitoringkonzept bestehend aus einer quantitativen Erfassung der implementierten Anpassungsmaßnahmen, Evaluierung des internen Umsetzungsprozesses und einer Bürger*innenbefragung zur Abschätzung der Wirkung der Maßnahmen erarbeitet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
1. Einleitung	8
1.1. Aufbau des Hitzeaktionsplans	10
2. Analyse der klimatischen Situation	11
2.1. Das Klima der Vergangenheit	11
2.1.1 Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe im Jahresmittel.....	11
2.1.2 Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe im Monatsmittel.....	12
2.1.3. Anzahl der heißen Tage und Sommertage pro Jahr und je Monat	13
2.1.4. Anzahl der Tropennächte pro Jahr und je Monat	16
2.2. Auswertung von Klimaprojektionen	18
2.2.1. Methodik.....	18
2.2.2. Projizierte Veränderungen der Jahresmitteltemperatur	21
2.2.3. Projizierte Veränderungen der heißen Tage pro Jahr	22
2.2.4. Projizierte Veränderungen der Sommertage pro Jahr	23
2.2.5. Projizierte Zunahme der Länge und Häufigkeit von Hitzeperioden.....	24
2.2.6. Projizierte Veränderungen der Tropennächten pro Jahr	26
2.3. Auswertung von Satellitenbildern zur Eruiierung von Hitzehotspots	27
2.4. Exkurs: Klimaatlas des Landes Nordrhein-Westfalen	29
2.5. Zusammenfassung und erste Interpretation	31
3. Analyse der demografischen Situation.....	33
3.1. Definition der vulnerablen Gruppen.....	33
3.2. Methodik der Auswertung und Probleme in der Datengewinnung	33
3.3. Auswertung der Altersstruktur auf Stadtteilebene.....	35
3.4. Auswertung ausgewählter infrastruktureller Einrichtungen	36
3.5. Zusammenfassung	38
4. Definition von besonderen Belastungsgebieten	39
4.1. Methodik	39
4.2. Auswertung.....	40
4.3. Zusammenfassung und ergänzende Anmerkungen zur Auswahl der priorisierten Gebiete	45
5. Informationen zu Funktionsweise und Nutzungsmöglichkeiten des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes	47
5.1. Hintergrundinformationen.....	47
5.2. Warnsystematik und Warnstufen	49

5.3. Möglichkeiten des Empfangs	49
5.4. Kosten	49
6. Implementierung eines Hitzewarnsystems im Stadtgebiet	50
6.1. Grundlage der Hitzewarnungen und Multiplikatoren in der Verwaltung	50
6.2. Ablauf im Falle einer Warnsituation.....	51
7. Maßnahmenkatalog I: Kurz- und mittelfristige Anpassungsmaßnahmen	52
K01: Infoveranstaltungen in Senioreneinrichtungen und sozialen Einrichtungen zum Thema Hitze und Hitzevorsorge.....	52
K02: Einsatz von Vernebelungsanlagen zur Kühlung.....	53
K03: Breite Informationskampagne zum richtigen Umgang mit Hitze	55
K04: Einsatz von Haus-/Kinderärzten als Multiplikatoren, Ausstattung mit Infomaterialien	56
M01: Interaktive Karte mit „coolen“ Spots	57
M02: Schaffung von Sitzmöglichkeiten an kühlen Orten	58
M03: Einrichtung von Refill-Stationen im Stadtgebiet und Ausgabe von Trinkflaschen an Bürger*innen.....	60
M04: Beschaffung von mobilem Grün für den Innenstadtbereich während der Sommermonate	62
M05: Erstellung eines Kataloges von hitzeverträglichen Baum-/Straßengrünarten	64
M06: Erarbeitung einer Strategie um Bürger*innen zur Entsiegelung zu motivieren.....	66
M07: Erarbeitung einer Strategie zur Förderung von mehr Grün im Stadtgebiet	68
M08: Förderung von Sonnensegeln für soziale Einrichtungen	69
M09: Einrichtung eines Buddy-Systems/einer Nachbarschaftshilfe zur Vernetzung der Bürger*innen.....	70
M10: Erweiterung des Angebotes kostenloser Toiletten.....	71
8. Maßnahmenkatalog II: Langfristige Anpassungsmaßnahmen.....	72
L01: Verschattung von Fuß- und Radwegen im Stadtgebiet	72
L02: Erarbeitung einer Strategie zur Umgestaltung zum klimaresilienten Stadtgrün	77
L03: Erarbeitung einer Stadtklimaanalyse und Implementierung in die Bauleitplanung	84
L04: Konzept zur Installation mehrerer Trinkwasserbrunnen im Stadtgebiet	90
L05: Erarbeitung einer Toolbox mit Verschattungsmöglichkeiten und Ausarbeitung eines Aktionsplanes zur Verschattung stark frequentierter öffentlicher Orte	94
L06: Informationsveranstaltung zu baulicher Hitzeanpassung in Wohngebieten für Immobilieneigentümer.....	99
L07: Interaktive Karte für Vorschlägen zu Klimaanpassungsmaßnahmen.....	100
L08: Einrichtung eines „Klima-Weges“ im Stadtgebiet.....	101
L09: Begrünung der Nord-Ost-Fassade des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn	104

L10: Begrünung der Nord-Ost-Fassade des Cineplex-Gebäudes	111
9. Monitoring.....	119
9.1. Das interne Monitoring	119
9.1.1. Die interne Evaluation	119
9.1.2. Die Bürger*innenbefragung	120
9.1.3. Fortschreibung des Hitzeaktionsplans	122
9.2. Zeithorizonte und Ablaufplan.....	122
9.3. Leitfaden zur Auswertung	123
9.3.1. Auswertung der Wetterstationsdaten	123
9.3.2. Bürger*innenbefragung	124
10. Zusammenfassung.....	126
Tabellenverzeichnis	129
Literaturverzeichnis	130
Anhang.....	138
Anhang 1: Ergänzende Materialien zu den Modellauswertungen	138
A.1.1. Modellauswertungen zur Jahresmitteltemperatur	138
A.1.2. Modellauswertungen zur Anzahl der heißen Tage pro Jahr.....	139
A.1.3. Modellauswertungen zur Anzahl der Sommertage pro Jahr	139
A.1.4. Modellauswertungen zur Länge von Wärmeperioden pro Jahr.....	140
A.1.5. Modellauswertungen zur Anzahl von Hitzewellen pro Jahr.....	140
A.1.6. Modellauswertungen zur Anzahl der Tropennächte pro Jahr.....	141
Anhang 2: Übersicht und Bezeichnung der verwendeten Modelldatensätze	142
Anhang 3: Ergänzendes Kartenmaterial zur Eruiierung besonderer Belastungsgebiete.....	145
Anhang 4: Detaillierte Anleitungen zur Auswertung	153
Anhang 4.1: Anleitung zum Download von Messtationen vom OpenData-Server des DWD	153
Anhang 4.2: Anleitung zum Einlesen der Textdatei in Excel	155

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messwerte der Lufttemperatur auf 2m Höhe im Jahresmittel (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn des Deutschen Wetterdienstes.....	12
Abbildung 2: Messwerte der Lufttemperatur auf 2m Höhe während der Monate Juni bis August im Monatsmittel (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn.....	13
Abbildung 3: Jahressumme der heißen Tage und Sommertage pro Jahr (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn.....	14
Abbildung 4: Monatssumme der heißen Tage in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn.....	15
Abbildung 5: Monatssumme der Sommertage in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn.....	15
Abbildung 6: Jahressumme der Tropennächte (1961-2020), gemessen an der Station Köln/Bonn.....	16
Abbildung 7: Monatssumme der Tropennächte in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Station Köln/Bonn	17
Abbildung 8: Vergleich von Messwerten der Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten der Jahresmitteltemperatur ausgewählter Modellrechnungen (1961-2100).....	22
Abbildung 9: Jahressummen der heißen Tage: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100).....	23
Abbildung 10: Jahressummen der Sommertage: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100).....	24
Abbildung 11: Projizierten Anzahl aufeinanderfolgender Hitzetage nach ausgewählten Modellrechnungen für den Zeitraum 1961-2100	25
Abbildung 12: Projizierte Anzahl der Hitzewellen pro Jahr nach ausgewählten Modellrechnungen für den Zeitraum 1961-2100	26
Abbildung 13: Jahressummen der Tropennächte: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100).....	27
Abbildung 14: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet (Satellit: Landsat8)	28
Abbildung 15: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet (Satellit: Aster)	29
Abbildung 16: Klimatoptypen im Stadtgebiet Siegburg (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)	30
Abbildung 17: Klimatische Belastung im Stadtgebiet Siegburg am Tag (15 Uhr) (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)	30
Abbildung 18: Kaltluftvolumenströme und nächtliche Überwärmungssituation im Stadtgebiet (Nachtsituation, 4 Uhr) (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)	31
Abbildung 19: Stadtteile der Kreisstadt Siegburg.....	34
Abbildung 20: Anzahl der Einwohner*innen nach Altersklassen in der Kreisstadt Siegburg (Stand: 31.12.2022).....	35

Abbildung 21: Übersicht der Spielplätze, Senioreneinrichtungen, Grundschulen und Kindertagesstätten im Stadtgebiet.....	37
Abbildung 22: Flächen im Stadtgebiet mit besonderer klimatischer Belastung am Tag und bei Nacht.....	39
Abbildung 23: Flächen mit Waldklima im Stadtgebiet und ihre Erreichbarkeit.....	40
Abbildung 24: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperaturen im Stadtgebiet, Fokus auf den Bereich der Innenstadt (Hitzehotspot im Bereich Wilhelmstr./Industriestr. gelb markiert; geringe Belastung im Bereich des Michaelsberg und Freizeitbad „Oktopus“ grün markiert)	41
Abbildung 25: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf die Nordstadt.....	42
Abbildung 26: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Kaldauen.....	43
Abbildung 27: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Brückberg.....	44
Abbildung 28: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Deichhaus.....	44
Abbildung 29: Belastungsflächen im Stadtgebiet (IST-Situation) und potenzielle Vorsorgebereiche.....	46
Abbildung 30: Informationskaskade im Falle einer Hitzewarnung.....	51
Abbildung 31: Luftbild der potenzielle Verschattungsfläche des Fahrradweges auf der ehem. Aggertalbahntrasse (Quelle: Google Maps).....	72
Abbildung 32: Laubengang in Varenna, Italien.....	73
Abbildung 33: Übersichtskarte pot. Aufstellungsorte für Trinkwasserspender im Innenstadtbereich.....	93
Abbildung 34: Erster Entwurf: Wegführung "Klima-Weg".....	103
Abbildung 35: Nord-Ost-Fassade des Bahnhofsgebäudes, Potenzialfläche für bodengebundene Fassadenbegrünung.....	104
Abbildung 36: Nord-Ost-Fassade des Cineplex-Gebäudes über Busbahnhof, Potenzialfläche für wandgebundene Begrünung.....	111
Abbildung 37: Wandgebundene Fassadenbegrünung (Darstellung: N. Dockhorn).....	112
Abbildung 38: Auswertungsgrundlage zur quantitativen Erfassung der implementierten Anpassungsmaßnahmen.....	120
Abbildung 39: Auswertungsgrundlage zur amtsübergreifenden Zusammenarbeit.....	120
Abbildung 40: Beispielhafte Auswertung der Stationsmesswerte der Wetterstation Köln/Bonn in den Monaten Juni bis August (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, eigene Darstellung)	121
Abbildung 41: Auswertung der hitzerelevanten Kenntage in den Monaten Juni bis August 2023, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, eigene Darstellung).....	122
Abbildung 42: Kreislauf des internen Monitorings.....	123
Abbildung 43: Auszug aus dem Fragenkatalog zur Bürger*innenbefragung.....	125

1. Einleitung

Das Klima verändert sich. Bereits 1895 erkannte Svante Arrhenius, Physiker und Nobelpreisträger für Chemie, die Wirkung des vom Menschen emittierten Kohlendioxid für das Klima – deutete die Erwärmung der Temperaturen damals allerdings noch als positiven Effekt. [1] Heute, über 125 Jahre später, ist klar, dass zunehmende Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre und die daraus resultierenden Veränderungen des Klimas die Menschheit vor eine Herausforderung stellen.

Der *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) fasst regelmäßig den aktuellen Forschungsstand zur Thematik des anthropogenen Klimawandels zusammen und veröffentlicht die Erkenntnisse in umfassenden Sachstandsberichten. Im Beitrag der ersten Arbeitsgruppe zum aktuellen Sachstandsbericht (AR6) bekräftigt der IPCC erneut, dass die menschliche Aktivität die treibende Kraft der beobachteten Erwärmung von Atmosphäre, Ozean und Land ist. [2]

„It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. [...]“ – IPCC (2021) [2]

Anders als vergangene Klimaveränderungen in der Erdgeschichte können die aktuellen Beobachtungen also nicht ausschließlich auf natürliche Faktoren zurückgeführt werden. Treiber der Klimaveränderung sind treibhauswirksame Gase in der Atmosphäre und laut IPCC ist die beobachtete Zunahme dieser seit 1750 unzweifelhaft auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. [3] Im Jahr 2019 hat die Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre mit etwa 410ppm ein Rekordhoch erreicht, wie es in den letzten zwei Millionen Jahren nicht vorlag. [3] Das der Klimawandel durch die Menschheit verursacht wird, soll uns allerdings nicht nur entmutigen, sondern auch Chancen aufzeigen. Unser bisheriger Einfluss auf das Klimasystem stellt uns nun vor Herausforderungen, aber genauso wie die Ursache des Problems können wir die Lösung sein. Zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen und Verminderung der negativen Folgen der Klimaveränderung müssen umfassende Klimaschutzmaßnahmen implementiert und Ressourcen nachhaltiger genutzt werden. Ganz verhindern können wir den Klimawandel allerdings nicht mehr und so werden wir bereits heute mit steigenden Temperaturen, einem steigenden Meeresspiegel, häufigeren und intensiveren Temperaturextremen und Extremwetterereignissen konfrontiert. [4] Um uns vor den negativen Auswirkungen der bereits beobachteten und potenziell möglichen Klimaveränderungen zu schützen und gleichzeitig den Fortgang

des Klimawandels mildernd zu beeinflussen, müssen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen Hand in Hand gehen und sind untrennbar voneinander.

Die Folgen der Klimaveränderung sind komplex. Während einige Phänomene mit einmaligem Auftreten massive Schäden anrichten können, sind andere Folgen schleichend und belasten über längere Zeit. Die steigenden Temperaturen und zunehmenden Temperaturextreme sind vor allem für die menschliche Gesundheit bedrohlich. Der Körper kann sich grundsätzlich gut an Hitze anpassen. Das thermoregulatorische System reagiert bei Wärme mit Schwitzen, um den Körper über die Verdunstungskälte abzukühlen und durch eine stärkere Durchblutung soll möglichst viel Wärme über die Haut abgegeben werden. [5] Längere oder intensivere Hitzebelastungen können allerdings nicht mehr vollständig durch den natürlichen Regulationsmechanismus ausgeglichen werden und es können hitzebedingte Erkrankungen auftreten. Diese Erkrankungen sind nicht zu unterschätzen und variieren in ihrer Schwere. Das Spektrum reicht von einer mildereren Form wie der Hitzeerschöpfung bis hin zum Hitzschlag welcher, sofern keine geeigneten Behandlungen ergriffen werden, innerhalb von 24 Stunden zum Tode führen kann. [6]

Weltweit führen extreme Hitzeereignisse zu einer zunehmenden Sterblichkeit und Krankheitsfällen. [3] Eine vor kurzem veröffentlichte Studie von *Bellester et. al (2023)* hat die hitzebedingte Sterblichkeit in Europa im Sommer 2022 untersucht und eruiert, dass allein im Untersuchungszeitraum von Ende Mai bis Anfang September 2022 fast 62.000 Menschen in Europa ihr Leben durch Hitzeextreme verloren haben. Der Studie folgend entfallen etwa 8.000 dieser Sterbefälle auf Deutschland, womit hier die drittmeisten hitzebedingten Tode in Europa verzeichnet werden. [7] Eine ähnliche Studie wurde vergangenes Jahr vom Robert-Koch-Institut durchgeführt. Das RKI untersuchte die hitzebedingte Mortalität in Deutschland im Jahr 2022 und kam mit etwa 4.500 Sterbefällen im Untersuchungszeitraum Anfang April bis Ende August zu etwas geringeren Zahlen. [8] Unabhängig von den Abweichungen zeigen beide Studien eindrücklich, mit welcher schwerwiegenden Bedrohung wir durch die steigende Hitzebelastung konfrontiert sind. Es ist unbedingt notwendig sich jetzt mit den Folgen der Klimaveränderung auseinanderzusetzen und Konzepte zu erarbeiten, wie damit umgegangen werden kann.

Dieser Hitzeaktionsplan soll die Kreisstadt Siegburg als nützliches Werkzeug auf dem Weg zur Anpassung an die steigenden Temperaturen und Hitzebelastung begleiten und in der Umgestaltung zu einer klimaangepassten Stadt unterstützen. Mit dem Ziel der Sensibilisierung der Bürger*innen für die möglichen Auswirkungen der Hitzebelastung auf die Gesundheit und dem Schutz jener vor den schädlichen Folgen von Hitzeereignissen, soll die Hitzeresilienz der Bürger*innen erhöht werden. Durch Entwürfe für langfristige, städtebauliche Anpassungsmaßnahmen soll der Weg zur hitzeresilienten Stadt geebnet und die Lebensqualität im Stadtgebiet erhalten werden.

1.1. Aufbau des Hitzeaktionsplans

Der Hitzeaktionsplan der Kreisstadt Siegburg besteht grundsätzlich aus vier Komponenten. Grundstein des Aktionsplans bildet eine Vulnerabilitätsanalyse, in der die klimatische Situation und mögliche Entwicklungen (in Bezug zur Hitzebelastung) im Stadtgebiet untersucht und mit Daten zur Altersstruktur der Bürger*innen verschnitten wird, um besondere Belastungsgebiete zu eruieren (Kapitel 2 bis 4). In den Kapiteln 5 und 6 wird die Funktionsweise des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes näher erläutert und eine Informationskaskade entwickelt, wie dieses Warnsystem in die städtische Informationsstruktur implementiert werden kann, um Bürger*innen rechtzeitig vor anstehenden Hitzeereignissen zu warnen. Mögliche Anpassungsmaßnahmen zur Verringerung der Vulnerabilität der Bürger*innen und Erhöhung der Hitzeresilienz im Stadtgebiet werden im Maßnahmenkatalog in den Kapiteln 7 (kurz- und mittelfristige Maßnahmen) und 8 (langfristige Maßnahmen) aufgezeigt. Zur Fortschreibung des Hitzeaktionsplans und jährlichen Evaluation der umgesetzten Maßnahmen wird in Kapitel 9 ein Monitoringkonzept entwickelt. Inhaltlich abgeschlossen wird der Hitzeaktionsplan mit einer Zusammenfassung in Kapitel 10.

2. Analyse der klimatischen Situation

2.1. Das Klima der Vergangenheit

Zur Analyse der bisherigen Klimaentwicklung in der Region um Siegburg wurden die Daten der Wetterstation Köln/Bonn (Stations-ID: 2667) des Deutschen Wetterdienstes ausgewertet. Es liegen Messdaten ab dem 01.09.1957 vor. Die Station liegt etwa acht Kilometer vom Siegburger Stadtgebiet entfernt am Flughafen Köln/Bonn. Neben der räumlichen Distanz beschreibt die Station zudem Messwerte für das Umland, ein vorhandenes Stadtklima lässt sich aus den Daten nicht ablesen. Die Messwerte sind daher nicht als absolut repräsentativ für das Stadtgebiet anzusehen, liefern aber einen soliden ersten Eindruck der bisherigen klimatischen Entwicklungen. Untersucht wurden Messdaten vom 01.01.1961 bis einschließlich 31.12.2020, sodass zwei vollständige Klimaperioden (1961-1990 und 1991-2020) abgebildet werden konnten. Schwerpunkt der Analyse waren hitzerelevante Kennwerte wie die Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe und die Anzahl heißer Tage, Sommertage und Tropennächte pro Jahr. Nach dem DWD werden die Kennwerte wie folgt definiert:

Tabelle 1: Untersuchte Klimakennwerte und ihre Definition nach DWD

Kennwert	Definition nach DWD
Heißer Tag	Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur größer oder gleich 30°C ist. [9]
Sommertag	Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur größer oder gleich 25°C ist. [10]
Tropennacht	Nacht, in der das Minimum der Lufttemperatur größer oder gleich 20°C ist. [11]

2.1.1 Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe im Jahresmittel

Die Stationsmesswerte der Lufttemperatur wurden als Monatsmittelwerte über das Climate-Data-Center des DWD [12] bezogen und in Jahresmittelwerte konvertiert. Die Daten zeigen über den abgebildeten Zeitraum von 1961 bis 2020 einen steigenden Trend (Abbildung 1). Lag die mittlere Jahreslufttemperatur in der Klimaperiode 1961-1990 noch bei 9.74°C, liegt diese in der Folgeperiode (1991-2020) bereits bei 10.71°C. Zwischen den Periodenmittelwerten liegt eine Differenz von 0.97°C – das ist bemerkenswert, da im Durchschnitt der lineare Erwärmungstrend in Nordrhein-Westfalen bei +1,7°C für den Zeitraum 1881-2021 liegt. [13] Legt man diesen Durchschnittswert auch für die Region um die Kreisstadt Siegburg zugrunde, so entfallen über 50% der seit 1881 beobachteten Erwärmung auf die letzten zwei Klimaperioden - ein Hinweis darauf, dass sich der vorhandene Erwärmungstrend intensiviert.

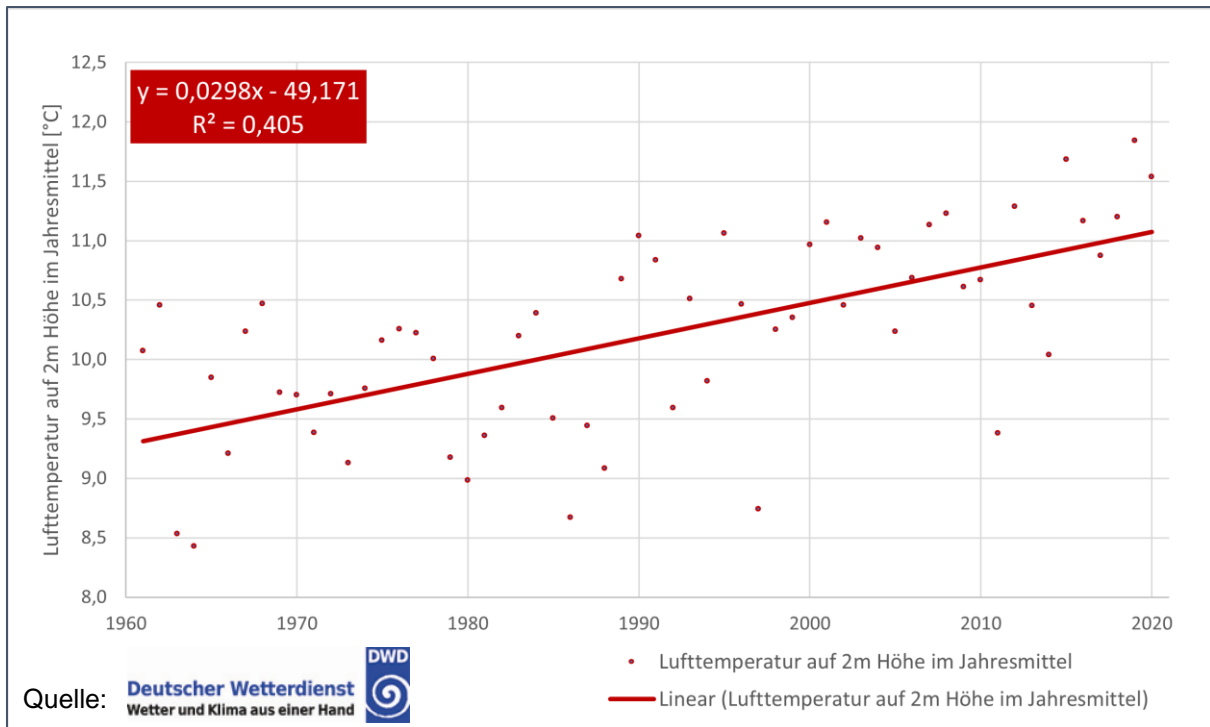


Abbildung 1: Messwerte der Lufttemperatur auf 2m Höhe im Jahresmittel (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn des Deutschen Wetterdienstes

2.1.2 Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe im Monatsmittel

Für die wärmeintensivsten Monate Juni bis August wurde zusätzlich die Veränderung der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe im Monatsmittel für den Zeitraum 1961-2020 ausgewertet (Abbildung 2). Alle Monate weisen einen steigenden Trend über die Zeitreihe auf. Die Veränderung zwischen den Periodenmittelwerten sind alle statistisch signifikant (T.Test). Besonders hervorzuheben sind die Monate Juli und August. Beide weisen die höchste Differenz zwischen den Periodenmittelwerten mit +1,0°C auf.

Tabelle 2: Vergleich der Periodenmittelwerte der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn (*p<0,05; **p<0,01)

Monat	Periodenmittelwert (1961 – 1990)	Periodenmittelwert (1991-2020)	Differenz
Juni	16,4°C	17,1°C	+0,7°C*
Juli	18,0°C	19,0°C	+1,0°C*
August	17,5°C	18,5°C	+1,0°C**

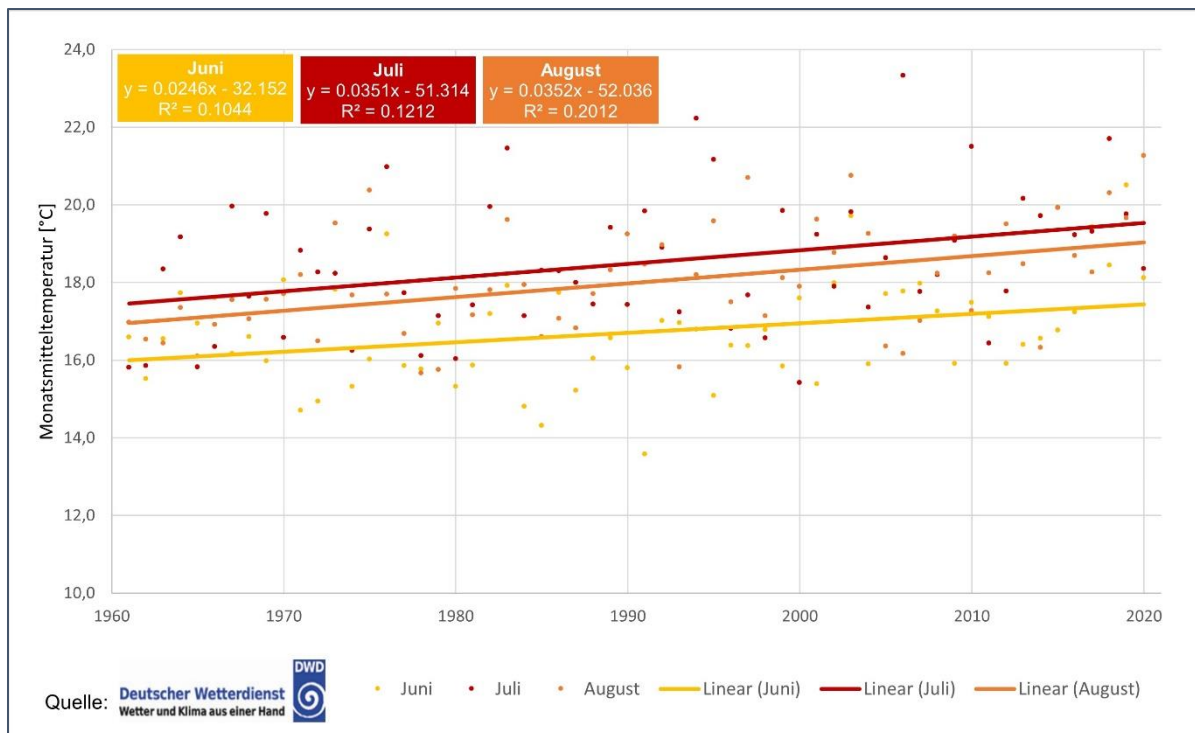


Abbildung 2: Messwerte der Lufttemperatur auf 2m Höhe während der Monate Juni bis August im Monatsmittel (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn

2.1.3. Anzahl der heißen Tage und Sommertage pro Jahr und je Monat

Mit steigenden Lufttemperaturen nimmt analog auch die Zahl der Sommertage und heißen Tage zu. Zur Auswertung wurden Messdaten der täglichen maximale Lufttemperatur auf zwei Metern Höhe herangezogen. Die Messwerte der Wetterstation zeigen zunehmende Trends über die gesamte Zeitreihe für beide Kennwerte (Abbildung 3). Lag die Anzahl der heißen Tage pro Jahr in der Klimaperiode 1961-1990 noch bei etwa 6,7 Tagen, liegt der Jahresdurchschnitt in der Folgeperiode (1991-2020) bei 11,2 Tagen. Deutlicher zeigt sich die Zunahme bei den Sommertagen. Gab es in der ersten Klimaperiode (1961-1990) noch durchschnittlich 34 Sommertage pro Jahr, liegt die durchschnittliche Anzahl pro Jahr in der Folgeperiode bei etwa 46,8 Tagen. Die Veränderung beider Kennwerte wurde auf ihre Signifikanz geprüft (T-Test, Signifikanzniveau: fünf Prozent), diese ist in beiden Fällen gegeben.

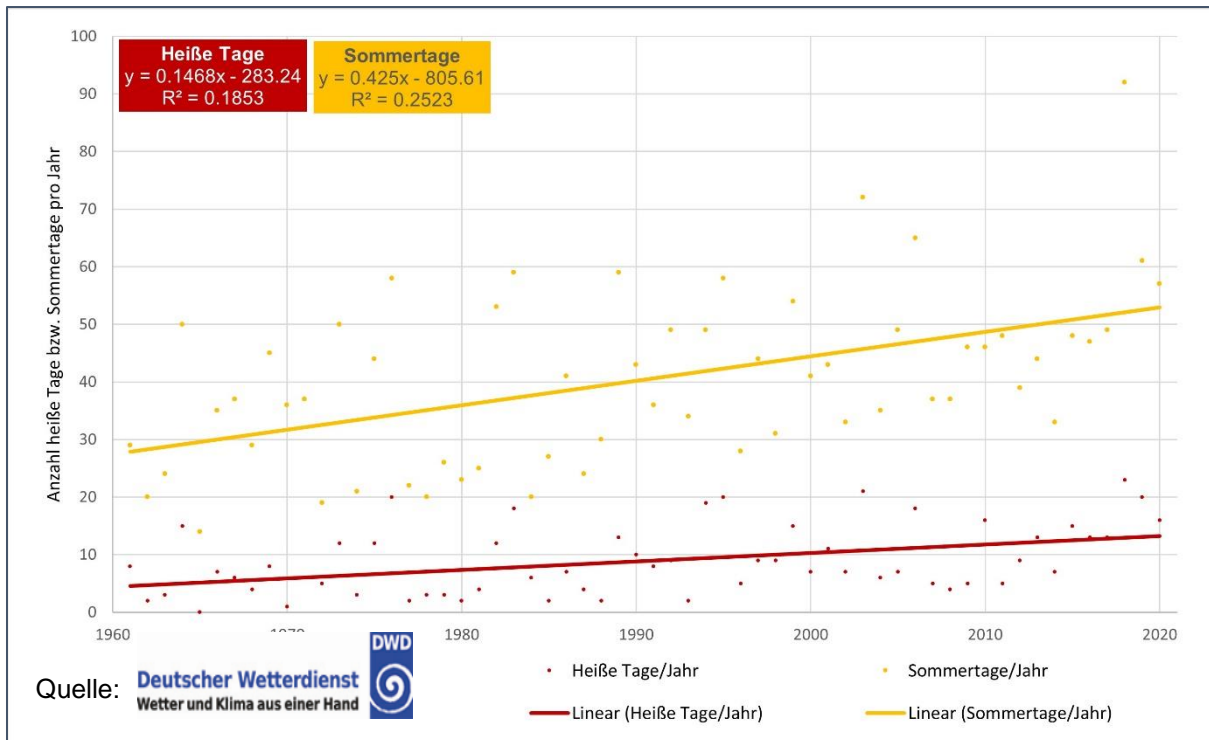


Abbildung 3: Jahressumme der heißen Tage und Sommertage pro Jahr (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn

Analog zum Vorgehen bei der Lufttemperatur wurden auch hier die Veränderungen in den Monaten Juni bis August differenziert betrachtet (Abbildung 4, Abbildung 5). In allen Monaten wird ein zunehmender Trend für beide Kennwerte beobachtet, die Veränderungen sind allerdings nur im August (Kennwert: heiße Tage) bzw. Juli und August (Kennwert: Sommertage) signifikant. Hier liegen jeweils die größten Zunahmen von +1,7 Tage (August, heiße Tage) und +4,2 Tage (Juli, Sommertage) bzw. +3,0 Tage (August, Sommertage).

Tabelle 3: Vergleich der Periodenmittelwerte der heißen Tage bzw. Sommertage je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn (* p < 0,05)

Anzahl der heißen Tage je Monat	Monat	Periodenmittelwert (1961 – 1990)	Periodenmittelwert (1991-2020)	Differenz
	Juni	1,2	1,9	+0,7
	Juli	2,9	4,4	+1,6
	August	2,1	3,8	+1,7*
Anzahl der Sommertage je Monat	Monat	Periodenmittelwert (1961 – 1990)	Periodenmittelwert (1991-2020)	Differenz
	Juni	7,3	8,9	+1,6
	Juli	10,4	14,6	+4,2*
	August	9,7	12,7	+3,0*

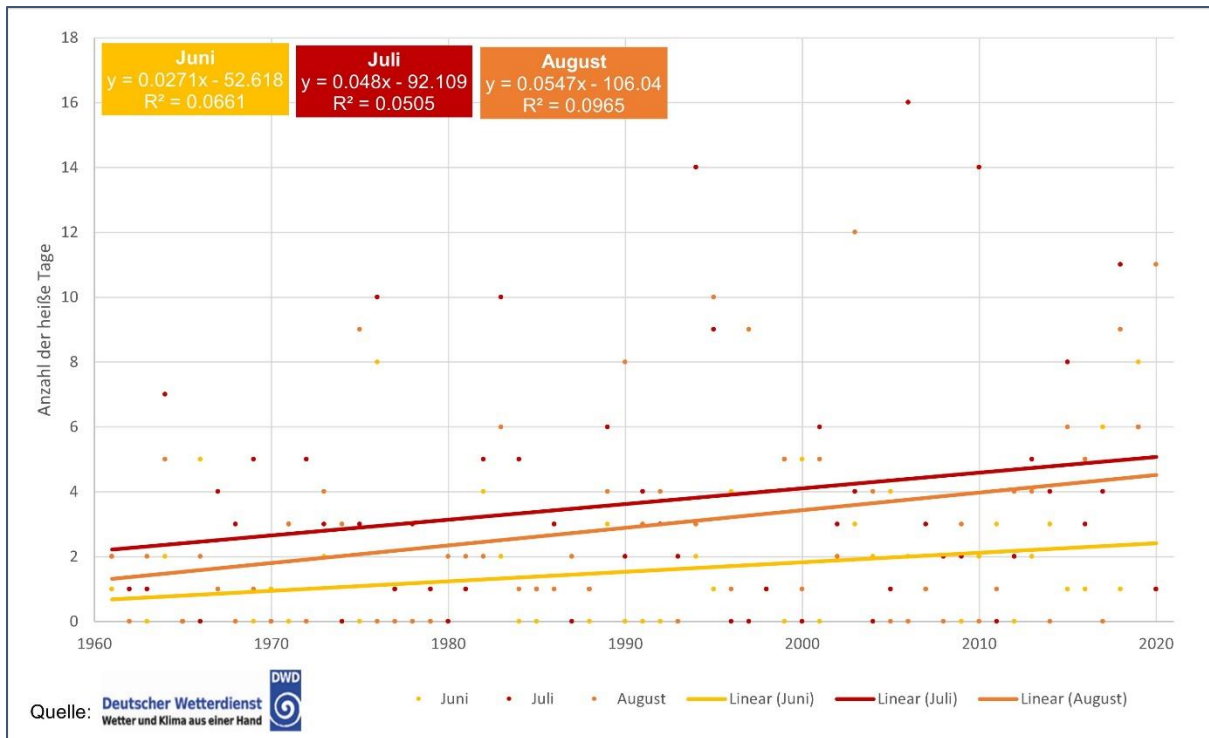


Abbildung 4: Monatssumme der heißen Tage in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn

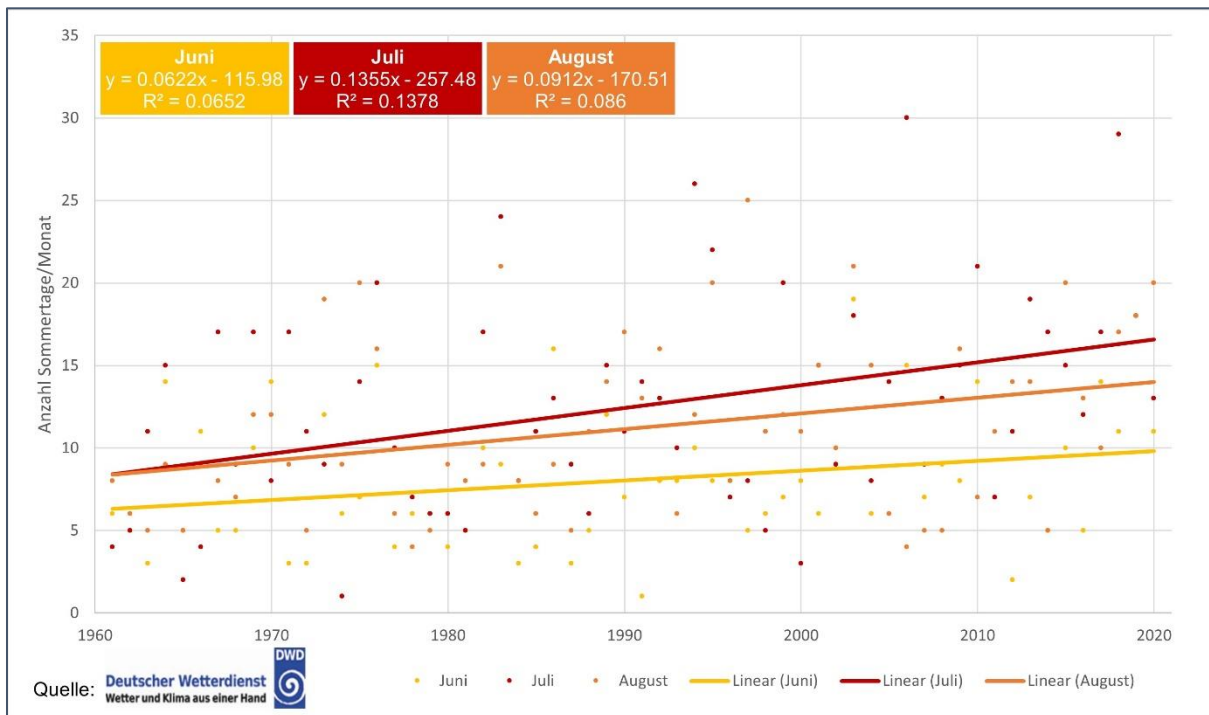


Abbildung 5: Monatssumme der Sommertage in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn

2.1.4. Anzahl der Tropennächte pro Jahr und je Monat

Neben hohen Temperaturen am Tag ist vor allem eine ausbleibende Abkühlung der Luft in der Nacht ein großes Problem und trägt maßgeblich zur Hitzebelastung bei. Die wichtige Erholung des menschlichen Körpers von der Hitzebelastung am Tag bleibt aus und verlängert den Belastungszeitraum. Besonders Siedlungsbereiche mit dichter Bebauung sind betroffen. Diese Bereiche weisen häufig wenig Vegetation auf, welche die Luft über Transpiration kühlen könnte, und kennzeichnen sich durch hohe Versiegelungsgrade. Bausubstanzen weisen höhere Wärmespeicherkapazitäten auf und geben die über den Tag akkumulierte Wärmeenergie in den Nachtstunden verzögert an die Umgebung ab, wodurch eine Abkühlung der Luft im Siedlungsbereich verhindert wird. Außerdem können ungünstig positionierte Gebäude die Luftzirkulation innerhalb der Siedlung und den Luftaustausch mit dem kühleren Umland behindern und so die Abkühlung der Luft in den Siedlungsbereichen zusätzlich vermindern. Alle Faktoren tragen zur Entwicklung einer „städtischen Wärmeinsel“ bei, welche sich durch die Temperaturdifferenzen zum kühleren Umland auszeichnet. [14] [15]

Als Datengrundlage zur Untersuchung der Entwicklung der Tropennächte wurden tägliche Messungen der Minima der Lufttemperatur auf zwei Metern Höhe herangezogen und in Jahres- bzw. Monatssummen konvertiert (Abbildung 6). Auch an dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die ausgewertete Wetterstation das Klima des Umlandes beschreibt. Es kann angenommen werden, dass die Wärmebelastung im Kerngebiet der Stadt höher ist und gegebenenfalls eine leicht höhere Anzahl an Tropennächten pro Jahr aufweisen könnte.

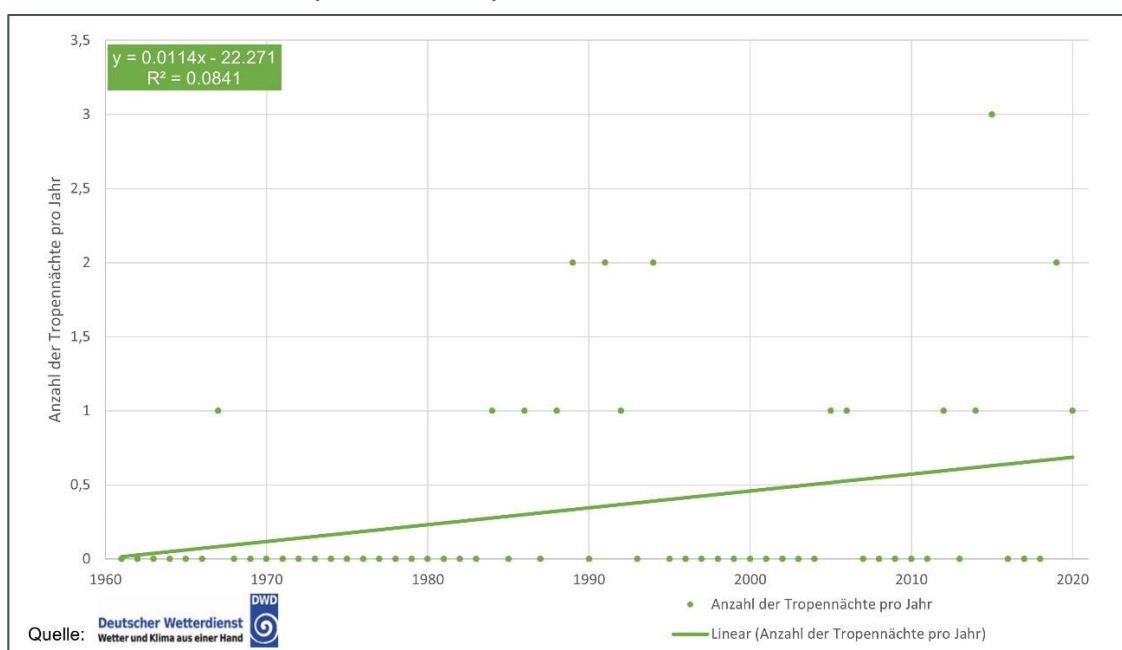


Abbildung 6: Jahressumme der Tropennächte (1961-2020), gemessen an der Station Köln/Bonn

Die Messdaten der Station Köln/Bonn zeigen einen zunehmenden Trend für die Anzahl der Tropennächte pro Jahr, dieser ist allerdings nicht signifikant (T-Test, Signifikanzniveau: fünf Prozent). Im Mittel gab es in der ersten Betrachtungsperiode (1961-1990) 0,2 und in der Folgeperiode (1991-2020) 0,5 Tropennächte pro Jahr. Ähnlich sieht es in der Analyse der monatlichen Entwicklungen aus (Abbildung 7). Die durchschnittliche Zunahme an Tropennächten liegt für die Monate Juni, Juli und August bei +0,1 Nächten je Monat (1991-2020, relativ zu 1961-1990).

Tabelle 4: Vergleich der Periodenmittelwerte der Tropennächte je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn

Anzahl der Tropennächte je Monat	Monat	Periodenmittelwert (1961 – 1990)	Periodenmittelwert (1991-2020)	Differenz
	Juni	0	0,1	+0,1
	Juli	0,2	0,3	+0,1
	August	0	0,1	+0,1

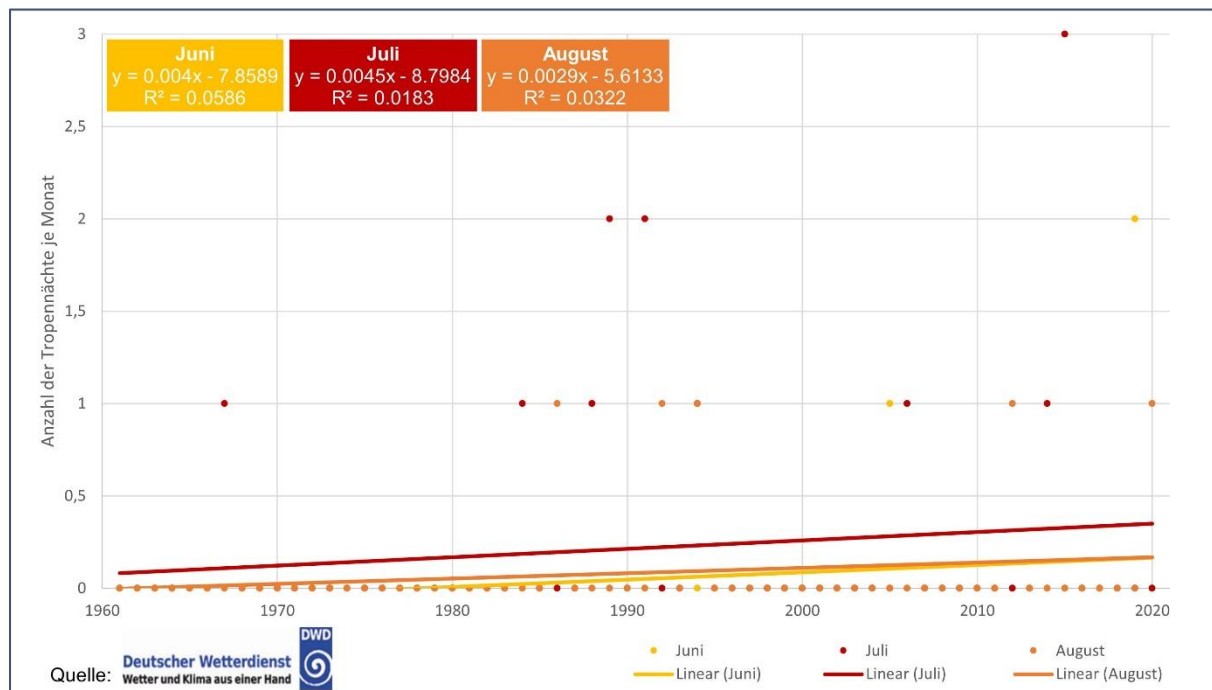


Abbildung 7: Monatssumme der Tropennächte in den Monaten Juni bis August (1961-2020), gemessen an der Station Köln/Bonn

2.2. Auswertung von Klimaprojektionen

Die Messdaten der Wetterstationen geben eine gute Übersicht über bisherige Klimaveränderungen und lassen Trends in der Entwicklung erahnen. Um allerdings sinnvolle Klimaanpassungsmaßnahmen zu entwickeln, müssen zukünftige, potenzielle Klimaänderungen projiziert werden. Dazu werden zunächst Annahmen über zukünftige globale Entwicklungen getroffen (Bevölkerungswachstum, Ressourcenverbrauch etc.) und daraus die Emissionsrate von treibhauswirksamen Gasen und ihre Konzentration in der Atmosphäre abgeleitet. Diese so entwickelten Emissionsszenarien dienen als Eingangsdaten für die Klimamodelle, welche daraus potenzielle Veränderungen des Klimas (Klimaprojektionen) berechnen. Um die Projektionen belastbarer zu gestalten, werden mehrere Klimamodelle herangezogen und das ausgegebene Projektionsensemble ausgewertet. Wichtig ist immer zu beachten, dass Klimaprojektionen keine absolute Eintrittsgarantie mit sich bringen. Sie liefern lediglich plausible Annahmen über zukünftige Entwicklungen des Klimas, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten *könnten*.

2.2.1. Methodik

Um mögliche Klimaveränderungen im Gebiet der Kreisstadt Siegburg zu projizieren, wurde ein kleines Modellensemble gebildet. Untersucht wurden zwei dynamische regionale Klimamodelle, die jeweils mit Antriebsdaten aus zwei verschiedenen Globalmodellen angetrieben wurden. Folgende Modelle bzw. Modellkombinationen wurden ausgewertet:

Tabelle 5: Zur Auswertung genutzte globale und regionale Klimamodelle [16]

Globales Modell	Lauf	Regionales Modell	Version	Abkürzung	Datenquelle
European Center – Earth System Model (kurz: EC-Earth)	12	Consortium for Small-scale Modeling (COSMO) Regional Climate Model (COSMOCLM) (kurz: CCLM)	1	EC-Earth_CCLM	[17]
		Dynamisches Regional-Modell, entwickelt vom MPI für Meteorologie in Hamburg, aktuell weiterentwickelt von GERICS, Version: 2015 (kurz: REMO)	1	EC-Earth_REMO	[18]

Canadian Earth System Model (kurz: CanESM2)	1	Consortium for Small-scale Modeling (COSMO) Regional Climate Model (COSMOCLM) (kurz: CCLM)	1	CanESM2_CCLM	[19]
		Dynamisches Regional-Modell, entwickelt vom MPI für Meteorologie in Hamburg, aktuell weiterentwickelt von GERICS, Version: 2015 (kurz: REMO)	1	CanESM2_REMO	[18]

Der Großteil der genutzten Daten wurde in dem Projekt „Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland“ (kurz: ReKliEs) berechnet. [18] [19] Lediglich Daten aus der Kombination von Globalmodell „EC-Earth“ und Regionalmodell „CCLM“ wurden nicht im Projekt ReKliEs-De erzeugt. Diese wurden im Rahmen der EURO-CORDEX-Initiative (Coordinated Downscaling Experiment – European Domain) berechnet und bereitgestellt. [20] Die räumliche Auflösung der Gitterzellen beträgt $0,11^\circ$, was etwa 12km entspricht. Sämtliche Modelldaten wurden vom Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) über das World Data Center for Climate (WDCC) bezogen. [21]

Da das Globalmodell einen maßgeblichen Einfluss auf die Regionalmodelle hat, sollten Modelle mit wärmeren und kühleren Antriebsdaten genutzt werden, um eine gewisse Spannbreite an möglichen Temperaturveränderungen abbilden zu können. Der Ergebnisbericht des ReKliEs-Projekts beschreibt das Modell CanESM2 als ein wärmeres, EC-Earth als ein kühleres Antriebsmodell. [22]

Die ausgewerteten Klimamodelle arbeiten mit einem rotierten Koordinatensystem, bei welchem der Nordpol auf die Koordinaten $39,25^\circ$ geografische Breite und -162° geografische Länge verschoben wird. Um das Gebiet der Kreisstadt Siegburg aus den Modelldaten auszuschneiden, müssen die realen Koordinaten in rotierte Koordinaten umgewandelt werden. Zur Umwandlung der Koordinaten wurde der Rechner der Firma AgriMetSof genutzt. [23] Die anschließende Bearbeitung der Klimadaten wurde mit dem Programm Climate Data Operator (kurz: CDO) durchgeführt. [24]

Folgende Koordinaten wurden zum Extrahieren des Stadtgebietes verwendet:

Tabelle 6: Verwendete Koordinaten bzw. Gridcell-Index zum Extrahieren des Kreisstadtgebietes aus den Modelldaten

	Reale Koordinaten (lat / lon)	Rotierte Koordinaten (rlat / rlon)	Modell	Gridcell-Index
Norden	50.8279 / 7.2841	0.5666 / -6.7452	0.6049999999999999	219
Osten	50.8208 / 7.3103	0.5571 / -6.7299	- 6.705	198
Süden	50.7797 / 7.2189	0.5248 / -6.7930	0.4949999999999999	197
Westen	50.8006 / 7.1746	0.5496 / -6.8177	- 6.815	218

Die Modelle decken den Zeitraum von 1950-2100 ab, wobei der Untersuchungszeitraum für diese Auswertung auf 1961-2100 verkürzt wurde. Jeder Betrachtungszeitraum umfasst Daten zur Simulation des Klimas des 20. Jahrhunderts (1950-2005) und Daten des Emissionsszenarios „RCP8.5“ (2006-2100). RCP steht für „*Representative Concentration Pathways*“ und beschreibt die absolute Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre bzw. den daraus resultierenden zusätzlichen Strahlungsantrieb. Das RCP8.5 ist das „Worst Case“- oder „Weiter-wie-bisher“-Szenario und geht von einer Konzentration der CO₂-Äquivalente über 1.370ppm im Jahr 2100 aus. [25] Das Szenario beschreibt eine globale Entwicklung, in der wenige Maßnahmen zum Klimaschutz ergriffen werden und die Energieversorgung vor allem auf fossilen Energieträgern beruht. In der Politik gibt es Bestrebungen den Klimaschutz voranzutreiben und die Bedeutung fossiler Energieträger in der Energieversorgung zu mindern. Es ist nicht gegeben, dass das gewählte Szenario tatsächlich eintreten muss. Dennoch wurde es hier zur Auswertung herangezogen, denn die geplanten Anpassungsmaßnahmen, sollen auch bei Eintreten des „Worst Case“ sinnvoll und wirksam sein. Daneben soll der noch folgende Maßnahmenkatalog zu großen Teilen aus „no regret“ und „low regret“-Maßnahmen bestehen, also Maßnahmen, die unabhängig vom Eintritt des „Worst Case“ eine sinnvolle Investition sind.

Ausgewertet wurde die projizierte Entwicklung der Jahresmitteltemperatur, die Anzahl der heißen Tage, Sommertage und Tropennächte pro Jahr und die Anzahl und Länge von Hitzeperioden. Da die Anpassungsmaßnahmen sowohl der aktuellen Hitzesituation gerecht werden, als auch langfristig sinnvoll und wirksam sein sollen, wurden jeweils Modelldaten für die Periode der „nahen Zukunft“ (2021-2050) und „fernen Zukunft“ (2071-2100) ausgewertet. Der Empfehlung der World Meteorological

Organisation (WMO) folgend, wurde als Referenzperiode für die Untersuchung langfristiger Klimaentwicklungen der Zeitraum 1961-1990 angesetzt. [26]

2.2.2. Projizierte Veränderungen der Jahresmitteltemperatur

Die Daten zur Auswertung der Jahresmitteltemperatur wurden als Monatsmittelwerte bezogen, in Jahresmittelwerte konvertiert und grafisch gegeneinander aufgetragen. Zudem wurden die Messdaten der DWD-Wetterstation Köln/Bonn in die Grafik mit eingebracht, um zu überprüfen, wie sich die Modelldaten zu den Messdaten verhalten (Abbildung 8). Für die Modelldaten wurde der lineare Trend über den Zeitraum von 1961-2100 ermittelt. Der lineare Trend der Stationsdatenreihe wurde auf Grundlage der Daten von 1961-2020 ermittelt und bis in das Jahr 2100 extrapoliert. Wie erwartet liegen die Datensätze der Regionalmodelle, die mit Antriebsdaten des Globalmodells CanESM2 generiert wurden, über denen, die mit Antriebsdaten des EC-Earth-Modells gespeist wurden. Letztere unterschätzen die Jahresmitteltemperaturen über den gesamten Messzeitraum (1961-2020). Die Modelldaten der Regionalmodelle mit Antriebsdaten aus CanESM2 bilden die Messdaten hingegen gut ab. Alle Datensätze zeigen einen zunehmenden Trend und projizieren Jahresmitteltemperaturen für die nahe Zukunft (2021-2050) zwischen 9,5°C (EC-Earth_CCLM) bis 12,0°C (CanESM2_CCLM). Für die Klimaperiode gegen Ende des Jahrhunderts (2071-2100) werden Jahresmitteltemperaturen zwischen 11,7°C (EC-Earth_CCLM) bis 14,8°C (CanESM2_CCLM) projiziert. Das Modell CanESM2_REMO, welches die Messwerte am besten annähert, projiziert eine Jahresmitteltemperatur von 11,7°C für die Periode 2021-2050 und 14,1°C für die Periode 2071-2100. Alle Modelle zeigen für beide Betrachtungsperioden statistisch signifikante Zunahmen (Referenzperiode: 1961-1990, Anhang 1, Tabelle A1.1.1).

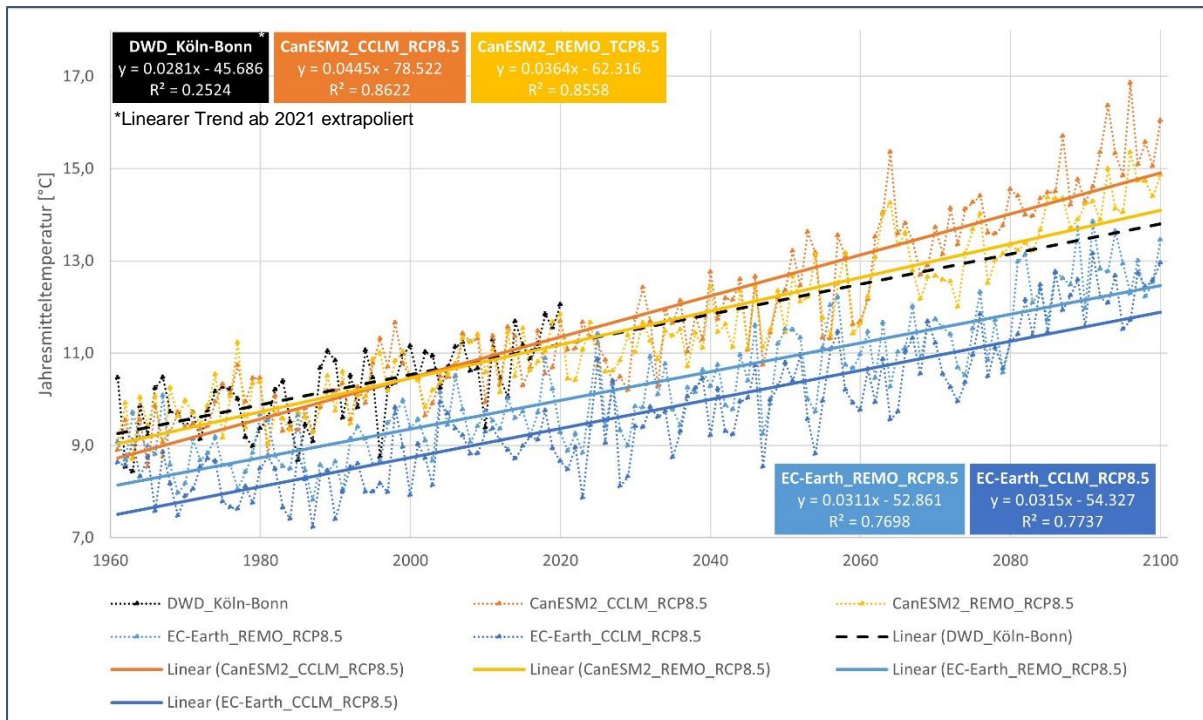


Abbildung 8: Vergleich von Messwerten der Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten der Jahresmitteltemperatur ausgewählter Modellrechnungen (1961-2100)

2.2.3. Projizierte Veränderungen der heißen Tage pro Jahr

Die Daten zur Auswertung der heißen Tage pro Jahr wurden als Werte der täglichen Maximaltemperatur bezogen. Es wurde geprüft, wie viele Tage im Jahr eine Maximaltemperatur größer oder gleich 30°C aufweisen und die Anzahl dieser Tage über jedes Jahr aufsummiert. Für jede Datenreihe wurde der lineare Trend analog zum Vorgehen bei der Auswertung der Jahresmitteltemperatur bestimmt und die Daten grafisch gegeneinander aufgetragen (Abbildung 9). Die Modelle geben Werte für die Anzahl von heißen Tagen pro Jahr in der Klimaperiode der nahen Zukunft (2021-2050) zwischen 2,9 (EC-Earth_CCLM) bis 15,5 Tagen pro Jahr (CanESM2_CCLM) aus. Für das Ende des Jahrhunderts (2071-2100) werden 12,1 (EC-Earth_REMO) bis 55,9 (CanESM2_CCLM) heiße Tage pro Jahr projiziert. Alle Modelle zeigen statistisch signifikante Zunahmen für die Periode 2071-2100 (in Referenz zur Periode 1961-1990). Für die Periode der nahen Zukunft weisen nur die Modellkombinationen mit CCLM als Regionalmodell statistisch signifikante Veränderungen auf. (Anhang 1, Tabelle A1.1.2)

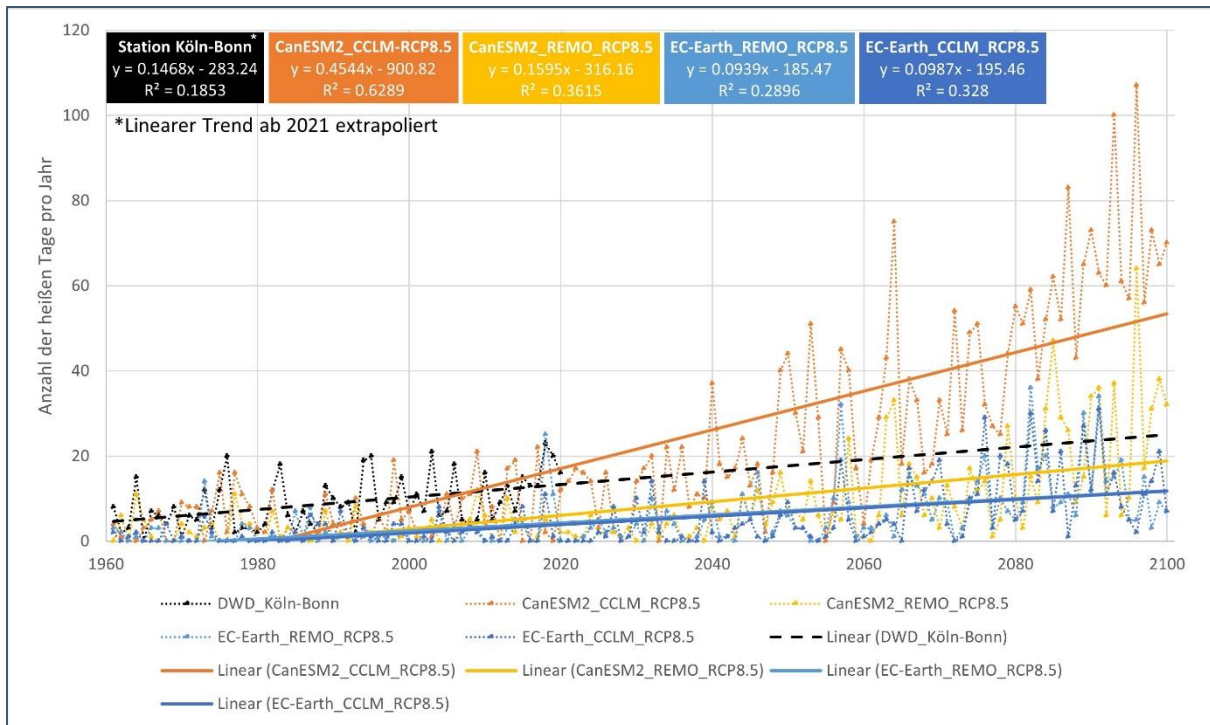


Abbildung 9: Jahressummen der heißen Tage: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100)

2.2.4. Projizierte Veränderungen der Sommertage pro Jahr

Analog zur Auswertung der heißen Tage wurden auch hier die projizierten täglichen Maximaltemperaturen herangezogen und überprüft, an wie vielen Tagen im Jahr die Maximaltemperatur größer oder gleich 25°C ist. Die Werte wurden wieder grafisch gegeneinander aufgetragen (Abbildung 10). Für die nahe Zukunft werden 20,9 (EC-Earth_CCLM) bis 51,7 (CanESM2_CCLM) Sommertage pro Jahr projiziert. In der Periode der fernen Zukunft projizieren die Modelle Werte von 46,8 (EC-Earth_CCLM) bis 107,2 (CanESM2_CCLM) Sommertage pro Jahr. Alle Modelle, bis auf EC-Earth_REMO, bilden statistisch signifikante Veränderungen für beide Betrachtungsperioden ab. EC-Earth_REMO zeigt nur für die ferne Zukunft statistisch signifikante Änderungen auf. (Anhang 1, Tabelle A1.1.3)

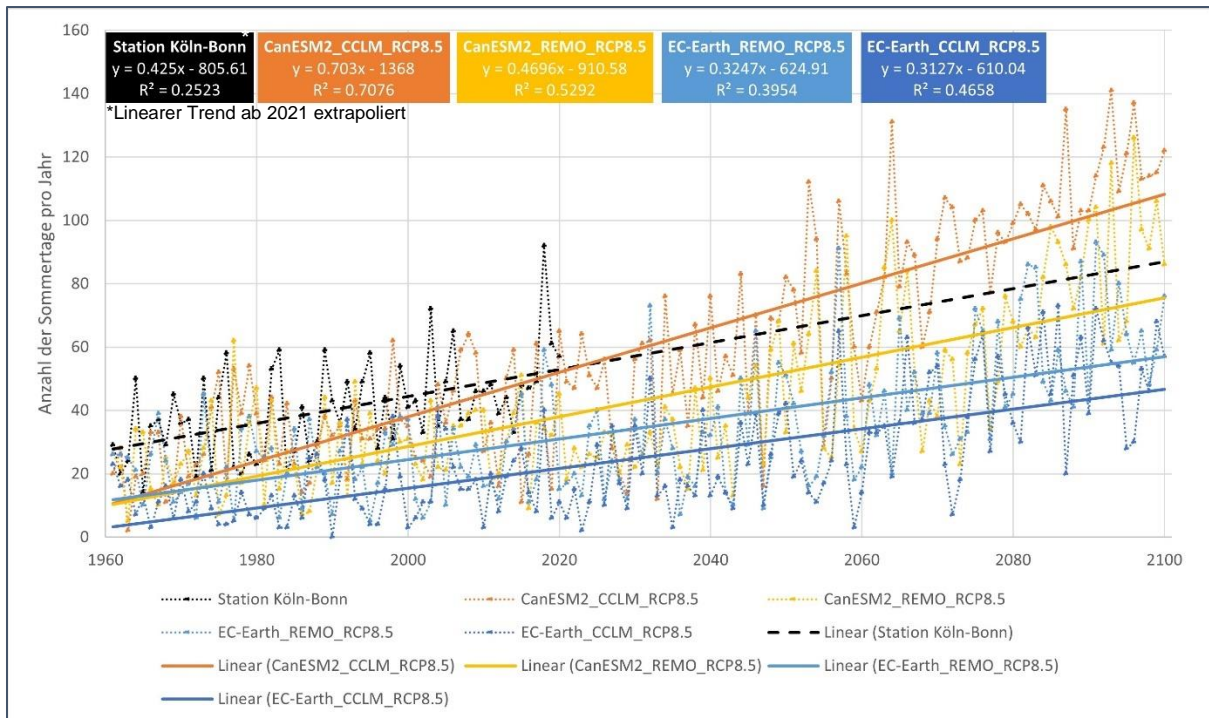


Abbildung 10: Jahressummen der Sommertage: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100)

2.2.5. Projizierte Zunahme der Länge und Häufigkeit von Hitzeperioden

Neben der reinen Anzahl an heißen Tagen bzw. Sommertagen im Jahr, kann außerdem die Anzahl aufeinanderfolgender Tage mit hohen Temperaturen eine besondere Gesundheitsbelastung darstellen. Ähnlich wie bei den Tropennächten, fehlt die benötigte Entlastung des Körpers und die wichtige Erholung wird eingeschränkt. Es wurde deswegen zusätzlich untersucht, wie sich die Anzahl der aufeinander folgenden Tage mit hohen Temperaturen, den Modellen zufolge, verändern könnte. Als Grenzwert wurde eine tägliche Maximaltemperatur von größer oder gleich 30°C angesetzt und das jährliche Mittel über die Anzahl der aufeinander folgenden Tage, die dieses Kriterium erfüllen, gebildet. Die Daten wurden grafisch gegeneinander aufgetragen und der lineare Trend ermittelt. (Abbildung 11)

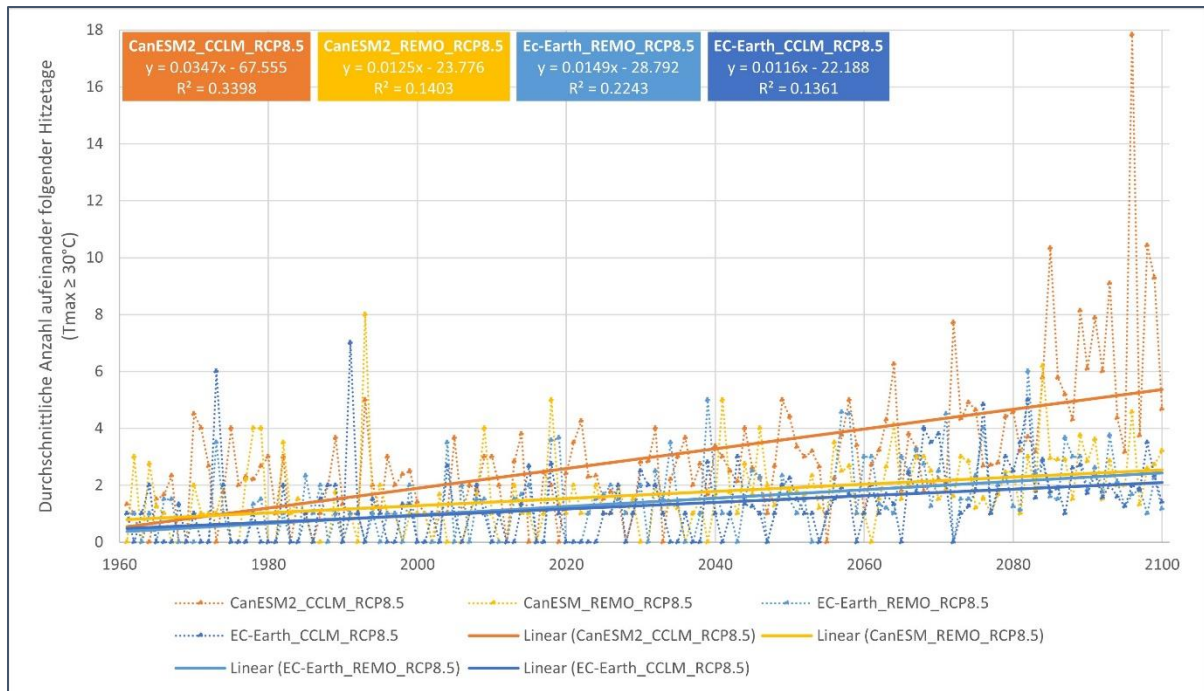


Abbildung 11: Projizierten Anzahl aufeinanderfolgender Hitzetage nach ausgewählten Modellrechnungen für den Zeitraum 1961-2100

Alle Modelle zeigen einen zunehmenden Trend. Zur Vollständigkeit wurden auch hier Periodenmittel und die statistische Signifikanz der Veränderungen ermittelt (Anhang 1, Tabelle A1.1.4), es sei allerdings darauf hingewiesen, dass Periodenmittelwerte hier wenig aussagekräftig sind, da auch Jahre ohne Tage mit einer Maximaltemperatur über 30°C einbezogen wurden, was die Mittelwerte geringer erscheinen lässt.

Aufbauend auf den Daten zur Länge von Wärmeperioden, wurde zusätzlich die Häufigkeit von Hitzewellen untersucht. Als Hitzewelle wird nach Tinz et. al (2008) eine Periode mit mindestens fünf aufeinander folgenden Tagen mit einer Maximaltemperatur über 30°C definiert. Ein Tag der Zeitreihe darf darunter liegen, muss aber immer noch die 25°C-Marke überschreiten. [27] Zur Vereinfachung der Auswertung wurde hier allerdings das zweite Kriterium außer Acht gelassen. Alle Modelle zeigen einen zunehmenden Trend, wobei die Spannweite relativ weit ist (Abbildung 12). Analog zur Auswertung der Länge von Wärmeperioden sind auch hier Periodenmittelwerte weniger aussagekräftig, wurden aber dennoch ermittelt. (Anhang 1, Tabelle A1.1.5) Es sei angemerkt, dass dies eine rein statistische Auswertung nach gegebener Definition eines Kennwertes ist. Eine Hitzebelastung kann für vulnerable Gruppen bereits unter einer Dauer von fünf aufeinander folgenden Tagen bedrohlich sein.

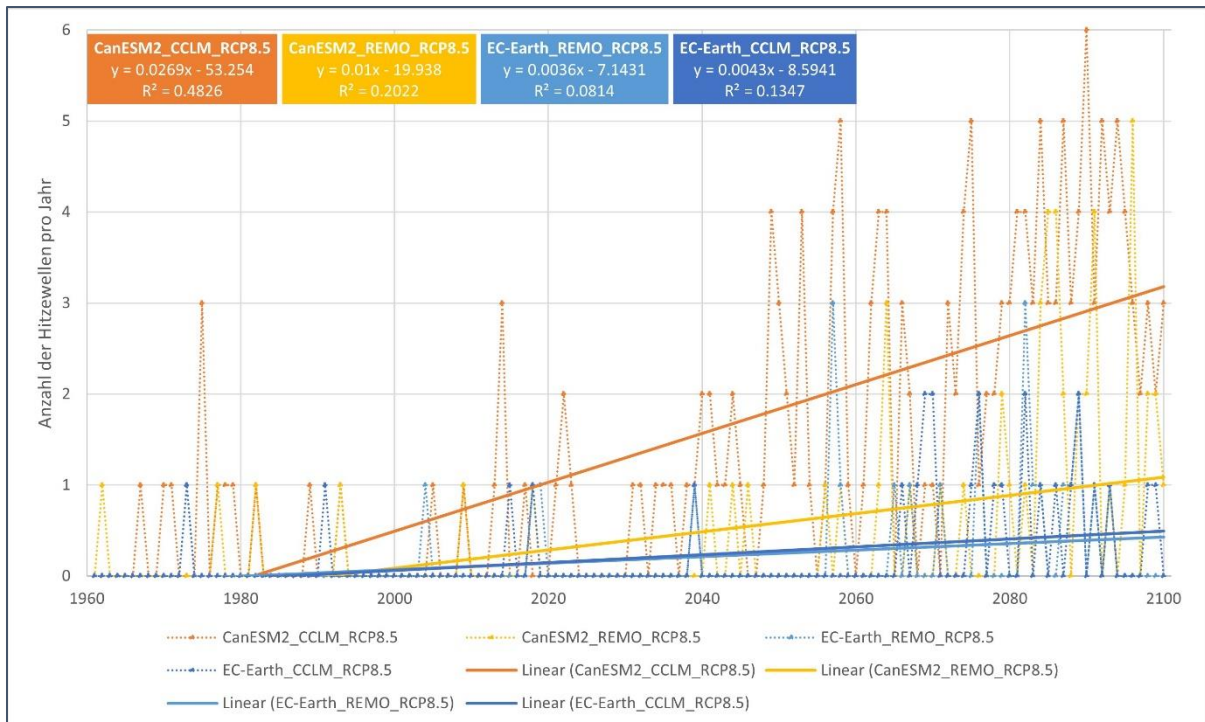


Abbildung 12: Projizierte Anzahl der Hitzewellen pro Jahr nach ausgewählten Modellrechnungen für den Zeitraum 1961-2100

2.2.6. Projizierte Veränderungen der Tropennächten pro Jahr

Für die Auswertung der Tropennächte wurden die projizierten täglichen Minimaltemperaturen herangezogen und überprüft, an wie vielen Tagen im Jahr diese nicht unter 20°C fällt. Die Anzahl der Tage pro Jahr wurde aufsummiert, grafisch dargestellt und analog zum vorherigen Vorgehen der lineare Trend gebildet (Abbildung 13). Die Modelle projizieren 0,3 (EC-Earth_REMO) bis 11,1 (CanESM2_CCLM) Tropennächte pro Jahr in der nahen Zukunft. Für die ferne Zukunft werden Werte zwischen 4,4 (EC-Earth_REMO) bis 52,3 (CanESM2_CCLM) Tropennächte pro Jahr ausgegeben. Für die nahe Zukunft projiziert nur das Modell EC-Earth_REMO keine statistisch signifikante Veränderung. Für die Periode 2071-2100 bilden alle Modelle eine statistisch signifikante Veränderung ab. (Anhang 1, Tabelle A1.1.6)

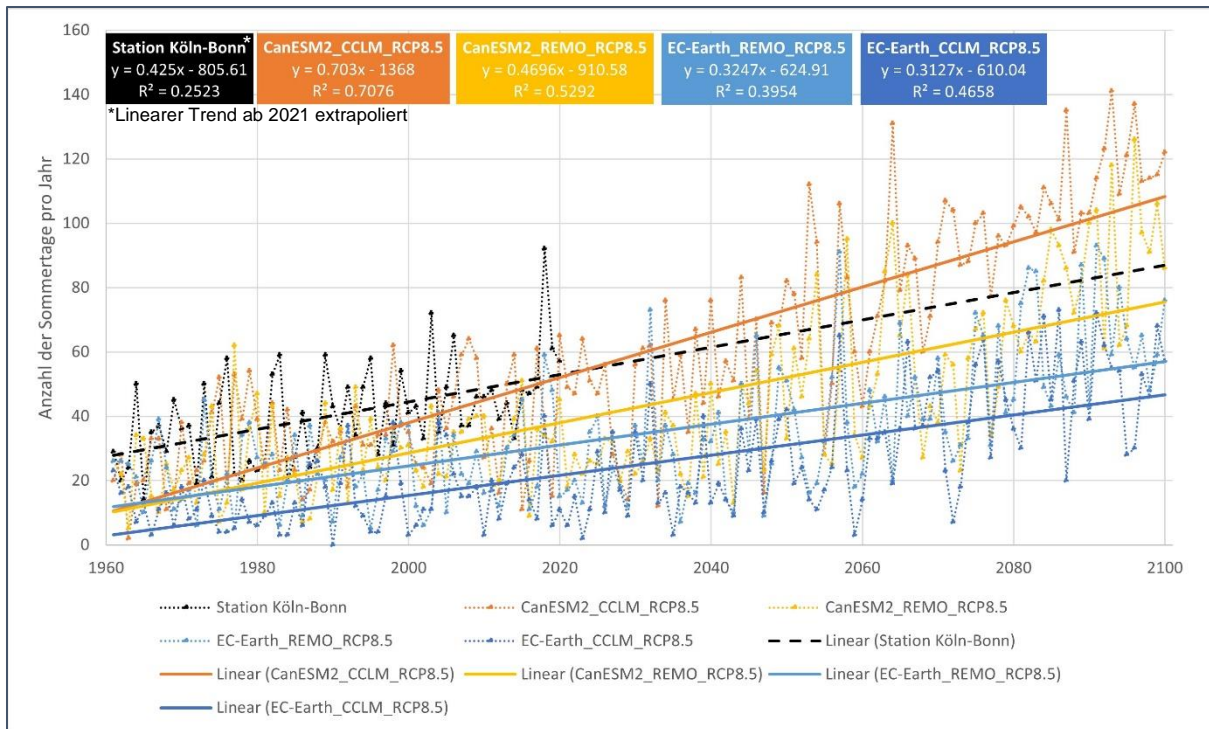


Abbildung 13: Jahressummen der Tropennächte: Vergleich von Messwerten für den Zeitraum 1961-2020 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst) und projizierten Werten aus ausgewählten Modellrechnungen (1961-2100)

2.3. Auswertung von Satellitenbildern zur Eruierung von Hitzehotspots

Die Klimaprojektionen geben einen guten Ausblick wie sich das Klima zukünftig entwickeln könnte und welche Herausforderungen damit einhergehen können. Zur Auswertung der Hitzebelastung in Bezug auf Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit, sind die Modelle allerdings zu grob in der Auflösung. Die Hitzebelastung kann bereits auf mikroklimatischer Ebene variieren, sodass es sich empfiehlt zusätzlich feiner auflösende Daten zur weiteren Auswertung zu nutzen. Um besondere Belastungsgebiete im städtischen Bereich zu eruieren, wurden Thermale Infrarot-Aufnahmen der Satelliten Landsat-8 (Auflösung: 100m) und Aster (Auflösung: 90m) herangezogen. Landsat-8 überfliegt das Stadtgebiet üblicherweise in den Morgenstunden (ca. 10 Uhr), Aster hingegen in den Abendstunden (ca. 21 Uhr). Die Daten des Landsat-8-Satelliten wurden über die Datenbank „Earth Explorer“ der United States Geological Survey (USGS) bezogen. [28] Zur Ermittlung der Oberflächentemperatur aus den Aufnahmen waren weitere Berechnungen nötig, die mit dem Raster-Kalkulator-Tool des Programms ArcGIS Pro [29] nach dem Verfahren nach Singh (2017) [30] durchgeführt wurden. Die Daten des Aster-Satelliten wurden über die Datenbank „EarthData“ der National Aeronautics and Space Administration (NASA) bezogen, hier waren keine weiteren Kalkulationen notwendig. [31] Bei der Auswahl der Satellitendaten zur Auswertung der Wärmehotspots wurde versucht

Aufnahmen zu verwenden, die vor bzw. nach einem heißen Tag erstellt wurden. Für die Auswertung der Belastung am Tag wurde eine Aufnahme vom 24.08.2022 um 10.22 Uhr verwendet (Abbildung 14). Vom 22.08.22 bis einschließlich 25.08.22 wurden an der Wetterstation Köln/Bonn Maximaltemperaturen von über 30°C aufgezeichnet.

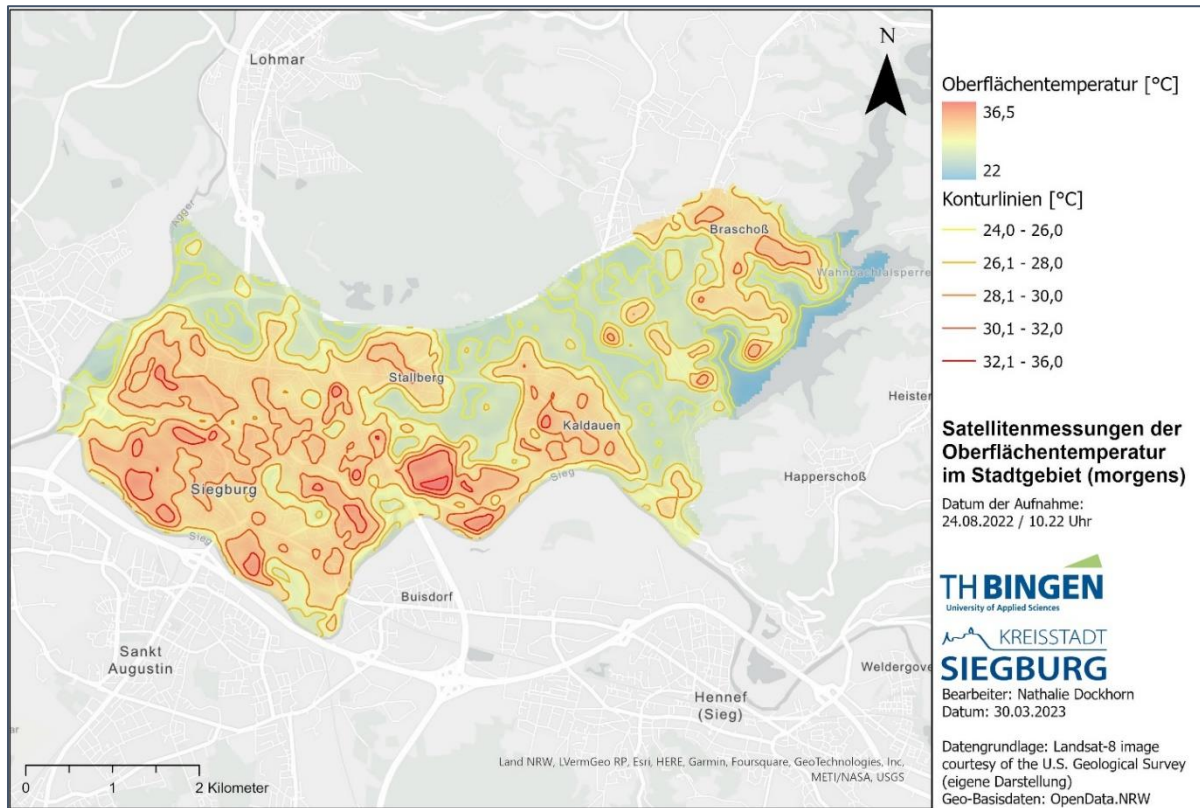


Abbildung 14: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet (Satellit: Landsat8)

Aufgrund fehlender räumlicher Abdeckung und um das Kriterium, Satellitenmessungen in zeitlicher Nähe zu heißen Tagen zur Auswertung heranzuziehen, zu erfüllen, musste bei der Auswertung der Aster-Daten auf eine Aufnahme vom 27.06.2019 um 21.13 Uhr zurückgegriffen werden (Abbildung 15). Die Wetterstation Köln/Bonn verzeichnete an diesem Tag eine Maximaltemperatur von immerhin 28,6°C.

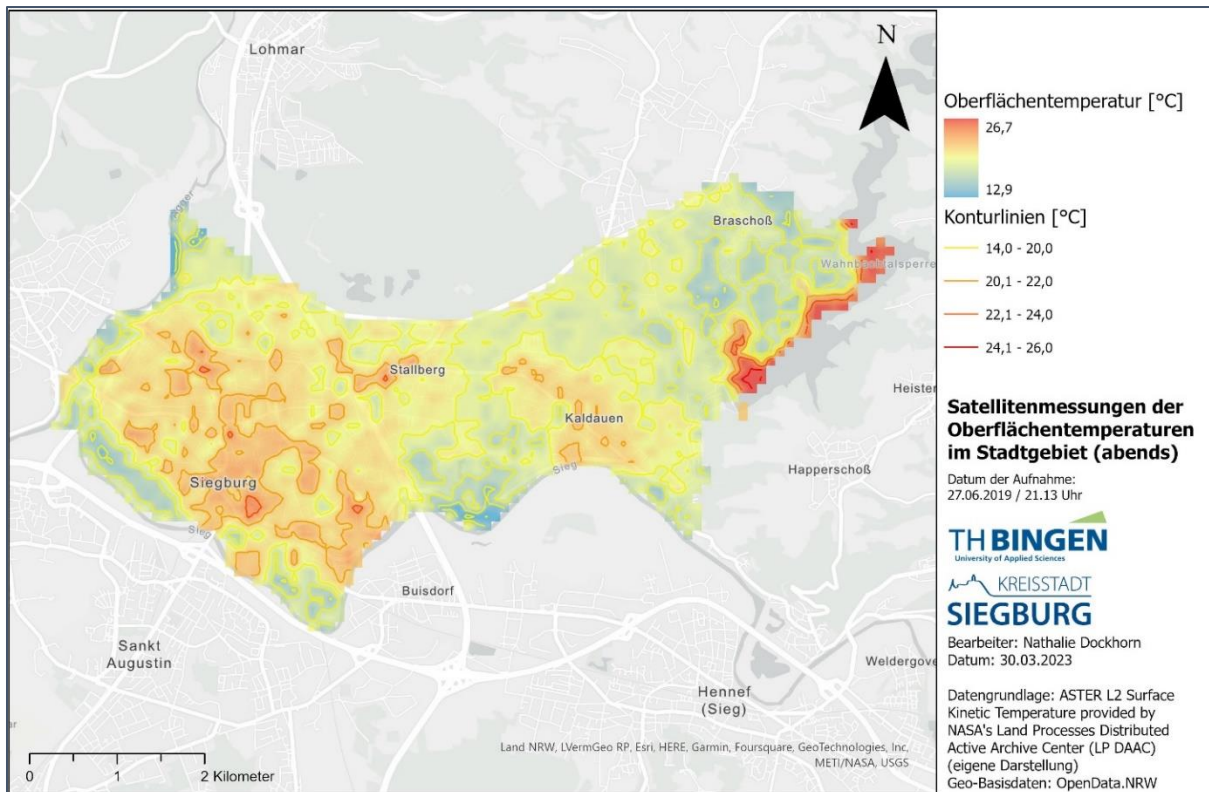


Abbildung 15: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet (Satellit: Aster)

Die Satellitenaufnahmen lassen deutlich die Überwärmung in den versiegelten Siedlungsgebieten erkennen und kennzeichnen erste Wärmehotspots. Eine genauere Untersuchung der Hotspots soll im Rahmen der noch folgenden Eruiierung von priorisierten Gebieten für Anpassungsmaßnahmen erfolgen.

2.4. Exkurs: Klimaatlas des Landes Nordrhein-Westfalen

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) hat für die gesamte Bundeslandfläche unter anderem Untersuchungen der klimaökologischen Situation durchgeführt und die Ergebnisse im „Klimaatlas NRW“ veröffentlicht. [32] Die umfassenden Daten liegen in einer räumlichen Auflösung von 100m x 100m vor. Neben der Bestimmung von Klimatotypen, anhand von Flächennutzungs-, Bbauungs- sowie Versiegelungsdaten (Abbildung 16), wurden modell-gestützte klimatische Analysen für die Tag- und Nachtsituation (15 Uhr bzw. 4 Uhr) erstellt (Abbildung 17, Abbildung 18). [33] Die Daten wurden über den Open.Data-Bereich des LANUV bezogen, in Karten abgebildet und auf das Stadtgebiet zugeschnitten. Zur Erweiterung der Datengrundlage in der folgenden Eruiierung von besonderen Belastungsgebieten sollen auch die Daten des Klimaatlas Anwendung finden.

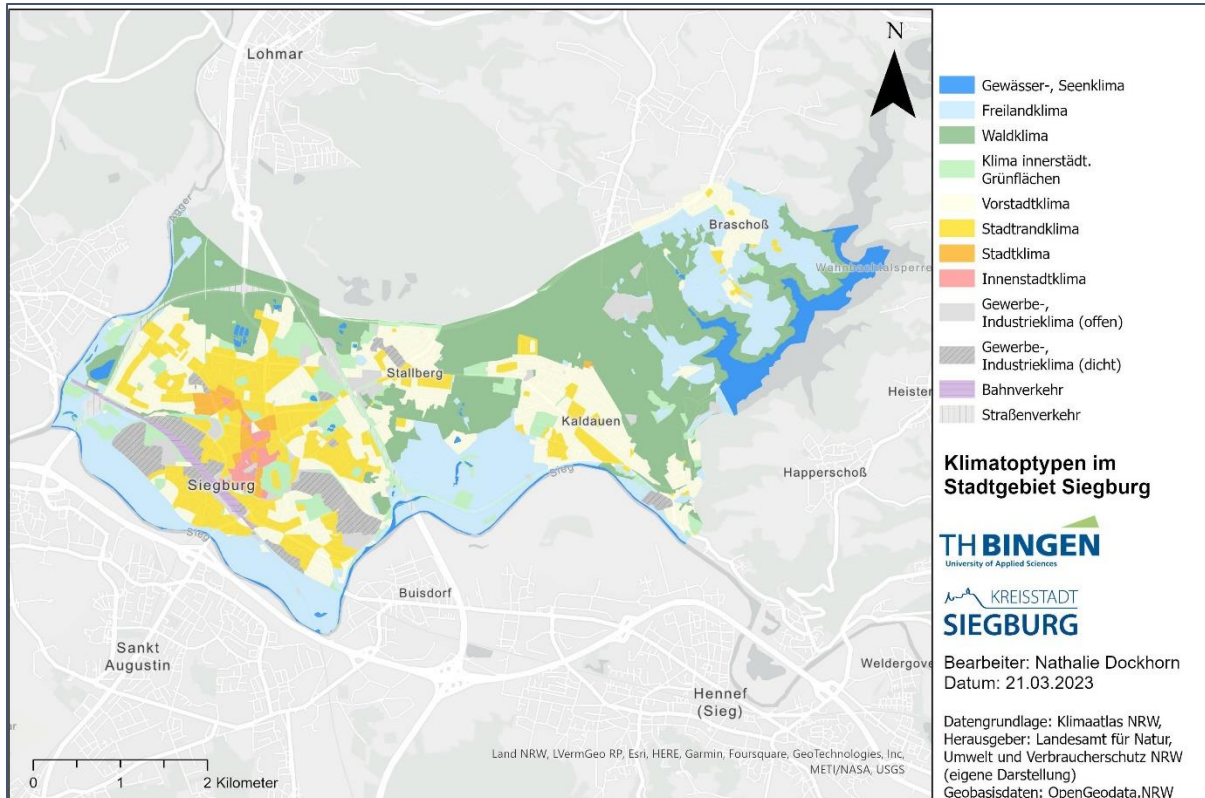


Abbildung 16: Klimatotypen im Stadtgebiet Siegburg (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)

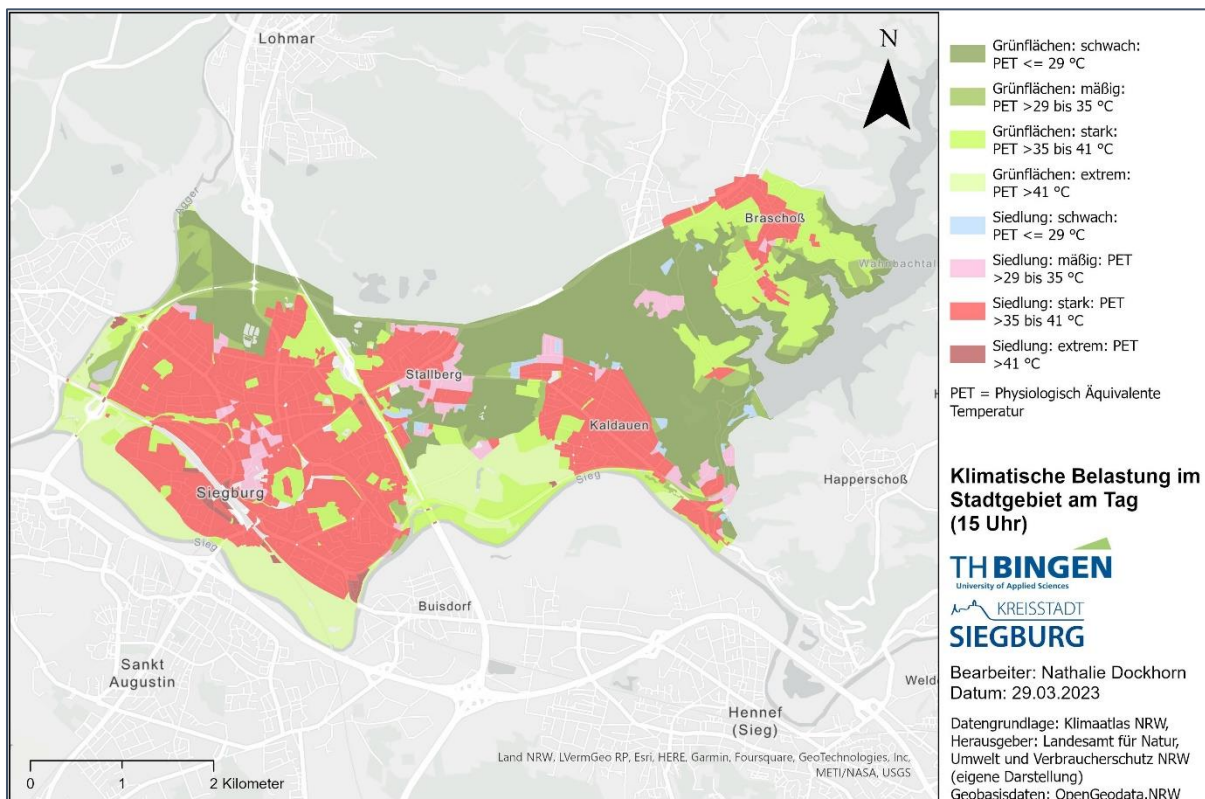


Abbildung 17: Klimatische Belastung im Stadtgebiet Siegburg am Tag (15 Uhr) (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)

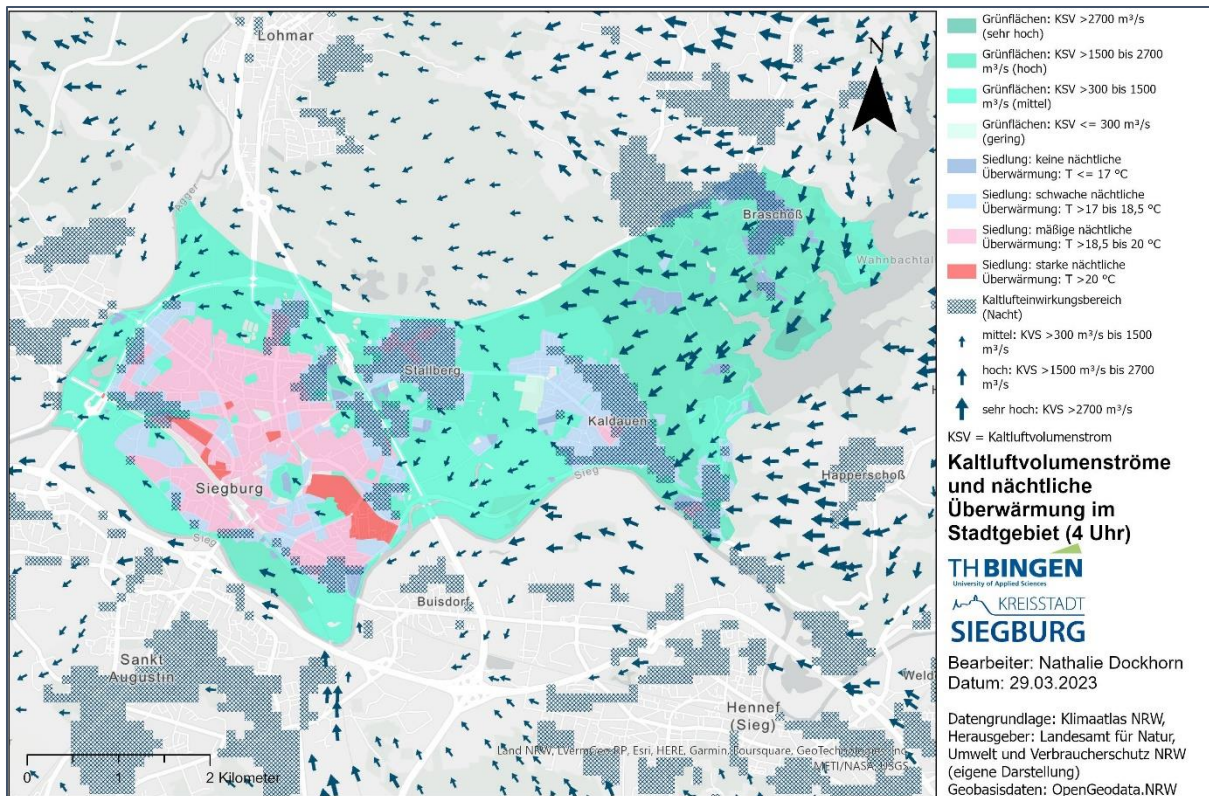


Abbildung 18: Kaltluftvolumenströme und nächtliche Überwärmungssituation im Stadtgebiet (Nachtsituation, 4 Uhr) (Datengrundlage: Klimaatlas NRW, eigene Darstellung)

2.5. Zusammenfassung und erste Interpretation

Die Auswertung der DWD-Messstation „Köln/Bonn“ hat gezeigt, dass sich das Klima im Raum der Kreisstadt Siegburg bereits verändert und die Wärmebelastung zunimmt. Die ausgewerteten Klimaprojektionen unterstützen diese Annahme und zeigen darüber hinaus, dass sich die bereits jetzt verzeichnete Wärmebelastung in Zukunft noch weiter intensivieren könnte. Die Satellitenbilder geben einen guten ersten Eindruck über die Intensität der Wärmebelastung im Stadtgebiet. Durch das Einfügen von Isothermen (dargestellt als Konturlinien) können Wärmehotspots schon recht genau gekennzeichnet werden. Da sich die Satellitenbilder allerdings nur auf die Oberflächentemperatur beziehen und die empfundene Hitzebelastung auch durch andere Parameter wie Luftfeuchtigkeit, Strahlungsverhältnisse und Durchlüftung (bzw. Windverhältnisse) beeinflusst wird, sind die Daten des Klimaatlas NRW eine gute Ergänzung. Wie in Abbildung 17 dargestellt, wurden vom LANUV auch Werte zur Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) ermittelt. Die PET ist ein humanbioklimatischer Index zur Kennzeichnung des thermischen Wohlbefindens und wird dargestellt als eine äquivalente Innenraumtemperatur, bei der die thermische Belastung des Körpers ähnlich zu der im zu bewertenden Außenklima ist. [34] Für die Bewertung der Wärmebelastung wird die PET nach Schwellenwerten klassifiziert.

Folgende Einteilung folgt der von Matzarakis und Mayer (1996) definierten Klassifizierung [35]:

Tabelle 7: Klassifizierung der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET), thermisches Empfinden und physiologische Belastung [36]

PET [°C]	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastung
< 4	Sehr kalt	Extremer Kältestress
4 bis 8	Kalt	Starker Kältestress
8 bis 13	Kühl	Mäßiger Kältestress
13 bis 18	Leicht kühl	Leichter Kältestress
18 bis 23	Komfortabel	Thermischer Komfort
23 bis 29	Leicht warm	Leichte Wärmebelastung
29 bis 35	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 bis 41	Heiß	Starke Wärmebelastung
> 41	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

Folgt man der Klassifizierung der PET, zeigt Abbildung 17, dass ein Großteil des stark besiedelten Stadtgebietes bereits jetzt von einer starken bis extremen Wärmebelastung betroffen ist. Dabei sollte noch einmal erwähnt werden, dass sowohl die Auswertung der Wetterstation „Köln/Bonn“, als auch die ausgewerteten Klimaprojektionen Erwärmungstrends erkennen lassen. Die bereits jetzt stark belasteten Gebiete könnten sich, durch ein Fortschreiten der Erwärmung und ohne Ergreifen von Gegenmaßnahmen, in Gebiete mit extremer Belastung entwickeln. Daneben könnten auch Gebiete, die bisher nur eine mäßige Wärmebelastung aufweisen, eine starke Wärmebelastung entwickeln. Beide Aspekte sollen in den folgenden Analysen berücksichtigt werden.

Mit der vorliegenden Klimaanalyse konnte eine solide Datengrundlage für die weiteren Schritte in der Erarbeitung des Hitzeaktionsplans geschaffen werden. In einem nächsten Schritt sollen Daten zur demografischen Struktur im Stadtgebiet und gegebenenfalls vorhandenen Ballungsräumen vulnerabler Gruppen erhoben werden. Durch die Verschneidung der hier ermittelten klimatischen Faktoren, sollen im Anschluss besondere Belastungsgebiete ausgewiesen werden können, die bei der Implementierung von Anpassungsmaßnahmen zuerst berücksichtigt werden sollen.

3. Analyse der demografischen Situation

3.1. Definition der vulnerablen Gruppen

Die Problematik der Hitze schlägt sich im gesamten Stadtgebiet nieder. Da allerdings nicht überall sofort Maßnahmen umgesetzt werden können, muss eine Priorisierung der Gebiete erfolgen. Zur Eruierung von priorisierten Gebieten sollen klimatische und demografische Faktoren miteinander verschnitten und so überprüft werden, an welchen Orten neben einer hohen klimatischen Belastung auch ein dichtes Aufkommen vulnerabler Personen vorliegt. Heiße Temperaturen und Hitzewellen sind für jeden belastend, einige Personengruppen können allerdings besonders gefährdet (vulnerabel) sein. Die Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels (GAK)“ hat in ihren 2017 veröffentlichten „Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit“ folgende Personengruppen als besonders durch Hitze gefährdet eingestuft:

- I) Ältere Menschen
- II) Isoliert lebende Menschen
- III) Pflegebedürftige Menschen
- IV) Personen mit starkem Übergewicht
- V) Menschen mit chronischen Erkrankungen
- VI) Menschen mit fieberhaften Erkrankungen
- VII) Menschen mit Demenz
- VIII) Menschen, die bestimmte Medikamente einnehmen
- IX) Personen, die thermophysiologische Anpassungsprobleme haben
- X) Säuglinge und Kleinkinder

Daneben empfiehlt die Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe die Beachtung von Personen, die im Freien viel und intensiv körperlich aktiv sind, sowie Wohnungslosen.
 [37]

3.2. Methodik der Auswertung und Probleme in der Datengewinnung

Ein Großteil der zuvor definierten Risikogruppen ist durch unterschiedliche gesundheitliche Beeinträchtigungen gekennzeichnet. Personenbezogene Daten zum gesundheitlichen Zustand sind höchst sensibel und können hier nicht zur Auswertung herangezogen werden. Auch Daten zur Wohnungssituation in Verbindung mit einer gegebenenfalls vorhandenen sozialen Isolation (Risikogruppe: Isoliert lebende

Personen) können nicht erhoben werden. Dadurch kann diese Auswertung leider nicht allen Risikogruppen vollständig gerecht werden. Um dennoch eine solide Datengrundlage zur Eruiierung von priorisierten Gebieten zu schaffen, soll die Altersstruktur der Stadtbevölkerung auf Stadtteilebene ausgewertet werden. So kann die Verteilung der Risikogruppen der älteren Personen und Säuglingen und Kleinkindern relativ genau beschrieben werden. Da die Wahrscheinlichkeit einer Demenzerkrankung mit zunehmendem Alter steigt [38], wird hier zudem zur Vereinfachung angenommen, dass die Risikogruppe VII „Menschen mit Demenz“ in der Risikogruppe I „Ältere Menschen“ aufgeht. Kinder und Erwachsene halten sich üblicherweise nicht den ganzen Tag am Wohnort auf. Um diesem Umstand gerecht zu werden, soll zusätzlich die Infrastruktur in Bezug auf örtliche Konzentration von Senioren-/Pflegeeinrichtungen, Schulen, Kindertagesstätten und Spielplätzen untersucht werden. Offiziell ist die Kreisstadt nicht in verschiedene Stadtteile untergliedert, die hier genutzte Einteilung (Abbildung 19) wird verwaltungsintern verwendet.

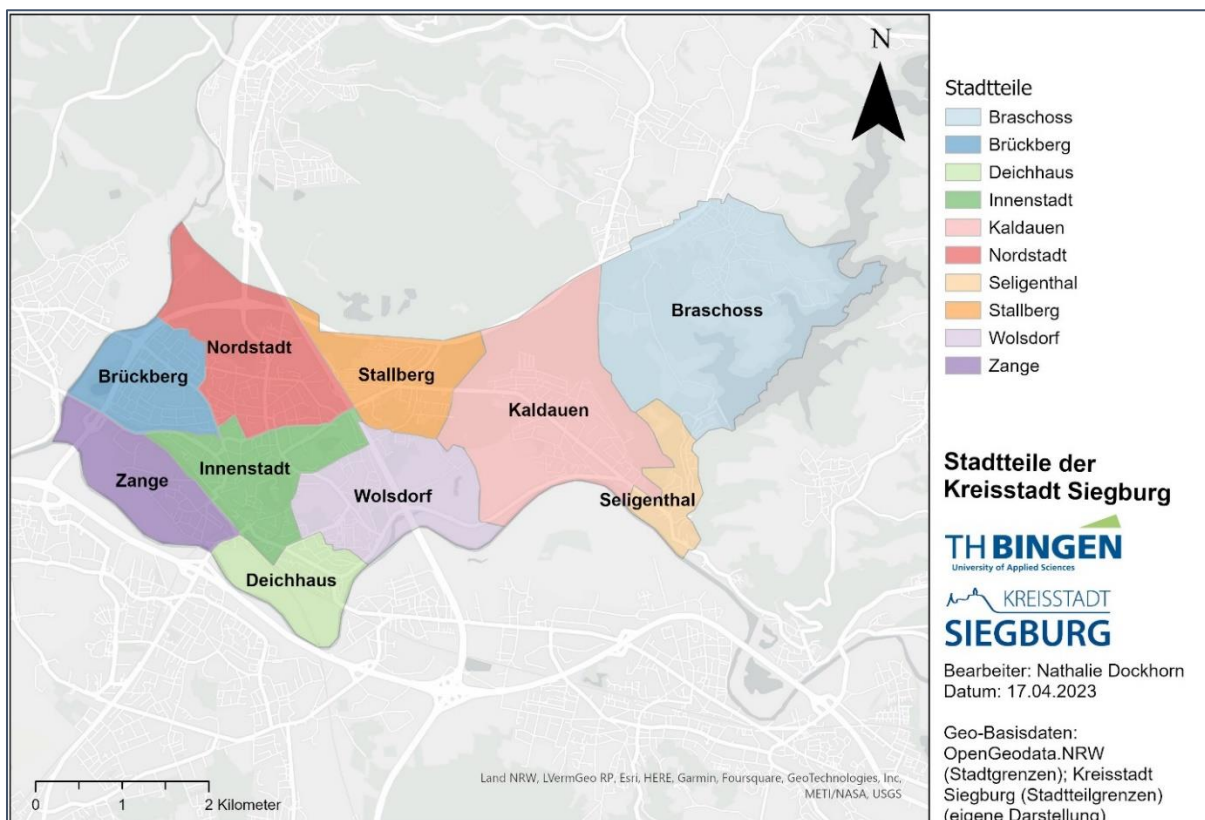


Abbildung 19: Stadtteile der Kreisstadt Siegburg

3.3. Auswertung der Altersstruktur auf Stadtteilebene

Zur Auswertung der vulnerablen Gruppen anhand der Altersstruktur wurden, dem Beispiel des Hitzeaktionsplans der Stadt Worms [39] folgend, folgende Altersklassen definiert:

Tabelle 8: Altersklassen zur Auswertung der Altersstruktur der Stadtbevölkerung

I	II	III	IV	V	VI
0 bis 2 Jahre	3 bis 5 Jahre	6 bis 9 Jahre	10 bis 64 Jahre	65 bis 79 Jahre	80+ Jahre

Als besonders gefährdet sollen Personen zwischen null bis einschließlich fünf Jahre (Risikogruppe: Säuglinge und Kleinkinder) und alle Personen über 65 Jahre (Risikogruppe: Ältere Personen) gelten. Einwohner*innen zwischen sechs bis neun Jahren weisen eine leicht erhöhte Vulnerabilität auf und sollen im Zuge der Infrastrukturanalyse berücksichtigt werden. Personen zwischen zehn bis 64 Jahre werden als durchschnittlich vulnerabel eingestuft.

Zum Stichtag 31.12.2022 leben 44.041 Einwohner*innen mit folgender Altersstruktur im Siegburger Stadtgebiet:

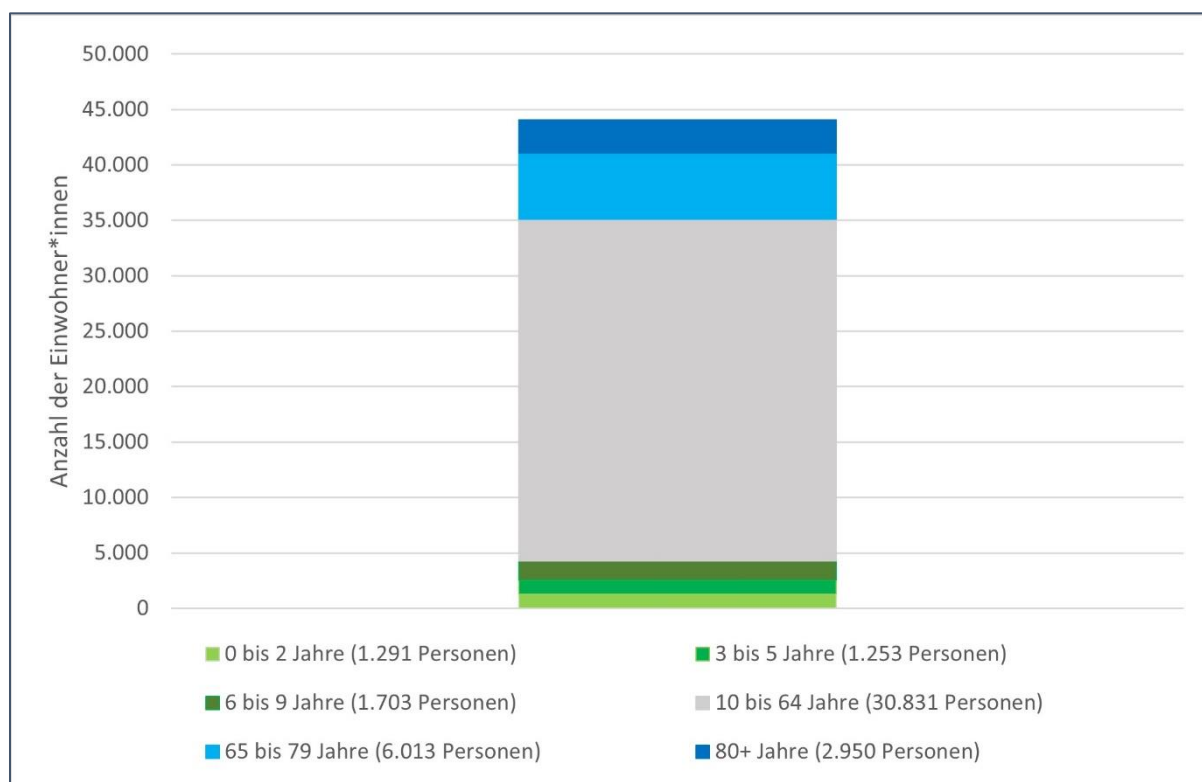


Abbildung 20: Anzahl der Einwohner*innen nach Altersklassen in der Kreisstadt Siegburg (Stand: 31.12.2022)

Die Altersklassen, die eine überdurchschnittliche Vulnerabilität aufweisen, wurden zusätzlich nach Stadtteilen in absoluten Zahlen und prozentualen Anteilen aufgeschlüsselt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Anzahl der Bewohner*innen je Stadtteil, aufgeschlüsselt nach Altersklassen

Altersklasse Stadtteil	0 bis 2 Jahre	3 bis 5 Jahre	6 bis 9 Jahre	65 bis 79 Jahre	80+ Jahre
Innenstadt	231 [17,9%]	181 [14,4%]	236 [13,9%]	1320 [22,0%]	892 [30,2%]
Nordstadt	194 [15,0%]	186 [14,8%]	249 [14,6%]	989 [16,4%]	450 [15,3%]
Brückberg	103 [8,0%]	106 [8,5%]	131 [7,7%]	564 [9,4%]	219 [7,4%]
Zange	83 [6,4%]	70 [5,6%]	102 [6,0%]	341 [5,7%]	153 [5,2%]
Stallberg	141 [10,9%]	177 [14,1%]	192 [11,3%]	452 [7,5%]	199 [6,7%]
Wolsdorf	114 [8,8%]	93 [7,4%]	107 [6,3%]	584 [9,7%]	290 [9,8%]
Deichhaus	128 [9,9%]	142 [11,3%]	227 [13,3%]	403 [6,7%]	136 [4,6%]
Kaldauen	234 [18,1%]	234 [18,7%]	359 [21,1%]	1091 [18,1%]	496 [16,8%]
Braschoss	53 [4,1%]	52 [4,2%]	78 [4,6%]	208 [3,5%]	86 [2,9%]
Seligenthal	10 [0,8%]	11 [0,9%]	22 [1,3%]	61 [1,0%]	29 [1,0%]
Gesamt	1.291 [100%]	1.253 [100%]	1.703 [100%]	6.013 [100%]	2.950 [100%]

3.4. Auswertung ausgewählter infrastruktureller Einrichtungen

Zur Auswertung ausgewählter infrastruktureller Einrichtungen, die für einige hitzevulnerable Gruppen relevant sind, wurden Standorte von Senioren-/Pflegeheimen, Kindertagesstätten, Grundschulen und Spielplätzen bestimmt und in einer Karte dargestellt (Abbildung 21). Es wurden alle Pflegeheime die im Gesundheitsportal des Rhein-Sieg-Kreises, Themenbereich „Stationäre Hilfen“, für die Stadt Siegburg hinterlegt sind, berücksichtigt. [40] Eine Liste der aufgeführten Grundschulen und Kindertagesstätten findet sich auf der Internetseite der Kreisstadt Siegburg. [41] [42] Die Daten zu den Spielplätzen wurden aus Verwaltungsunterlagen in Verbindung mit einer ergänzenden Überprüfung von Luftbildern gewonnen. Berücksichtigt wurden insgesamt 17 Spielplätze, fünf Senioreneinrichtungen, neun Grundschulen und 23 Kindertagesstätten. Die Aufzählung muss nicht abschließend sein.

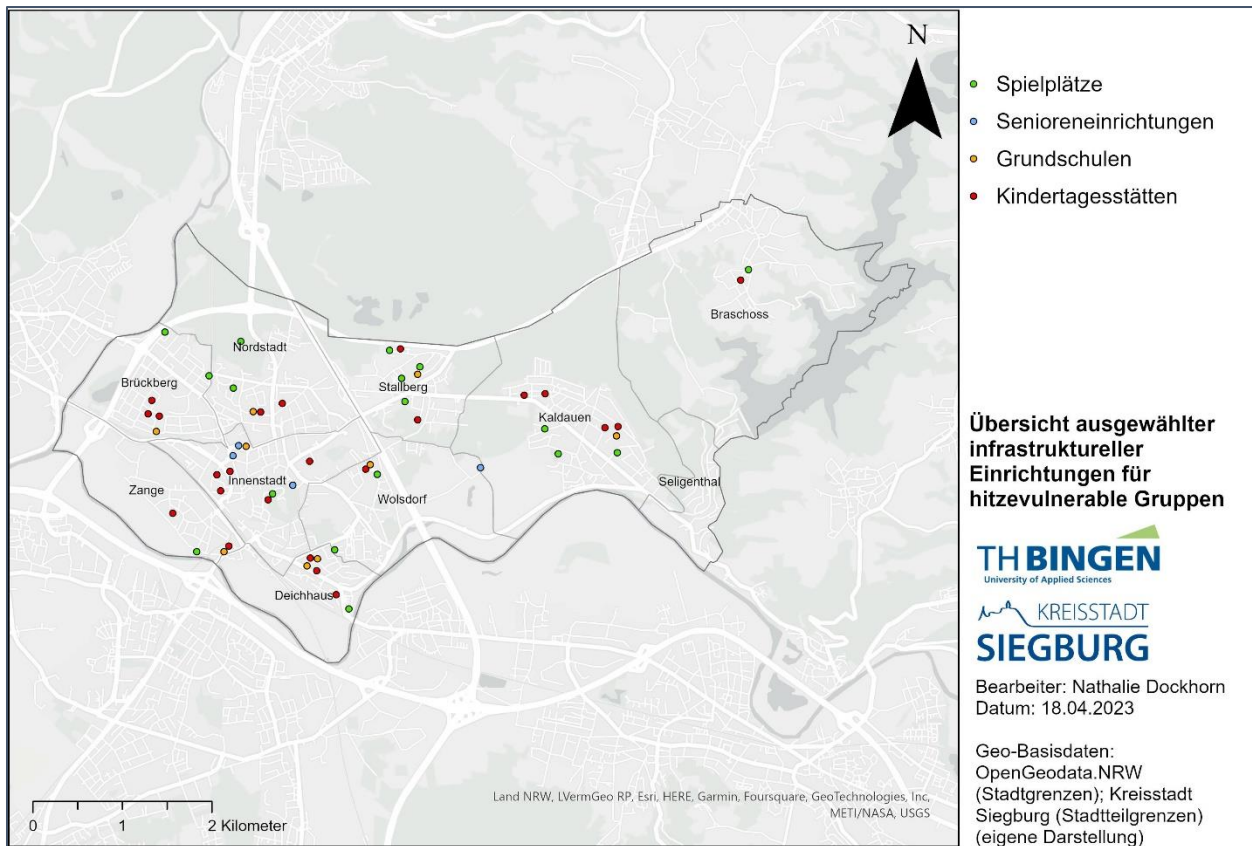


Abbildung 21: Übersicht der Spielplätze, Senioreneinrichtungen, Grundschulen und Kindertagesstätten im Stadtgebiet

Neben der reinen Auswertung des Standortes wurde auch die Größe der Einrichtungen, also Anzahl der Plätze bzw. Schüler, berücksichtigt (Tabelle 10). Es sei angemerkt, dass die hier aufgeführten Zahlen nicht der tatsächlichen aktuellen Auslastung entsprechen müssen. Die Standorte der Grundschulen in der Innenstadt und Zange gehören zu Verbundschulen, sodass die Schülerzahlen nur einem Standort (Innenstadt zu Nordstadt und Zange zu Deichhaus) zugerechnet wurden.

Tabelle 10: Anzahl der Plätze in Kindertagesstätten und Grundschulern je Stadtteil [41] [42]

Stadtteil	Plätze in Kindertagesstätten	Anzahl Grundschüler*innen
Innenstadt	242	-
Nordstadt	190	249
Brückberg	122	163
Zange	112	-
Stallberg	152	276
Wolsdorf	146	204
Deichhaus	217	509
Kaldauen	294	255
Braschoss	40	-
Seligenthal	-	-
Gesamt	1.475	1.656

3.5. Zusammenfassung

Die Auswertung zeigt, dass ein nicht unerheblicher Teil der Einwohner*innen in Siegburg einer Risikogruppe angehören oder eine erhöhte Vulnerabilität aufweisen (Abbildung 20). Die bevölkerungsreichsten Stadtteile sind die Innenstadt, Nordstadt und Kaldauen. Auch dort finden sich jeweils die höchsten Personenzahlen aus Risikogruppen. Etwa ein Fünftel aller Personen der Altersklasse „65 bis 79 Jahre“ und ein Drittel aller Personen über 80 Jahre leben in der Innenstadt. Die meisten Säuglinge (Altersklasse: 0 bis 2 Jahre) finden sich in Kaldauen und der Innenstadt, die meisten Kleinkinder (Altersklasse: 3 bis 5 Jahre) in Kaldauen, Nordstadt und der Innenstadt. Auch wenn es Unterschiede in den absoluten Zahlen zwischen den Stadtteilen gibt, heben sich Nordstadt, Innenstadt und Kaldauen doch deutlich, gegenüber den anderen Stadtteilen als Ballungszentren hitzevulnerabler Gruppen, ab.

Die Auswertung ausgewählter infrastruktureller Einrichtungen bestärkt die bisher gewonnenen Erkenntnisse. Die meisten Kindertagesstätten finden sich im Bereich der Innenstadt (fünf Einrichtungen) und Kaldauen (vier Einrichtungen), wobei in Kaldauen insgesamt mehr Plätze in den Einrichtungen vorhanden sind. In den Stadtteilen Deichhaus und Brückberg gibt es jeweils drei Kindertagesstätten, in Deichhaus allerdings fast doppelt so viele Plätze bei gleicher Einrichtungsanzahl. Fast jeder Stadtteil verfügt über eine Grundschule, in Deichhaus gibt es sogar zwei Grundschulen - hier findet sich auch die größte Anzahl an Grundschulern. Auch die Standorte von Senioreneinrichtungen bzw. Pflegeheimen konzentrieren sich räumlich – drei der fünf Einrichtungen befinden sich in der Innenstadt. Die berücksichtigten Spielplätze verteilen sich relativ homogen über das gesamte Stadtgebiet. Da es maßgebliche Unterschiede in Größe und Umfang der Plätze gibt und zudem leider keine Daten zur Frequentierung der Nutzung vorliegen, werden die Spielplätze in dieser Auswertung nicht weiter berücksichtigt.

Auf Grundlage der bisherigen demografischen Auswertung kennzeichnen sich Nordstadt, Innenstadt und Kaldauen als Gebiete mit erhöhtem Handlungsbedarf. Auch für den Stadtteil Deichhaus könnte wegen der großen Kindertagesstätten und hohen Grundschülerzahl ein erhöhter Handlungsbedarf begründet werden, welcher sich allerdings eher punktuell auf die direkte Umgebung der berücksichtigten Einrichtungen beschränken würde. In einem nächsten Schritt soll zusätzlich die Erreichbarkeit von Grünflächen und Wäldern mit potenzieller Fähigkeit zur Abkühlungs- und

Erholungsnutzung untersucht werden, um die zu priorisierenden Gebiete weiter eingrenzen zu können.

4. Definition von besonderen Belastungsgebieten

4.1. Methodik

Zur Ermittlung besonderer Belastungsgebiete, die bei der Implementierung von Klimaanpassungsmaßnahmen priorisiert werden sollen, wurden klimatische und demografische Daten miteinander verschnitten. Zunächst wurden die Analysekarten zur klimatischen Tag- bzw. Nachtsituation (Abbildung 17, Abbildung 18) des LANUV, veröffentlicht im Klimaatlas NRW [43], herangezogen.

Wie in Abbildung 17 zu erkennen, wird fast die gesamte Siedlungsfläche im Stadtgebiet mit einer starken thermischen Belastung ($PET > 35$ bis $41^{\circ}C$) ausgewiesen. Um die besonderen Belastungsgebiete näher einzugrenzen, wurde geprüft, welche Flächen neben einer starken thermischen Belastung am Tag gleichzeitig eine mäßige bis starke nächtliche Überwärmung aufweisen und nicht in einem Kaltlufteinwirkungsbereich liegen (Abbildung 22).

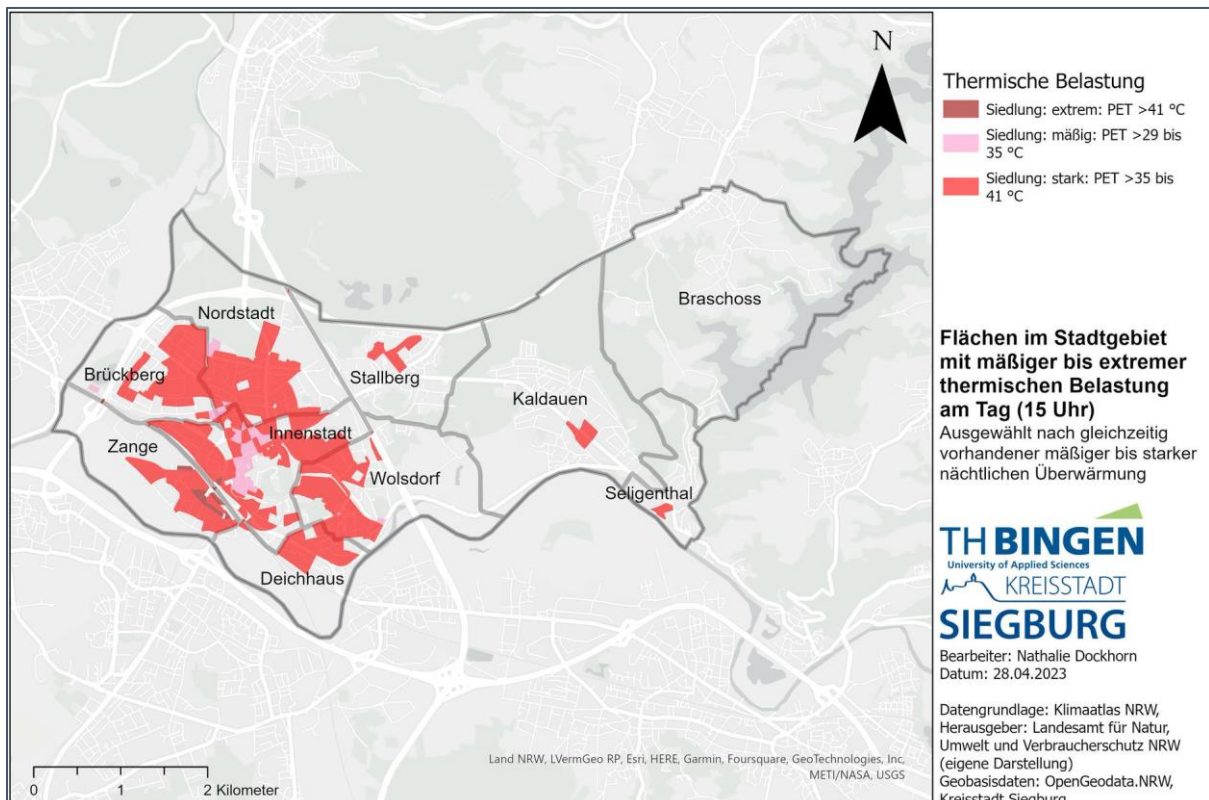


Abbildung 22: Flächen im Stadtgebiet mit besonderer klimatischer Belastung am Tag und bei Nacht

Ergänzend dazu wurde untersucht, wo im Stadtgebiet waldklimatische Flächen, die eine Abkühlung versprechen könnten, liegen und wie diese erreichbar sind (Abbildung 23). Die Erreichbarkeit wurde hierbei als eine Entfernung von 400m definiert.

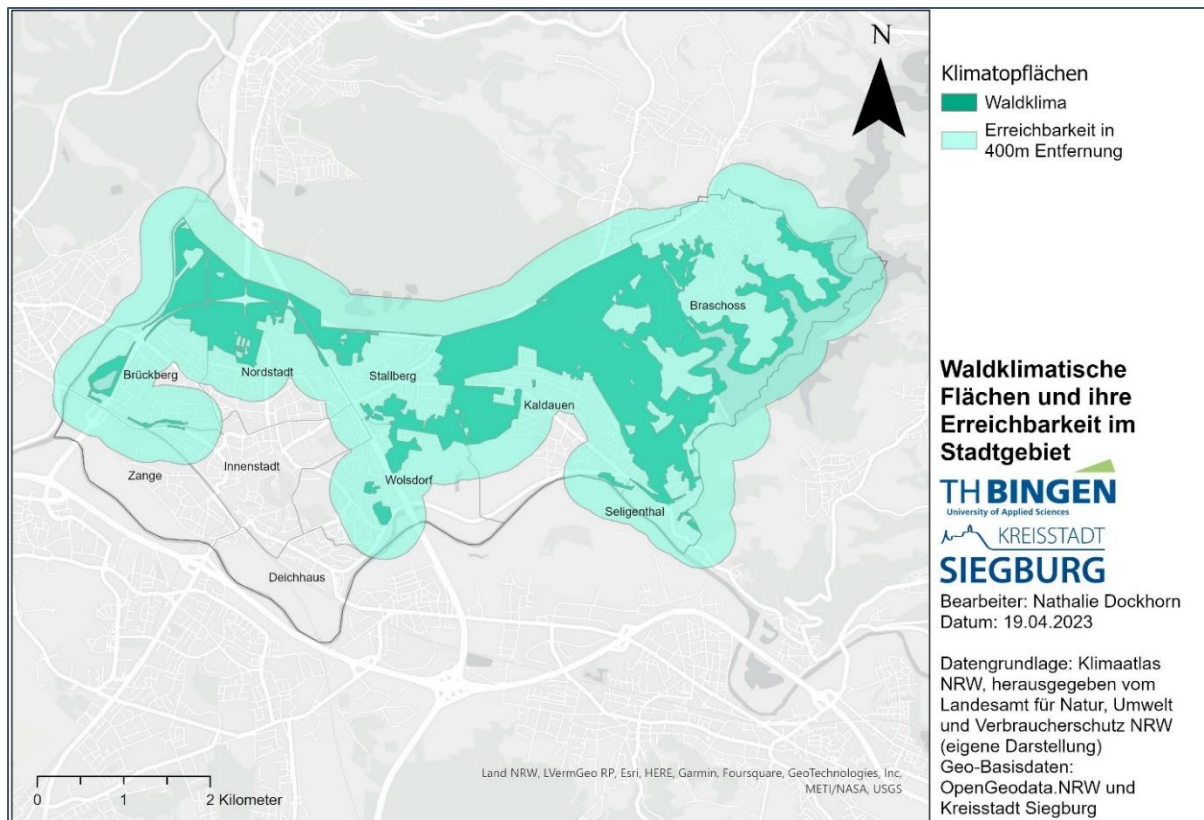


Abbildung 23: Flächen mit Waldklima im Stadtgebiet und ihre Erreichbarkeit

Zur Priorisierung der Gebiete nach demografischen Strukturen, wie hier der Altersstruktur, wurden die Ergebnisse aus Kapitel 3 herangezogen.

4.2. Auswertung

Die Daten zeigen, dass der Großteil der klimatisch besonders belasteten Flächen im Westen des Stadtgebietes liegt (Abbildung 22). Besonders betroffen ist die Innenstadt. Neben der hohen klimatischen Belastung weist dieser Stadtteil eine schlechte Erreichbarkeit von waldklimatischen Flächen (Abbildung 23) und die höchste Dichte der vulnerablen Gruppen auf (2.860 Einwohner*innen, Vgl. Kapitel 3.3.). Die Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur zeigen einen Hitzehotspot im Bereich zwischen Wilhelmstraße und Industriestraße (Abbildung 24, gelb markiert). Der Bereich weist die typischen Merkmale eines Industrie-/Gewerbegebiets auf: fast vollständige Versiegelung und keine größeren Vegetationsbestände. Trotz der hohen klimatischen Belastung soll dieser Bereich vorerst nicht priorisiert werden, da hier ein längerer Aufenthalt von Angehörigen vulnerabler Gruppen unwahrscheinlich ist. Bis auf die Bereiche um den Michaelsberg sowie die Anlagen des Freizeitbads „Oktopus“

(Abbildung 24, grün markiert), welche die geringste Belastung im Stadtteil aufweisen, soll die Innenstadt priorisierend bei der Maßnahmenplanung bedacht werden.

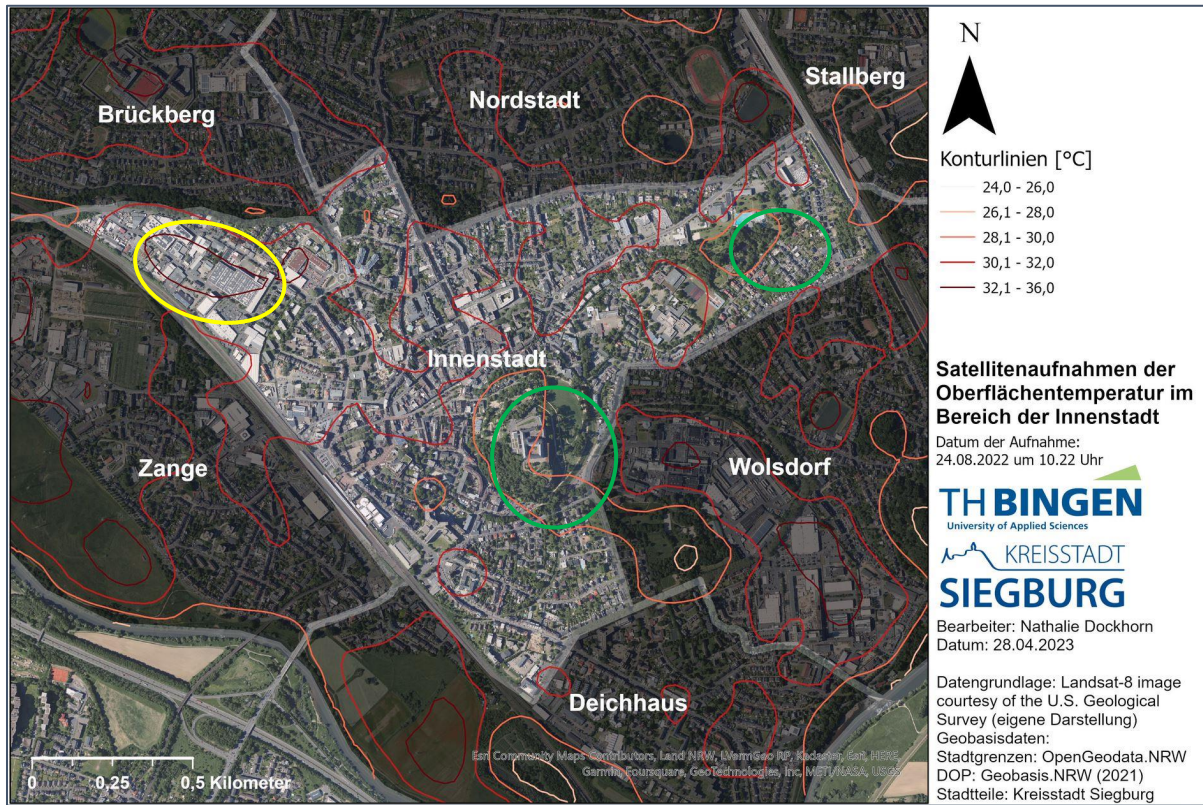


Abbildung 24: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperaturen im Stadtgebiet, Fokus auf den Bereich der Innenstadt (Hitzehotspot im Bereich Wilhelmstr./Industriestr. gelb markiert; geringe Belastung im Bereich des Michaelsberg und Freizeitbad „Oktopus“ grün markiert)

Neben der Innenstadt weist der südliche Teil der Nordstadt eine hohe klimatische Belastung auf (Abbildung 25). Während die Flächen im nördlichen Bereich eine gute Erreichbarkeit von waldklimatischen Flächen aufweisen, liegen die Flächen im südlichen Bereich, unterhalb „Steinbahn/Alte Poststraße“ zur Innenstadt orientiert, zu Teilen außerhalb der Erreichbarkeit (Abbildung 23). Neben der klimatischen Belastung lebt auch ein nicht unerheblicher Anteil vulnerabler Gruppen im Bereich der Nordstadt (Vgl. Kapitel 3.3.).

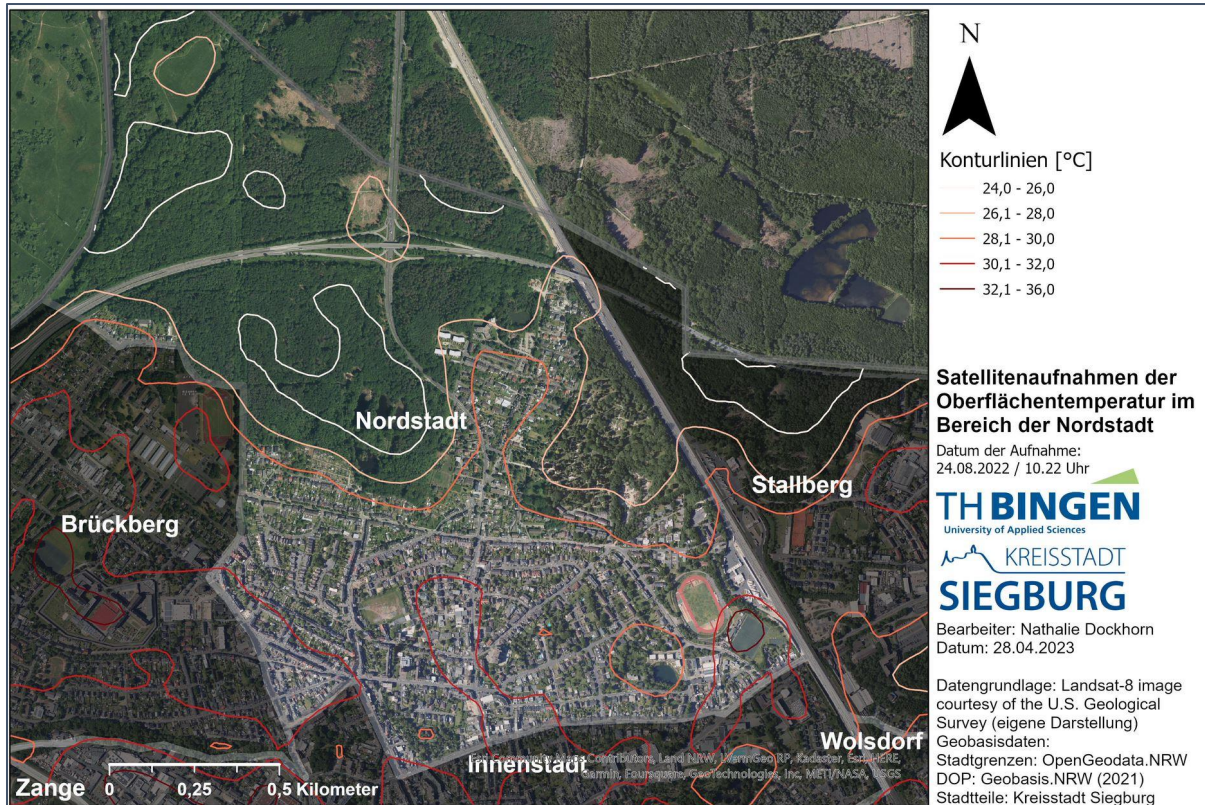


Abbildung 25: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf die Nordstadt

In Kaldauen findet sich die, nach der Innenstadt, zweithöchste Dichte hitzevulnerabler Einwohner*innen und auch die Satellitenaufnahmen zeigen hohe Oberflächentemperaturen (Abbildung 26). Die Daten des Klimaatlas NRW zeigen insgesamt eine geringere klimatische Belastung als in anderen Stadtteilen, wie beispielsweise der Innenstadt. Die Siedlungsfläche weist zwar eine starke thermische Belastung am Tag auf (Abbildung 17), liegt aber gleichzeitig zum Großteil in einem Kaltlufteinwirkungsbereich und wird als Bereich mit schwacher nächtlicher Überwärmung ausgewiesen (Abbildung 18), sodass sich die Wärmebelastung vor allem auf den Tag konzentrieren sollte. Hier könnten eher vereinzelte, punktuelle ggf. temporäre Maßnahmen angedacht werden, um die große Anzahl hitzevulnerabler Einwohner*innen zu schützen.

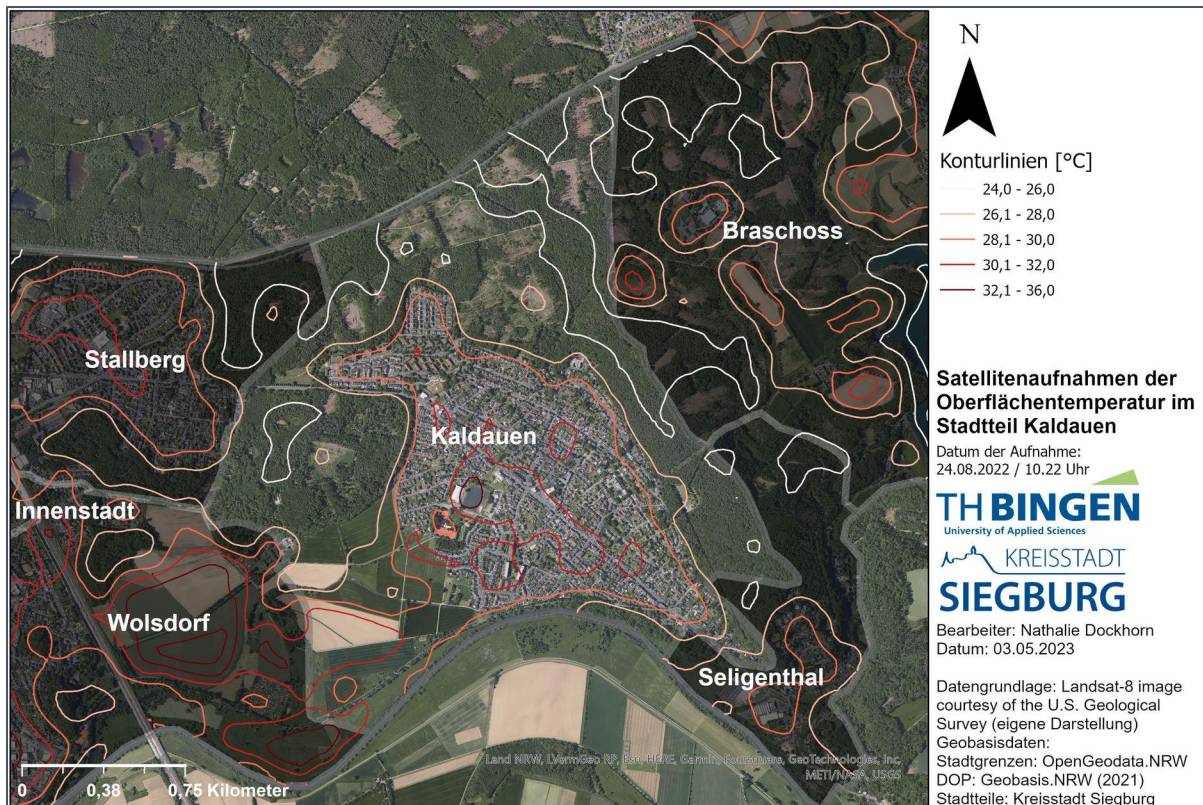


Abbildung 26: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Kaldauen

Die Satellitenmessungen der Oberflächentemperaturen in Brückberg ([Abbildung 27](#)) zeigen eine ähnliche klimatische Belastung wie im südlichen Teil der Nordstadt, allerdings mit einer besseren Erreichbarkeit von Grünflächen ([Abbildung 23](#)). Auch der Stadtteil Deichhaus weist höhere Oberflächentemperaturen auf ([Abbildung 28](#)) und liegt zusätzlich außerhalb der Erreichbarkeit von waldklimatischen Flächen ([Abbildung 23](#)). In beiden Stadtteilen findet sich eine ähnliche Anzahl hitzevulnerabler Einwohner*innen, allerdings jeweils nur halb so viele wie im Bereich der Nordstadt (Vgl. Kapitel 3.3), sodass eher eine Priorisierung in zweiter Instanz denkbar wäre. Abhilfe in besonderer Belastungssituation könnte zunächst über temporäre Maßnahmen geschaffen werden.

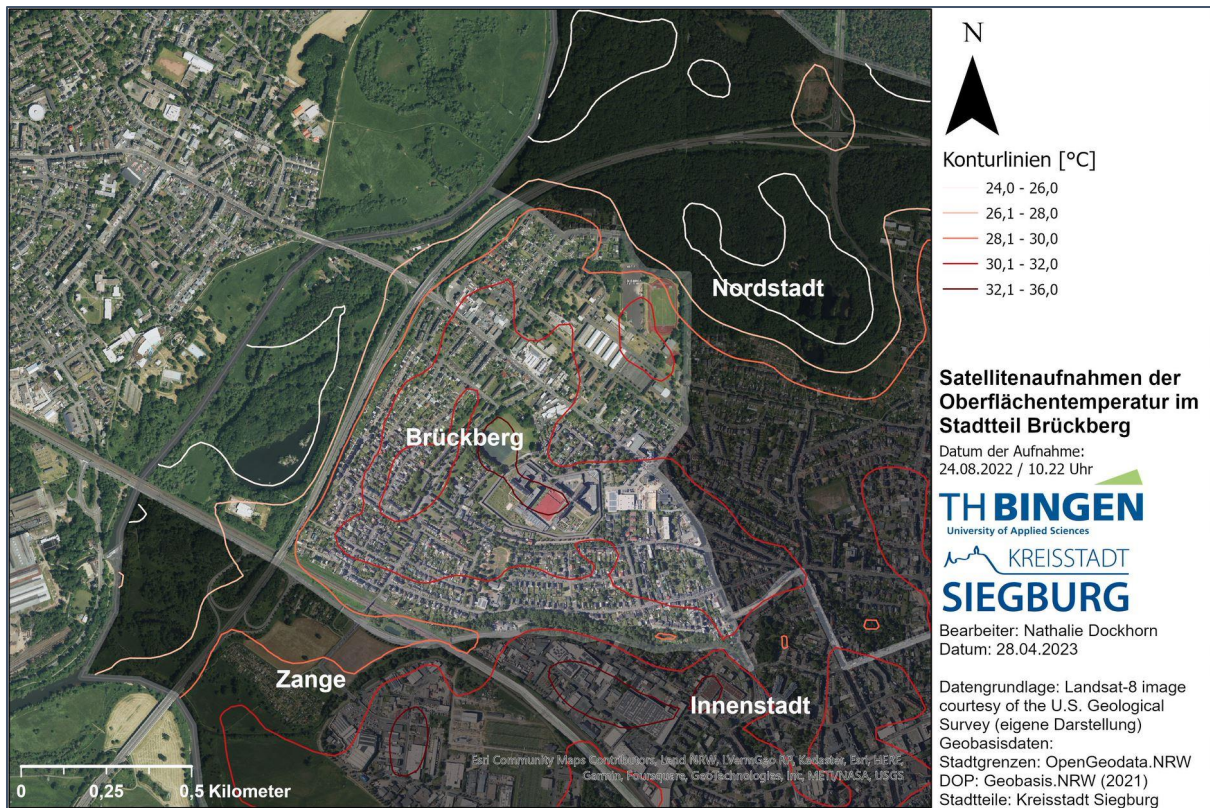


Abbildung 27: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Brückberg

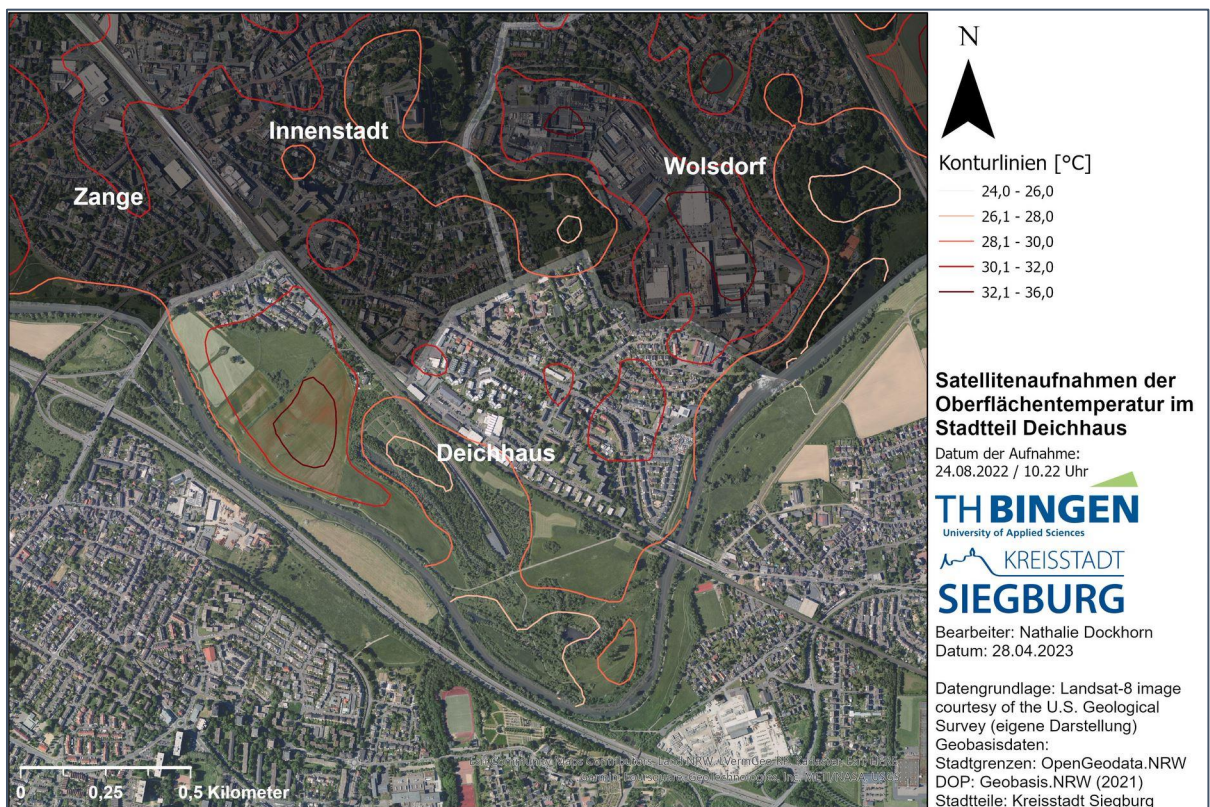


Abbildung 28: Satellitenmessungen der Oberflächentemperatur im Stadtgebiet, Fokus auf Deichhaus

4.3. Zusammenfassung und ergänzende Anmerkungen zur Auswahl der priorisierten Gebiete

Aufgrund der hohen klimatischen Belastung in Verbindung mit der höchsten Dichte vulnerabler Anwohner*innen soll die Innenstadt zunächst bei der Implementierung von Maßnahmen priorisiert werden, ebenso, wie der südliche Bereich der Nordstadt, der direkt an die Innenstadt angrenzt. Der Stadtteil Kaldauen soll, aufgrund der hohen Anzahl hitzevulnerabler Einwohner*innen, ebenfalls für Maßnahmen in Betracht gezogen werden, allerdings in geringerer Priorität als die Innenstadt und Nordstadt.

Im Stadtteil Wolsdorf zeichnen sich zwei Hitzehotspots im Bereich der Gewerbe-/Industriegebiete „Siegwerk“ und „Am Turm“ (Anhang 3.5.) ab. Ähnlich zum Hitzehotspot zwischen „Wilhelm-/Industriestr.“ in der Innenstadt, sollen diese Bereiche zunächst nicht priorisiert werden, da ein längerer Aufenthalt hitzevulnerabler Gruppen unwahrscheinlich ist. Aufgrund der Anzahl vulnerabler Einwohner*innen, die in einer ähnlichen Größenordnung wie Brückberg und Deichhaus liegen, könnten für Wolsdorf zu diesem Zeitpunkt eher punktuelle, temporäre Maßnahmen in einer besonderen Belastungssituation in Betracht kommen, eine Priorisierung des gesamten Stadtteils soll zunächst nicht erfolgen.

In Stallberg leben ähnlich viele vulnerable Einwohner*innen, wie Wolsdorf, der Stadtteil weist allerdings eine geringere klimatische Belastung auf (Kapitel 3.3., Anhang 3.7.) und liegt zudem in einem Kaltlufteinwirkungsbereich (Abbildung 18). Eine Priorisierung soll zu diesem Zeitpunkt nicht stattfinden. Die Stadtteile Zange, Braschoss und Seligenthal sollen, aufgrund der geringeren Anzahl hitzevulnerabler Einwohner*innen (Vgl. Kapitel 3.3.), ebenfalls zunächst nicht priorisiert werden.

Die bisherige Auswertung umfasst nur den Ist-Zustand. Im Klimaatlas NRW werden zusätzlich sogenannte Klimawandelvorsorgebereiche ausgewiesen, also Bereiche, die aufgrund der klimatischen Entwicklung in der Zukunft eine höhere Belastungsstufe aufweisen könnten (Abbildung 29). Als Grundlage für diese Abschätzung wird eine pauschale Erwärmung der Temperatur, nach den Ergebnissen regionalisierter Klimaprojektionen, im Jahresmittel bzw. in den Sommermonaten um etwa 1°C bis Mitte des Jahrhunderts angesetzt und auf die Ergebnisse der klimatischen Tag- bzw. Nachtsituation beaufschlagt. Für die Tagsituation entspricht das etwa einer PET-Zunahme von 1,5°C. Die höchste Belastungsstufe ist als „Klasse 5“ gekennzeichnet, die zweithöchste Stufe dementsprechend als „Klasse 4“ und so weiter. [44]

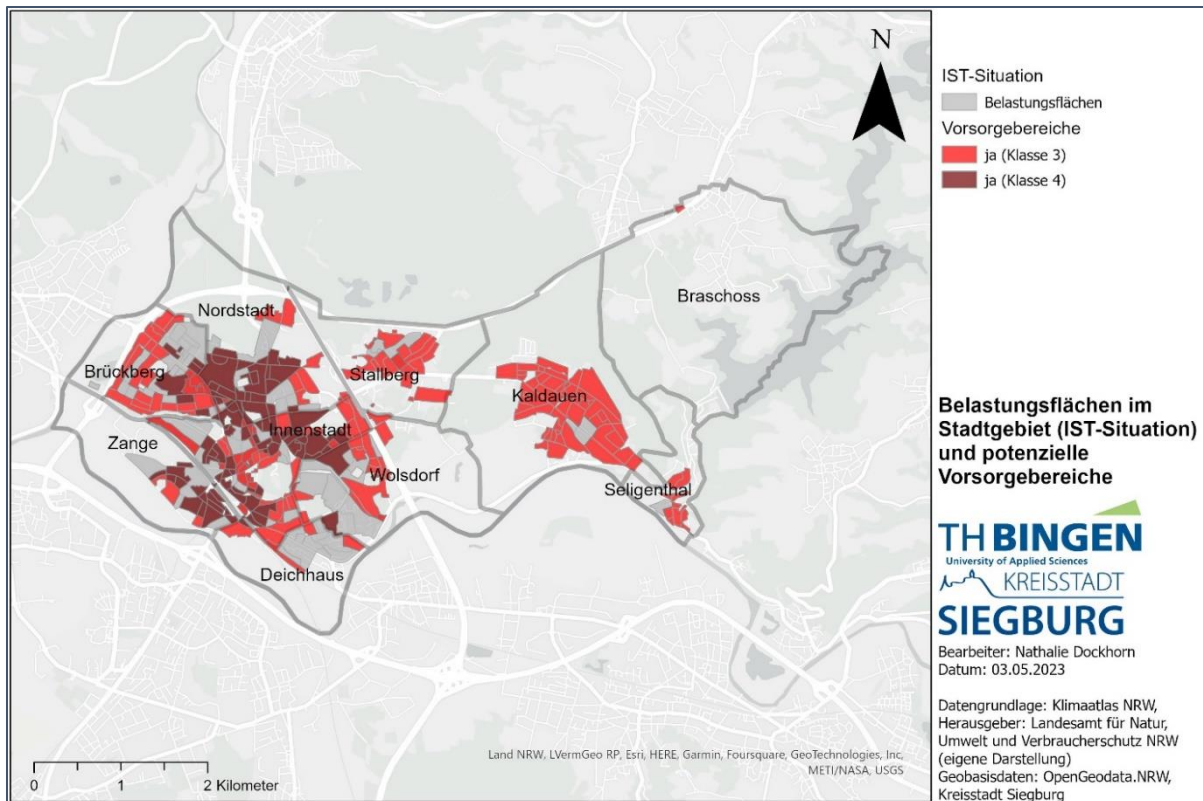


Abbildung 29: Belastungsflächen im Stadtgebiet (IST-Situation) und potenzielle Vorsorgebereiche

Im Siegburger Stadtgebiet finden sich Vorsorgebereiche der Klasse 3 und 4. Wie zu erwarten, nimmt der Umfang belasteter Flächen im ganzen Stadtgebiet zu. Ein Großteil der Vorsorgebereich der Klasse 4 liegen in der Innenstadt und im südlichen Teil der Nordstadt, Bereiche die bereits nach der IST-Situation priorisiert werden sollen. Die Vorsorgebereiche dienen der Verwaltung vor allem in der Planung langfristiger Klimaanpassungsmaßnahmen. Um die Stadtstruktur hitzeresilienter zu gestalten, braucht es langfristige Anpassungsmaßnahmen in allen Stadtteilen, weswegen hier keine weitere Priorisierung im Rahmen der Erarbeitung und Planung von langfristigen Maßnahmen erfolgen soll. Eine Priorisierung in der Umsetzung obliegt der Stadtverwaltung und könnte der hier erarbeiteten Priorisierung folgen.

5. Informationen zu Funktionsweise und Nutzungsmöglichkeiten des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes

5.1. Hintergrundinformationen

Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes ist seit 2005 im Einsatz. Eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise und wichtige Hintergrundinformationen finden sich in der Veröffentlichung „A. Matzarakis, G. Laschewski und S. Muthers, „The Heat Health Warning System in Germany - Application and Warnings for 2005 to 2019,“ *Atmosphere*, Bd. 11, Nr. 02, p. 170, 07 Februar 2020.“ [45], die hier verkürzt, und ergänzt um weitere Quellen, wiedergegeben werden soll.

Grundsätzliche Kenngröße des Warnsystems ist die gefühlte Temperatur (PT), mit welcher Einschätzungen zur thermischen Belastung des menschlichen Körpers getroffen werden können. Die gefühlte Temperatur beschreibt die Temperatur, die in einem definierten Referenzraum herrschen muss, damit sich dasselbe thermische Empfinden einstellt, das unter den gegebenen meteorologischen Bedingungen im Außenbereich gegeben ist. [46] Die grundsätzliche Berechnung ergibt sich aus der thermischen Behaglichkeitsgleichung, die 1972 von P. Ole Fanger definiert wurde. In der Gleichung werden Wärmeaufnahme und -abgabe des menschlichen Körpers bilanziert, wobei wichtige Faktoren beispielsweise der Wärmeverlust durch Verdunstung von Schweiß oder die Wärmeentwicklung durch körperliche Aktivität sein können. Das Ergebnis, der sogenannte PMV-Wert, beschreibt die thermische Behaglichkeit. Bei einem positiven Wert wird dem Körper mehr Wärme zugeführt, bei einem negativen Wert entsprechend Wärme entzogen und der Körper leidet Wärme- bzw. Kältestress. Wünschenswertes Ergebnis, ein Wert von Null, kennzeichnet die thermische Behaglichkeit. [47] Der PMV-Wert und die gefühlte Temperatur können wie folgt miteinander verbunden werden:

Tabelle 11: Zusammenhang der gefühlten Temperatur, PMV-Wert, Empfinden und körperlicher Beanspruchung (bearbeitet) [47]

Gefühlte Temperatur	PMV	Empfinden	Körperliche Beanspruchung
Über 38°C	4	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung
32 bis 38°C	3	Heiß	Starke Wärmebelastung
26 bis 32°C	2	Warm	Mäßige Wärmebelastung
20 bis 26°C	1	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
0 bis 20°C	0	Behaglich	Komfort möglich (z.B. durch angepasste Kleidung)

Die Gleichung war ursprünglich für Innenräume konstruiert, wurde aber auch für die Anwendung auf Außenbereiche erweitert. [47]

Zur Berechnung der gefühlten Temperatur wird ein vollständiges Energieaustauschmodell zwischen menschlichem Körper und Umgebung genutzt. Wichtige meteorologische Variablen sind dabei beispielsweise die Lufttemperatur und -feuchtigkeit oder die Windgeschwindigkeit. Wärmerelevante Faktoren für die Belastung des Körpers sind die Bekleidung und die Stoffwechselrate. [45] Der Deutsche Wetterdienst nutzt das Klima-Michel-Modell, in dem die metabolischen Werte in einer männlichen Referenzperson (35 Jahre, 75kg, 1,75m, körperliche Aktivität äquivalent zum Gehen mit 4km/h, Bekleidung variable) parametrisiert wurden. Die Kleidung wird durch die Referenzperson angepasst, um thermischen Komfort zu erreichen. Um der erhöhten Vulnerabilität älterer Personen gerecht zu werden, wurde neben dem „Klima-Michel“ eine zweite Referenzperson (75 Jahre, 1,75m, 70kg, übt eine körperliche Aktivität äquivalent 1km/h schnelles Gehen) entwickelt (Klima-Michel Senior) und die Fähigkeit zur Thermoregulation dieser Referenzperson entsprechend angepasst. Eingangsdaten für die meteorologischen Variablen werden aus den numerischen Wettervorhersagen in stündlicher Auflösung des Deutschen Wetterdienstes bezogen. [45] Es wird angenommen, dass sich die ältere Referenzperson bei steigenden Temperaturen länger im Komfortbereich bewegt, dann aber schneller und intensiver unter Hitze leidet, sodass beide Referenzpersonen bei etwa gleicher PT eine starke Wärmelast empfinden. Der Bereich der extremen Hitzebelastung wird von der älteren Referenzperson bei einer niedrigeren PT erreicht.

Neben der thermischen Belastung am Tag wird auch die Nachtsituation in Innenräumen betrachtet um eine mögliche nächtliche Überwärmung, die den menschlichen Körper zusätzlich belasten kann, abzubilden. Analog zur Gestaltung einer Referenzperson wird hierbei ein Referenzgebäude für die Modellrechnungen verwendet. Eine genauere Beschreibung des Gebäudes findet sich in der erwähnten Veröffentlichung von Matzarakis et al. (2020) [45]. Bei Städten mit über 100.000 Einwohner*innen wird zusätzlich der Effekt einer städtischen Wärmeinsel berücksichtigt. Die zur Berechnung der Innenraumtemperaturen herangezogenen Daten der numerischen Wettervorhersage werden mit einer Funktion zur Beschreibung des Wärmeinseleffektes verschnitten und anschließend in das Modell

gespeist. Die Korrektur um den Wärmeinseleffekt wird nur für nächtliche Vorhersagen angewandt, da der Effekt am Tage gering ist. [45]

5.2. Warnsystematik und Warnstufen

Die Hitzewarnungen werden jeweils auf Landkreisebene herausgegeben und in zwei Warnstufen unterschieden. Die erste Stufe beschreibt eine starke Wärmebelastung und tritt in Kraft, sobald eine gefühlte Temperatur über 32°C am frühen Nachmittag, in Verbindung mit nur einer geringen nächtlichen Abkühlung projiziert wird. Die zweite Warnstufe, eine extreme Wärmebelastung, wird herausgegeben, wenn die Vorhersagen eine gefühlte Temperatur am frühen Nachmittag über 38°C projizieren. Die Warnungen werden jeweils für den aktuellen Tag sowie den Folgetag ausgesprochen. [48] Über eine Anpassung des unteren Schwellenwertes für Warnungen vor starker Wärmebelastung, wird die kurzfristige Akklimatisation des menschlichen Körpers bei Hitzeereignissen berücksichtigt. Im Falle eines längeren Hitzeereignisses wird der Schwellenwert stetig, bis zu einem Maximalwert von 34°C, nach oben korrigiert. [45]

Die Warnungen werden automatisch auf Grundlage der numerischen Wettervorhersagen generiert und vor der Veröffentlichung überprüft und ggf. um weitere Informationen ergänzt. Beispielsweise wird ein Hinweis ergänzt, wenn auf Grund einer PT gewarnt wird, die für die jüngere Referenzperson eine starke Wärmebelastung bedeutet, für die ältere Referenzperson allerdings bereits im Bereich der extremen Wärmebelastung liegt. [45]

5.3. Möglichkeiten des Empfangs

Der Deutsche Wetterdienst veröffentlicht die Hitzewarnungen über eine Vielzahl elektronischer Kanäle. Auf der amtlichen Warnseite des DWD [49] können tagesaktuell sämtliche Warnmeldungen eingesehen werden. Daneben können die Warnmeldungen über einen kostenlosen Newsletter [50] oder als Push-Benachrichtigung über die DWD-Apps („Warn Wetter“ und „GesundheitsWetter“) [51] auf dem Smartphone bezogen werden.

5.4. Kosten

Die Warnmeldungen können über die Warnseite oder den Newsletter des DWD kostenlos eingesehen werden. Auch der Bezug der Warnungen über die eingeschränkte Version der „Warn Wetter App“ des DWD ist kostenlos möglich.

Lediglich die „GesundheitsWetter-App“ muss kostenpflichtig freigeschaltet werden.
[51]

6. Implementierung eines Hitzewarnsystems im Stadtgebiet

6.1. Grundlage der Hitzewarnungen und Multiplikatoren in der Verwaltung

Gewarnt wird auf Grundlage des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes, das im vorherigen Kapitel ausführlich beschrieben wurde. Zur Verteilung der Hitzewarnung unter den Einwohner*innen und Einrichtungen im Stadtgebiet wurden Multiplikatoren in der Stadtverwaltung bestimmt. Diese abonnieren den Newsletter des DWD, über welchen Hitzewarnungen ausgegeben werden, und streuen die Warnung an verschiedene Empfänger*innen. Folgende Multiplikatoren wurden in der Verwaltung bestimmt:

Multiplikator	Verteilung über	Zielgruppe
Amt 13: Archivwesen und Kommunikation	Newsletter „Siegburg aktuell“	Newsletter-Abonnenten, alle Einwohner*innen
Amt 13: Archivwesen und Kommunikation	Social Media (Instagram, Facebook)	alle Einwohner*innen

Zusätzlich zur Verteilung der Warnungen via Newsletter und Social Media, war geplant das Amt 51, Abteilung 510: „Verwaltung Kindertagesstätten und Sport“ als Multiplikator einzusetzen, um Hitzewarnungen an die Kindertagesstätten im Stadtgebiet zu streuen. Diese Aufgabe wurde im Jahr 2023 übergangsweise von Amt 80, Sgb. 801: „Umwelt und Klimaschutz“ übernommen. Wie die Verteilung der Warnungen an die Kindertagesstätten im Jahr 2024 sichergestellt werden kann, muss noch geklärt werden.

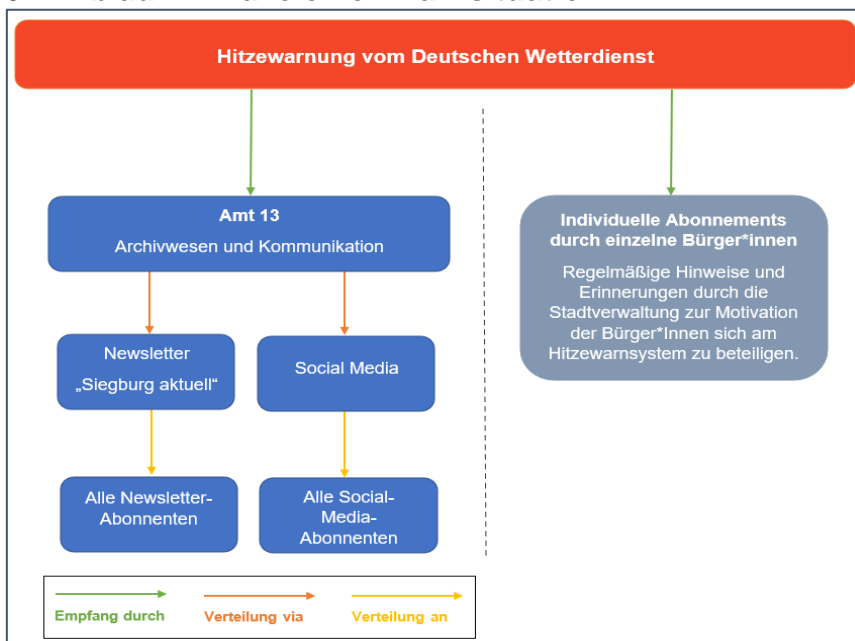
Weiterhin gab es die Überlegung das Amt 50, Sachgebiet 502: „Senioren“ als Multiplikator einzusetzen. Nach Rücksprache mit dem Sachgebiet sind allerdings einzelne Personen der Risikogruppe „Ältere Menschen“ für die Verwaltung schwierig zu erreichen und die Streuung von Hitzewarnungen ergibt hier nur bedingt Sinn. Auch ein regelmäßiger Austausch mit Senioreneinrichtungen wie Pflegeheimen oder Tagespflegen, auf Grundlage dessen eine Verteilung von Hitzewarnungen eingerichtet werden könnte, besteht nicht. Daneben sind die personellen Kapazitäten im Sachgebiet begrenzt und ein fest implementiertes Warnsystem ist aktuell nicht

umzusetzen. Statt eines Warnsystems über die Stadtverwaltung sollen hier Personen und Einrichtungen zur Eigeninitiative ermutigt werden. Bei regelmäßigen Veranstaltungen soll über das Thema der Hitzebelastung informiert und über entsprechende Verhaltensempfehlungen aufgeklärt werden. Daneben werden alle Seniorenzentren (und Kindertagesstätten) im Stadtgebiet angeschrieben und ebenfalls über das Warnsystem des Deutschen Wetterdienstes informiert, falls der Bedarf besteht die Warnungen unabhängig von der Stadtverwaltung zu abonnieren.

Da die Warnungen verwaltungsintern nur zu den Dienstzeiten (Montag bis Freitag) weitergegeben werden können und so die Wochenenden, Feier- und Brückentage nicht abgedeckt sind, sollen die von der Stadt ausgegebenen Hitzewarnungen regelmäßig einen Hinweis auf das Warnsystem des DWD enthalten, sodass jede*r Bürger*in die Möglichkeit hat, die Hitzewarnungen direkt vom Deutschen Wetterdienst zu abonnieren.

Zusätzlich soll zum gesamten Projekt des Hitzeaktionsplans eine Informationsseite auf der Webseite der Kreisstadt Siegburg eingerichtet werden. Auf dieser Seite sollen dann dauerhaft Informationen zu Verhaltensempfehlungen bei Hitzeereignissen und der Verweis auf den Warn-Newsletter des DWD hinterlegt sein, sodass auch hier nochmal die Möglichkeit für Bürger*innen gegeben wird, die Warnungen individuell zu abonnieren.

6.2. Ablauf im Falle einer Warnsituation



Im Falle einer Hitzewarnung erhalten die Multiplikatoren in der Stadtverwaltung den DWD-Newsletter und streuen diesen über Social-Media-Kanäle an ihre jeweiligen Zielgruppen.

Abbildung 30: Informationskaskade im Falle einer Hitzewarnung

7. Maßnahmenkatalog I: Kurz- und mittelfristige Anpassungsmaßnahmen

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
K01: Infoveranstaltungen in Senioreneinrichtungen und sozialen Einrichtungen zum Thema Hitze und Hitzevorsorge		
Kurzbeschreibung		
<p>Den Senioreneinrichtungen und sozialen Einrichtungen im Stadtgebiet wird jährlich das Angebot unterbreitet zum Sommerbeginn Infoveranstaltungen zum Thema Hitze und Hitzevorsorge durchzuführen. Zielgruppe sind dabei die Bewohner bzw. Betreuten der Einrichtungen und Inhalte beziehen sich vor allem auf Verhaltensempfehlungen zum richtigen Umgang mit Hitze. Weitere Inhalte bspw. zum Hintergrund des Klimawandels können mit den Einrichtungsleitungen abgestimmt werden.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt- und Klimaschutz ▪ Senioreneinrichtungen im Stadtgebiet ▪ Amt 10, Sgb. 100: Zentrale Dienste und Organisation (Gestaltungsteam) 	
Preis(-rahmen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personalkosten für Referent (intern) ▪ Materialkosten für Infomaterial 	
Rechtliche Regelungen		
-		
Vorteil der Maßnahme		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstige Maßnahme zur Sensibilisierung der Risikogruppen 		
Potenzielle Konflikte		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personelle Kapazitäten und Arbeitszeit müssen in der Verwaltung bereit gestellt werden 		
Sonstiges		
<p>Infomaterial zum Thema Hitze, Klima & Gesundheit BZgA - Klima - Mensch - Gesundheit</p>		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
K02: Einsatz von Vernebelungsanlagen zur Kühlung		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Als Notfallmaßnahme können an besonders heißen Tage Vernebelungs-/Zerstäuberanlagen an stark frequentierten Orten im Innenstadtbereich eingesetzt werden, um die thermische Belastung zu verringern und Bürger*innen Abkühlung zu verschaffen. Die Zerstäuber-Anlagen benötigen zum Betrieb Pumpentechnik und einen Strom- und Wasseranschluss. Für die einfachere Installation und um größere und kostenintensivere bauliche Maßnahmen zu vermeiden, sollte der Zerstäuber über ein Standrohr (mit eingebautem Wasserzähler) an einen nahe liegenden Hydranten angeschlossen werden. Es muss auf die Keimfreiheit des Wassers geachtet werden, um eine gefahrlose Nutzung zu ermöglichen (VDI 6022, Blatt 6). Da das Trinkwassernetz regelmäßig überprüft wird, würde sich ein Anschluss daran anbieten. Untersucht werden sollte das Wasser auf gängige Kaltwasserbakterien und Legionellen. Daneben müssen die Anlagen verkehrssicher aufgestellt werden.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<p>Amt 68: Baubetriebsamt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lagerung, technische Wartung/Funktionsprüfung <p>Stadtbetriebe Siegburg AöR - Fachbereich 110: Wasser</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Standrohr, Abrechnung Wasserverbrauch <p>Technisches Dienstleistungszentrum Siegburg, Rhein-Sieg-Netz GmbH</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromzähler ▪ Anschluss an das Wassernetz <p>Gesundheitsamt Rhein-Sieg-Kreis, Abteilung „Trinkwasser, Schwimm- und Badebeckenwasser“</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ zur Begleitung der hygienischen Überprüfung des Wassers bzw. der Anlage ▪ Herr Kufner (02241 132453) und Herr Kemper (02241 133547) 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Gerätekosten: variable*</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 Nebelbögen inkl. Pumpentechnik und Verbindungsteilen: 8.000€ (ca. 2.000€ für die Pumpe und 3.000€/Nebelbogen) ▪ 2 Nebelsäulen inkl. Pumpentechnik und Verbindungsteilen: etwa 3.500€ <p>Einbau Stromzähler: -</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromzähler: i.d.R. kostenfrei <p>Standrohr inkl. Wasserzähler: 726,00 €</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kautions: 600,00 € ▪ 42,00 €/Monat ▪ Annahme: Bereithaltung des Standrohrs über 3 Monate je Jahr <p>Wasserverbrauch: 14,81€/Jahr</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Annahme: 16 Düsen à 3,8l/h Durchfluss, Betrieb an 20 Tagen/Jahr mit 6 Stunden/Tag 	

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten pro m³-Wasser: 2,03 € brutto (Stand: 30.06.2023) ▪ Wasserverbrauch: 7,296 m³ <p>Stromverbrauch: 11,52€/Jahr</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energiebedarf: etwa 160 Watt = 0,16kW ▪ Annahme: Betrieb an 20 Tagen/Jahr mit 6 Stunden/Tag (120 Stunden) ▪ Verbrauch pro Jahr: 19,2 kWh ▪ kWh-Arbeitspreis: 0,60 ct/kWh (brutto) <p>Hygieneuntersuchungen (konform zur Trinkwasserverordnung): 600€</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ etwa 200€/Untersuchung ▪ Annahme: 3 Untersuchungen pro Jahr
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einrichtung eines Strom- und Wasserzählers zur verbrauchsgerechten Abrechnung ▪ VDI 6022, Blatt 6 muss eingehalten werden ▪ Verkehrssicherheit muss gewährleistet werden 	
<p>Vorteile der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Spontan umzusetzende Maßnahme zur Kühlung des Mikroklimas ▪ Schaffung neuer/Erhalt von bestehenden Aufenthaltsräumen im Freien auch an heißen Tagen 	
<p>Potenzielle Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konkurrenz um Wasser mit anderen Nutzungsformen (bspw. Landwirtschaft, Grünflächenbewässerung etc.) ▪ potenzielle Verbrennungsschäden bei Befeuchtung umliegender Vegetation (Lupeneffekt der Wassertropfen) ▪ Haftung bei Abgabe von keimbelastetem Wasser ▪ erhöhte Gefahr für Sonnenbrand, da durch Kühlung die Strahlungsintensität vermindert wahrgenommen wird 	
<p>Sonstiges</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ *Gerätekosten nach Aussage von Firma A. Rauch GmbH (RAUCH - Waagen / Sprühnebelsysteme / Lebensmittelmaschinen) ▪ Übersicht der Untersuchungsstellen für Trinkwasser in Nordrhein-Westfalen (LANUV (nrw.de)) 	

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
K03: Breite Informationskampagne zum richtigen Umgang mit Hitze		
Kurzbeschreibung Ergänzend zu den Informationsveranstaltungen in Senioreneinrichtungen und sozialen Einrichtungen, soll jährlich vor Beginn der heißen Jahreszeit eine breite Informationskampagne angestoßen werden, die alle Bürger*innen erreicht. Genutzt werden können dafür alle öffentlichen Veranstaltungen, an denen die Stadt beteiligt ist.		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt 10, Sgb. 100: Zentrale Dienste und Organisation (Gestaltungsteam) 	
Preis(-rahmen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialkosten für Infomaterialien ▪ Personalkosten 	
Rechtliche Regelungen -		
Vorteile der Maßnahme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstige Maßnahme zur Sensibilisierung der breiten Bevölkerung ▪ Nutzung der Reichweite städtischer Veranstaltungen 		
Potenzielle Konflikte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusätzliche Arbeitsbelastung für die Verwaltungsmitarbeiter*innen 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
K04: Einsatz von Haus-/Kinderärzten als Multiplikatoren, Ausstattung mit Infomaterialien		
Kurzbeschreibung		
<p>Haus- und Kinderärzte erreichen die Risikogruppen der „Säuglinge und Kleinkinder“, „Chronisch Kranke“ und „Ältere Menschen“ regelmäßig. Über die Praxen und medizinischen Einrichtungen im Stadtgebiet kann die Verwaltung indirekt Risikopersonen erreichen, über die Gefahren von Hitze aufklären und Verhaltensempfehlungen weitergeben. Es sollen Infomaterialien in den Praxen ausgelegt werden und die Mitarbeitenden für Aufklärung sensibilisiert werden.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt 10, Sgb. 100: Zentrale Dienste und Organisation (Gestaltungsteam) ▪ Kinderärzte und Allgemeinmediziner in Siegburg, Kardiologen, etc. 	
Preis(-rahmen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialkosten für Infomaterial 	
Rechtliche Regelungen		
-		
Vorteile der Maßnahme		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstige Maßnahme zur Sensibilisierung der Risikogruppen ▪ Erweiterung der erreichten Personen/Risikogruppen 		
Potenzielle Konflikte		
-		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M01: Interaktive Karte mit „coolen“ Spots		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Zum leichteren Auffinden kühler Orte soll eine interaktive Karte eingerichtet werden. Erste kühle Orte werden durch die Stadtverwaltung eingetragen, die Liste soll aber stetig durch Bürger*innen erweitert werden. Eine Kooperation mit bspw. Kirchen wäre denkbar, da diese Gebäude häufig durch ihre Bauart, eine kühlere Innenraumtemperatur aufweisen. Um ein leichteres Auffinden der Orte möglich zu machen, soll geprüft werden, ob eine Einbindung von Google Maps oder Karten für die Navigation möglich ist. Die Gestaltung der Karte kann ähnlich zur Beteiligungskampagne für den Mobilitätsplan Siegburg (Mobilitätsplan Siegburg) erfolgen.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ StS Digitalisierung, Abt. 102 - Informationstechnik 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ - durch Personalkosten gedeckt, da das Projekt in Eigenleistung der Verwaltung geleistet werden kann 	
<p>Rechtliche Regelungen</p> <p>-</p>		
<p>Vorteile der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstig ▪ ermöglicht leichteres Auffinden kühler Orte zur thermischen Entlastung der Bürger*innen 		
<p>Potenzielle Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einzelne Eigentümer von kühlen Orten könnten nicht mit der Ausweisung/Bewerbung ihres Ortes/ihrer Immobilie einverstanden sein. Es muss die Möglichkeit für Eigentümer geben einem Eintrag zu widersprechen und löschen zu lassen. ▪ Qualität der Einträge nicht unbedingt gegeben. 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M02: Schaffung von Sitzmöglichkeiten an kühlen Orten		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Das Stadtgebiet verfügt bereits über einige kühlere Orte (bspw. Alter Friedhof, Hufwald, Wolsberg), häufig fehlen dort allerdings Sitzmöglichkeiten, um ein längeres Verweilen zu ermöglichen. Durch Anschaffung von Sitzbänken oder Picknicktischen können die vorhandenen kühlen Orte für die tatsächliche Erholungsnutzung erschlossen werden. Zusätzlich können die Orte mit Infotafeln ausgestattet werden, auf denen das Mikroklima an diesem Ort näher erläutert wird und warum es kühler ist als bspw. in der Innenstadt. Ggf. sollte geprüft werden, ob zusätzlich zu den Bänken auch Mülleimer aufgestellt werden können, um ein Vermüllen der Plätze zu vermeiden.</p> <p>Auch sollte überprüft werden, ob die bereits im Stadtgebiet vorhandenen Sitzbänke sinnvoll platziert sind (keine direkte Sonnenexposition) und ggf. umgestellt werden.</p> <p>Der alte Friedhof wird bereits im Rahmen des ISEK-Projekts neu beplant und soll zur Parkanlage umgestaltet werden. Die Federführung für das Projekt liegt beim Amt 61, Abt. 611: Stadtplanung und Denkmalschutz.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jeweilige Grundstückseigentümer <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genehmigung zur Aufstellung ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eruierung kühler Orte ▪ Amt 68, Abt. 683: Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe ▪ Amt 68, Abt. 681: Straßenunterhaltung / Straßenreinigung ▪ Amt 61, Abt. 611: Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Regionalforstamt Rhein-Sieg-Erft <ul style="list-style-type: none"> ▪ Für Sitzgelegenheiten in Wäldern ▪ Kreisverwaltung Rhein-Sieg, Dezernat 4, Amt für Umwelt- und Naturschutz <ul style="list-style-type: none"> ▪ Landschafts- und Naturschutzgebiete 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Kosten für eine Sitzbank: ca. 2.000€*</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Aufbau und Montage <p>Kosten für Mülleimer: ca. 300€*</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Aufbau und Montage <p>Kosten der zstzl. Leerung: variabel*</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ variieren nach Länge der Anfahrt und Häufigkeit des Leerungsbedarfs 	

Rechtliche Regelungen

- Einverständnis des Grundstückeigentümers bzw. -verwalters notwendig

Vorteile der Maßnahme

- Erschließung bereits vorhandener kühler Orte für die Erholungsnutzung
- Vermeidung von pot. kostenintensiven Neuschaffungen oder Umgestaltungen

Potenzielle Konflikte

- Natur- oder Landschaftsschutz
- möglich vermehrt achtlos weggeworfener Müll von Nutzern

Sonstiges

*Preisrahmen nach Aussage Amt 68, Abt. 681 kalkuliert.

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>M03: Einrichtung von Refill-Stationen im Stadtgebiet und Ausgabe von Trinkflaschen an Bürger*innen</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Da besonders während der heißen Jahreszeit ausreichendes und regelmäßiges Trinken wichtig zum Umgang mit der Hitze ist, soll den Bürger*innen der Zugang zu kostenlosem Leitungswasser erleichtert werden. Im Rahmen der Refill Deutschland Initiative sollen Refill Stationen in städtischen Gebäuden eingerichtet werden. An diesen Stationen kann sich dann jeder/jede eine mitgebrachte Flasche mit Leitungswasser füllen. Die Refill Station können nur während der Öffnungszeiten der städtischen Gebäude genutzt werden. Neben der Ausweisung eigener Refill Stationen möchte die Stadtverwaltung Einzelhändler*innen im Stadtgebiet ermutigen ebenfalls eine Refill Station einzurichten. Zusätzlich können bei Infoveranstaltungen Trinkflaschen an Bürger*innen verteilt werden und dabei die Nutzung der Refill Stationen beworben werden.</p> <p>Das an Refill-Stationen ausgegebene Leitungswasser muss Trinkwasserqualität aufweisen. Das Gesundheitsamt empfiehlt daher eine regelmäßige Überprüfung der Qualität gem. Trinkwasserverordnung. Daneben sollte eine regelmäßige Hygienespülung durch die Hausverwaltung erfolgen.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadtbetriebe Siegburg AöR - Fachbereich 110: Wasser ▪ Stadtverwaltung Amt 65: Amt für Immobilienmanagement ▪ Gesundheitsamt Rhein-Sieg-Kreis, Abteilung „Trinkwasser, Schwimm- und Badebeckenwasser“ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herr Kufner (02241.132453) und Herr Kemper (02241.133547) 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Mehrkosten für Leitungswasser: 155,25 € (brutto)/Jahr</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Annahme: Tägliche zstzl. Wasserentnahme von 50l (Januar-April und September-Dezember) bzw. 100l (Mai-August) \approx 25.000l/Jahr $\hat{=}$ 25 m³/Jahr. Frishwassergebühr: 2,03 €/m³ (brutto) (Stand: 30.06.2023) ▪ Schmutzwassergebühr: 4,18 €/m³ (Stand: 30.06.2023) <p>Mehrkosten für regelmäßige Beprobung des Leitungswassers: 2.400€/Jahr</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ etwa 200€/Untersuchung ▪ Annahme: Monatliche Untersuchung <p>Anschaffungskosten der Trinkflaschen: 5.000€</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 600 St. Edelstahltrinkflaschen mit Lasergravur 	

Rechtliche Regelungen

- Trinkwasserverordnung

Vorteile der Maßnahme

- Entlastung der Umwelt durch geringere Produktionslasten von Leitungswasser im Vergleich zu Flaschenwasser
- bessere Versorgung der Bürger*innen mit kostenlosem Trinkwasser (gem. EU-„Trinkwasserrichtlinie“ 98/83/EG)

Potenzielle Konflikte

- Eventuell keine getrennte Abrechnung des verwaltungsinternen Wasserverbrauchs und Verbrauch der Refill-Station möglich
- Vandalismusschäden oder Verunreinigung der Entnahmestelle durch Nutzer möglich.

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M04: Beschaffung von mobilem Grün für den Innenstadtbereich während der Sommermonate		
Kurzbeschreibung Vegetation kann das Mikroklima durch Transpiration abkühlen und durch Beschattung die gefühlte Temperatur zusätzlich senken. Um den Vegetationsanteil in der Innenstadt zu steigern, ohne größere Baumaßnahmen umsetzen zu müssen, können mobile Grün-Elemente eingesetzt werden. Die Module können als Mietmodelle bezogen werden, sodass die Elemente bedarfsgerecht beschafft werden können und eine Lagerung über den Winter entfällt. Bei Auswahl eines Modells sollte darauf geachtet werden, dass dieses autark läuft, also bspw. über ein eigenes Bewässerungssystem verfügt und keine externe Bewässerung nötig ist. Daneben kann es von Vorteil sein, wenn die Elemente zusätzlich Sitzgelegenheiten bieten, um ein Verweilen im kühleren Mikroklima zu ermöglichen. Der Abschluss einer Haftpflichtversicherung gegen Schädigung von Dritten durch die Elemente kann sinnvoll sein. An den Modulen können Werbetafeln angebracht werden, sodass die Kosten über Sponsoring durch bspw. Einzelhändler aus dem Innenstadtbereich gesenkt werden können.		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt 80, Sgb. 802: Wirtschaftsförderung ▪ Amt 61, Abt. 611: Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Amt 32: Amt für öffentliche Ordnung ▪ Feuerwehr 	
Preis(-rahmen)	Etwa 8.000€/Monat bei gemieteten Modulen zzgl. Transport (ca. 2.000€)*	
Rechtliche Regelungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Urheberrechtsanspruch und Gestaltungssatzung am Aufstellungsort prüfen <ul style="list-style-type: none"> → Standort Europaplatz: „Satzung der Stadt Siegburg über besondere Anforderungen an die Gestaltung der baulichen Anlagen, der Werbeanlagen und der öffentlichen Verkehrsflächen im Bereich Europaplatz“ vom 23.03.2006 → Standort Innenstand (Marktplatz, Nogerter Platz etc.): „Gestaltungsleitfaden Innenstadt ▪ Prüfung, ob Ausführungsgenehmigung nach §78 (Fn 22) „Genehmigung Fliegender Bauten“ BauO NRW nötig ist. 		

- Feuerwehrezufahrten und Rettungswege dürfen nicht durch die Elemente beeinflusst werden.

Vorteile der Maßnahme

- Verbesserung des Mikroklimas (Bindung von Kohlenstoffdioxid, Beschattung, Transpirationskühle)
- Verbesserung der Luftqualität (Bindung von Luftschadstoffen und Feinstaub)
- optische Aufwertung der Innenstadt
- Steigerung der Aufenthaltsqualität
- Schaffung einer Begegnungsstätte für Bürger*innen
- Steigerung der Attraktivität von aktuell wirtschaftlich abgehangenen Plätzen

Potenzielle Konflikte

- „Angriffsfläche“ für Vandalismus
- Ansammlung von Wasserdampf bei unzureichender Durchlüftung von Plätzen kann zur Verschlechterung des Mikroklimas (höhere gefühlte Temperatur) beitragen.

Sonstiges

*Kostenkalkulation nach Aussage der Firma Helix Pflanzensysteme GmbH für das „Mobile Grüne Zimmer“ ([Mobiles Grünes Zimmer | Pflanzen mieten | HELIX Pflanzen \(helix-pflanzen.de\)](#))

Weiterer Anbieter bspw. MobiGa UG ([MobiGa - Mobile Vertikale Gärten](#))

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M05: Erstellung eines Kataloges von hitzeverträglichen Baum-/Straßengrünarten		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Für eine zukünftige nachhaltige Gestaltung des Stadtgrüns, aber auch für Neupflanzungen und mittelfristig notwendige Ersatzpflanzungen soll ein Artenkatalog erarbeitet werden, welcher Arten auflistet, die gut an das sich verändernde Klima angepasst sind. Wichtiges Kriterium neben Hitze- und Trockenheitstoleranz ist eine gewissen Frosthärte. Daneben sollen die Bäume eine geringe Produktionsrate von Terpenen aufweisen, da diese unter bestimmten Bedingungen zu bodennahem Ozon umgewandelt werden können, was die Luftqualität mindern kann. Auch sollte auf einen ausgewogenen Anteil heimischer Arten geachtet werden, welcher um klimaangepasste Arten ergänzt wird.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz 	
Preis(-rahmen)	- (durch Personalkosten abgedeckt)	
<p>Rechtliche Regelungen</p> <p>-</p>		
<p>Vorteile der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Strategie zur Förderung der Biodiversität, Verbesserung des Mikroklimas und Verbesserung der Luftqualität ▪ Erhöhung der Resilienz des Straßengrüns (weniger Fällungen wg. Schäden, geringerer Verwaltungsaufwand, weniger Ersatzpflanzungen mit langer und pflegeintensiver Anwuchszeit) ▪ Verringerung der Häufigkeit von Ersatzpflanzungen und damit Verringerung der Kosten für Bürger*innen. 		
<p>Potenzielle Konflikte</p> <p>-</p>		
<p>Sonstiges</p> <p>Stadtgrün Onlinetool des Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Klimaresiliente Baumarten finden (hlnug.de))</p>		

M. Brune, (2016): Urban trees under climate change. Potential impacts of dry spells and heat waves in three German regions in the 2050s. Report 24. Climate Service Center Germany, Hamburg.

Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz GmbH (ThINK), „Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel - Stadtbaumkonzept zur nachhaltigen Sicherung und Entwicklung des Baumbestandes in Jena,“ Stadt Jena: Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt, Jena, 2016.

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>M06: Erarbeitung einer Strategie um Bürger*innen zur Entsiegelung zu motivieren</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Versiegelte Flächen sind unter mehreren Gesichtspunkten problematisch. Eine Versickerungsfähigkeit ist nicht gegeben, sodass die Flächen vollständig in die Kanalisation entwässert werden müssen. Im Falle eines Starkregens oder anhaltender Niederschläge tragen diese Flächen zu einer potenziellen Überlastung der Kanalisation bei. Daneben heizen sich versiegelte Flächen schnell und nachhaltig auf, was den urbanen Hitzeinseleffekt begünstigt. Hochversiegelte Gebiete sind häufig Hitzehotspots. Auch findet Vegetation dort schlechte Wachstumsbedingungen, sodass eine Abkühlung der Umgebungsluft über Verdunstungskälte nicht oder nur sehr gering möglich ist und auch die Biodiversität profitiert nicht von solchen Flächen. Die Entsiegelung von Flächen lohnt sich also auf mehreren Ebenen. Da die Stadt nur auf einen kleinen Teil der Flächen direkten Zugriff hat, sollen Bürger*innen motiviert werden selbst Entsiegelungsmaßnahmen durchzuführen. Beispiel für eine solche Strategie könnte die Einführung eines Entsiegelungskatasters sein, dass über das Argument der Einsparung von Abwassergebühren Grundstücksbesitzer*innen motivieren soll zu entsiegeln. Um die Entsiegelung privater Grundstücke zusätzlich attraktiv zu gestalten, könnte, neben einer umfassenden Aufklärung über den Mehrwert entsiegelter Flächen, auch ein finanzieller Anreiz über eine Förderung von Entsiegelungsmaßnahmen gesetzt werden.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 61, Abt. 611: Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Stadtbetriebe Siegburg AöR - Fachbereich 100: Abwasser ▪ Firma Klärle GmbH (Entsiegelungskataster) 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Entsiegelungskataster</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einrichtung, Aufbau und Öffentlichkeitsarbeit: etwa 20.000€* ▪ Pflege, Wartung: etwa 2.000€/Jahr* <p>Erarbeitung einer Strategie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ - 	

Rechtliche Regelungen

- Keine rechtlichen Vorgaben für Erarbeitung einer Strategie bzw. Entsiegelungskataster.
- Entsiegelungsmaßnahmen bedürfen häufig Baugenehmigungen. Prüfung muss durch Bauherren erfolgen. Aufklärungsarbeit im Rahmen der Anpassungsmaßnahme wird empfohlen.
- Entsiegelung von Flächen bzw. Minimierung von Flächenversiegelung als übergeordnetes Ziel in Bundesgesetzen verankert (§179 BauGB, §5 BBodSchG).

Vorteile der Maßnahme

- Indirekte Erweiterung des Flächenpools pot. entsiegelbarer Flächen
- Vorteile entsiegelter und begrünter Flächen: Verbesserung des Mikroklimas, Bindung von Luftschadstoffen, Erhalt und ggf. Förderung der Biodiversität, Entlastung der Kanalisation, Beitrag zur Grundwasserneubildung und Wasserrückhalt durch entsiegelte Flächen (Beitrag zur Starkregenvorsorge)
- Bindung von Kohlenstoffdioxid in begrünter Flächen

Potenzielle Konflikte

- Geringere kommunale Einnahmen aus Abwassergebühren (Höhe des Fehlbetrages nicht abzuschätzen)
- Voraussetzung für die Erstellung eines Entsiegelungskatasters (sofern gewünscht) sind Daten zur Klassifizierung aller Flächen im Stadtgebiet nach Versiegelungsgrad, welche von der Stadtverwaltung bereit gestellt werden müssen.

Sonstiges

*Grober Kostenrahmen für das Entsiegelungskataster nach Aussage der Firma Klärle GmbH (Telefonat am 11.07.2023)

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M07: Erarbeitung einer Strategie zur Förderung von mehr Grün im Stadtgebiet		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Vegetation hat mehrere positive Effekte auf das Mikroklima. Die gefühlte Temperatur kann über Schattenwurf und Transpiration gemindert werden. Daneben steigt die Luftqualität, weil die Pflanzen Schadstoffe aus der Luft filtern. Durch die Bindung von Kohlenstoffdioxid, welches die Pflanzen für die Photosynthese benötigen, kann zusätzlich noch ein Beitrag für den Klimaschutz geleistet werden. Es sprechen also mehrere Aspekte dafür, das Stadtgebiet grüner zu gestalten. Dieses Ziel kann allerdings nur mit Unterstützung der Bürgerinnen und Bürger erreicht werden. Es soll eine Strategie erarbeitet werden, wie die Stadtverwaltung mehr Grün in den Stadtbereich bringen kann und wie Bürgerinnen und Bürger zur Schaffung von mehr Grünflächen motiviert und bei eigenen Vorhaben unterstützt werden können.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt 61, Abt. 611: Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Amt 68, Abt. 683: Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>-</p>	
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderungen müssen vom Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz beschlossen werden. ▪ Erarbeitung einer Förderrichtlinie durch Stadtverwaltung und Beschluss durch Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz 		
<p>Vorteile der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorteile von Vegetation im städtischen Raum: Verbesserung des Mikroklimas, Unterstützung des Klimaschutzes, Verbesserung der Luftqualität, Wasserrückhalt, Entlastung der Kanalisation bei Starkregenereignissen, Erhöhung des Aufenthaltswertes öffentlicher Räume 		
<p>Potenzielle Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mehr Vegetation kann u.U. zu erhöhtem Allergiepotezial und Insektenaufkommen im Stadtbereich beitragen ▪ Mehr Vegetation kann u.U. zu einem erhöhtem Pflegeaufwand bzw. erhöhte Pflegekosten beitragen 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M08: Förderung von Sonnensegeln für soziale Einrichtungen		
Kurzbeschreibung		
<p>Sonnensegel können als Schattenspender die gefühlte Temperatur in ihrem Einflussbereich verringern und so zur thermischen Entlastung beitragen. Daneben sind die baulichen Maßnahmen zur Installation solcher Segel meist geringer und kostengünstiger als eine aufwendige Neugestaltung exponierter Flächen. Gefördert werden sollen in ersten Linie Einrichtungen, die Risikogruppen betreuen. Alternativ zur Förderung der Anschaffung, kann auch die Anschaffung selbst eine Maßnahme sein. In diesem Fall entfällt das Erstellen einer Förderrichtlinie.</p> <p>Vor Umsetzung der Maßnahme sollte der Bedarf in den Einrichtungen abgeklärt werden.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt 51, Abt. 510: Verwaltung Kindertagesstätten und Sport ▪ Soziale Einrichtungen im Stadtgebiet 	
Preis(-rahmen)	<p>Richtet sich nach Größe des Fördertopfs, den die Verwaltung bereitstellen kann bzw. Anzahl und Beschaffenheit der anzuschaffenden Segel.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten für ein Segel variieren je nach Art und Größe der Segel. Ganzjährige, wind- und wasserdurchlässige Segel liegen je nach Größe bei etwa 6.000 – 14.000€/Segel inkl. Montage.* 	
Rechtliche Regelungen		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderungen müssen vom Umweltausschuss beschlossen werden ▪ Erarbeitung einer Förderrichtlinie durch Stadtverwaltung und Beschluss durch Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz 		
Vorteile der Maßnahme		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung sozialer Einrichtungen bei der Klimaanpassung und so indirekter Beitrag zum Schutz der Risikogruppen. 		
Potenzielle Konflikte		
-		
Sonstiges		
*Preisabfrage bei Firma Sonnenschutztechnik Lohmar GmbH		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M09: Einrichtung eines Buddy-Systems/einer Nachbarschaftshilfe zur Vernetzung der Bürger*innen		
Kurzbeschreibung Analog zum System der „Taschengeldbörse“ kann ein Buddy-System/eine Nachbarschaftshilfe eingerichtet werden. Personen, die körperlich bedingt an heißen Tagen nicht selbst notwendigen Erledigungen nachgehen können, sollen so leichter Zugriff auf Hilfsangebote erhalten. Das System basiert auf Freiwilligkeit.		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ StS Digitalisierung, Abt. 102 - Informationstechnik 	
Preis(-rahmen)	- (kann verwaltungsintern geleistet werden)	
Rechtliche Regelungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorgaben des Datenschutzes müssen eingehalten werden 		
Vorteile der Maßnahme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Niedrigschwelliges Hilfsangebot ▪ kann auch die Risikogruppe der „sozial isoliert“ Lebenden erreichen. 		
Potenzielle Konflikte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfolg abhängig von Anzahl der registrierten Helfer ▪ Missbrauch des Systems durch Betrüger möglich (können so hilfsbedürftige Personen ausmachen) ▪ Digitale Systeme können Hindernis für ältere Generationen bedeuten 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
M10: Erweiterung des Angebotes kostenloser Toiletten		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Durch die erhöhte Flüssigkeitsaufnahmen, die besonders an heißen Tagen empfohlen wird, kann gleichzeitig ein erhöhter Bedarf an öffentlichen Toiletten entstehen. Es soll geprüft werden, ob der Bestand an öffentlichen Toiletten ausgeweitet werden kann. Auch denkbar wären Kooperationen mit Einzelhändler*innen und Gastrobetrieben im Stadtgebiet. Im Rahmen der Kooperation dürfen Bürger*innen kostenlos die WC-Anlagen der Händler*innen und Gastrobetrieben nutzen, welche dafür eine Ausgleichszahlung von der Stadt erhalten.</p> <p>Um die Toiletten zu „bewerben“ und die Bürger*innen zu informieren, könnte in der geplanten interaktiven Karte für „coole Spots“ auch öffentliche Toiletten hinterlegt werden.</p>		
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 802: Wirtschaftsförderung 	
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Verhandlung in Kooperationsverträgen</p>	
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine, es empfiehlt sich aber die Vorgaben aus der ASR A4.1 (Technische Regeln für Arbeitsstätten, Sanitärräume) anzuwenden. 		
<p>Vorteile der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung von Hemmnissen zur erhöhter Flüssigkeitsaufnahme ▪ Vermeidung hoher Anschaffungs- und Unterhaltskosten öffentlicher Toiletten bei Kooperation mit Einzelhändler*innen und Gastrobetrieben 		
<p>Potenzielle Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle, ob Betriebe Kooperationsvereinbarung umsetzen, wie vereinbart, ist schwierig. 		
<p>Sonstiges</p> <p>ASR A4.1: Sanitärräume (BAuA - Technischer Arbeitsschutz (inkl. Technische Regeln) - ASR A4.1 Sanitärräume - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)</p>		

8. Maßnahmenkatalog II: Langfristige Anpassungsmaßnahmen

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
L01: Verschattung von Fuß- und Radwegen im Stadtgebiet		
Kurzbeschreibung		
<p>Um die thermische Belastung auf Fuß- und Radwegen zu verringern und klimafreundliche Mobilitätsformen gleichzeitig attraktiver zu gestalten, sollen Möglichkeiten der Verschattung geprüft werden. Eine erste Übersicht von Verschattungsmöglichkeiten werden in der Maßnahme L05 (S.94) erarbeitet.</p>		
<p>Beispiel für eine solche Maßnahme wäre die Verschattung eines Abschnittes des Fahrradweges der ehemaligen Bahntrasse der Aggertalbahn. Der Abschnitt zwischen dem Kreisverkehr Zeithstraße/Neuenhof und Cecilienstraße ist voll sonnenexponiert (Abbildung 31).</p>		
		
<p>Abbildung 31: Luftbild der potenzielle Verschattungsfläche des Fahrradweges auf der ehem. Aggertalbahntrasse (Quelle: Google Maps)</p>		
<p>Die zu verschattende Strecke ist etwa 80m lang. Der gemeinsame Geh- und Radweg hat insgesamt eine Breite von etwa 3,10m, sodass rechts und links jeweils etwa 30cm für die Befestigung der Verschattungselemente zur Verfügung stehen, um weiterhin die Mindestbreite von 2,50m nach Straßenverkehrsordnung einzuhalten.</p>		

Zur Verschattung können tunnelförmige Rankgerüste über dem Weg montiert werden, sodass ein unterbrochener Laubengang gebildet wird. Die Gerüste können mit Kletterpflanzen bepflanzt werden, die dann die gewünschte Verschattung erzeugen (Gestaltungsbeispiel in Abbildung 32). Alternativ können statt Rankgerüsten Pergolen eingesetzt werden.

Die Kletterpflanzen müssen regelmäßig gepflegt und zurückgeschnitten werden, um die empfohlene lichte Höhe von min. 2,50m für den Radverkehr zu erhalten. [52]



Abbildung 32: Laubengang in Varenna, Italien

Zur Begrünung der Ranksysteme eignen sich schnell wachsende Pflanzenarten wie beispielsweise die Dreilappige Jungfernrebe „Veitchii“ (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii'). Die Jungfernrebe ist ein sommergrünes Gehölz, welches ursprünglich aus Asien stammt und für sonnige bis schattige Standorte geeignet ist. Durch den Laubabwurf in den kalten Jahreszeiten, kann ein erhöhter Pflegeaufwand entstehen, allerdings wird dadurch gleichzeitig eine ausreichende Belichtung der Laubengänge in den dunkleren Monaten ermöglicht. Die Pflanze ist anspruchslos und kann auf normalem bis humosen Boden angepflanzt werden, bedarf allerdings einer regelmäßigen Bewässerung. Mit einem Zuwachs von 40 bis 100cm/Jahr können auch größere Flächen zügig begrünt werden. [53] Die Jungfernrebe ist ein Selbstklimmer und hält sich mit Haftscheiben am Gerüst. Damit das Gerüst keinen Schaden nimmt, dürfen keine Spalten oder Rissen vorhanden sein, in die die Pflanze hineinwachsen kann.

Alternativ zur Dreilappige Jungfernrebe „Veitchii“ kann auch die Wilde Weinrebe (*Vitis sylvestris*) als einheimische Art angepflanzt werden. Die Weinrebe ist ebenfalls ein sommergrünes Gehölz, das für sonnige bis halbschattige Standorte geeignet ist. Ihre Früchte sind essbar und dienen unter anderem 19 Vogelarten als Nahrung. [54] Die Wilde Weinrebe ist in der Kategorie „Stark gefährdet“ auf der Roten Liste

aufgeführt [55] und wilde Populationen nach Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt. [56]

Problematik der Kostenkalkulation

Da das Gerüst individuell angefertigt werden und die Auftragsvergabe ab 25.000€ mindestens in der beschränkten Ausschreibung erfolgen muss, ist eine genaue Kostenkalkulation zu diesem Zeitpunkt nicht möglich. Bausätze für Rankgerüste bei einer Länge von 5,50m und einer Tiefe von 3,00m liegen bei rund 10.000 €. [57] Insgesamt würden etwa 13 Gerüste benötigt werden, um die gesamte Wegstrecke von 80m, mit kleinen Unterbrechungen zwischen den einzelnen Elementen, zu verschatten, sodass für reine Materialkosten etwa 130.000€ angesetzt werden können. Kosten für die Montage der Gerüste, Setzlinge der Kletterpflanzen und Pflegeschnitte kommen noch hinzu.

Alternativ können Pergolen als Gerüst eingesetzt werden. Eine Pergola von 10m Länge, 3m Breite und 2,7m Höhe kostet etwa 22.000€. [58] Für die Verschattung, mit kleinen Unterbrechungen, wären 7 Pergolen notwendig, für die Kosten von etwa 150.000€ anfallen würden. Kosten für die Montage der Gerüste, Setzlinge der Kletterpflanzen und Pflegeschnitte kommen noch hinzu.

Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 64, Sgb. 641 - Mobilität ▪ Amt 68, Abt. 683 - Grünflächenunterhaltung ▪ Amt 80, Sgb. 801 - Umwelt und Klimaschutz ▪ Amt ZV - Zentrale Vergabestelle
Preis(-rahmen)	<p>Rankgerüste (Alternative: Pergolen) Genaue Kalkulation nicht möglich</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ individuelle Anfertigungen ▪ Vergabe über Ausschreibung – Angebotspreise können variieren <p>Kletterpflanzen Dreilappige Jungfernrebe „Veitchii“: 1.920 €</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorkultiviert: 60 - 100cm ▪ 2 Pflanzen/m, bei 80m ≈ 160 Pflanzen ▪ Kosten pro Pflanze ≈ 12,00€

Rechtliche Regelungen

- Kennzeichnung des gemeinsamen Geh- und Radweges mit Zeichen 240 Anlage 2 (zu § 41 Absatz 1) StVO: Mindestbreite eines gemeinsamen Geh- und Radweges nach Pkt. II, 2. a) bb), Abs. 20 zu § 2 (Straßenbenutzung durch Fahrzeuge) Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-

Ordnung (VwV-StVO) (Fassung vom 08.11.2021) von 2,50m muss eingehalten werden

- Empfehlung einer lichten Höhe von min. 2,50m nach *Gwiasda et. al (2010)* [52]

Vorteil der Maßnahme

- Steigerung der Attraktivität des Rad- und Fußverkehrs - Synergie mit Klimaschutz durch Förderung klimafreundlicher Mobilitätsformen
- Verringerung der thermischen Belastung bei Sporttreibenden
- Schallschutzwirkung durch Bedachung verringert Lärmbelästigung für Anwohner*innen
- Beitrag zum Klimaschutz über Bindung von Kohlenstoffdioxid in der Vegetation

Potenzielle Konflikte

- Verschattung durch Vegetation (je nach Vorkultivierung) erst zeitverzögert
- Bei ungeschlossenem Blätterdach Irritation der Nutzer durch Licht-Schatten-Wechsel
- Unzureichender Lichteinfall nachts oder im Winter bei immergrünen Pflanzen möglich; innenliegende Beleuchtung empfehlenswert, um Verkehrssicherheit zu gewährleisten und keine Angsträume zu schaffen

Quellen

Kostenkalkulation „Dreilappige Jungfernrebe „Veitchii“ nach [Jungfernrebe / Selbstklimmer / Dreilappige Jungfernrebe 'Veitchii' - Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii' - Baumschule Horstmann \(baumschule-horstmann.de\)](#)

Literatur

- [52] P. Gwiasda, T. Dipl.-Volksw. Bracher, D. Dipl.-Ing. Alrutz, W. Dipl.-Ing. Angenendt, G. Dipl.-Geogr. Berg, W. Dipl.-Ing., Dipl.-Soz. Bohle, M. Dipl.-Ing. Gloßat, D. Dipl.-Ing. Gündel, M. Dipl.-Ing. Haase, C. Dipl.-Verw.wiss. Hansen, D. Dr. Kettler, C. Dipl.-Geogr. Köhnlein, J. Dipl.-Ing. Krause, T. Dipl.-Ing. Lemm, U. Dipl.-Ing. Petry, L. Dipl.-Ing. Schulz, J. Dipl.-Geogr. Thielmann-Linden und G. Dipl.-Ing. Ulbrich, „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) R2,“ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), 2010.
- [53] NaturaDB, „Dreilappige Jungfernrebe 'Veitchii',“ NaturaDB, 2023. [Online]. Available: <https://www.naturadb.de/pflanzen/parthenocissus-tricuspidata-veitchii/>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [54] NaturaDB, „Wilde Weinrebe,“ NaturaDB, 2023. [Online]. Available: <https://www.naturadb.de/pflanzen/vitis-sylvestris/>. [Zugriff am 08 August 2023].

- [55] Rote Liste Zentrum, „Detailseite: Vitis gmelinii Buttler,“ Rote Liste Zentrum, [Online]. Available: https://www.rote-liste-zentrum.de/de/Detailseite.html?species_uid=5624066b-aeb0-48b9-ba88-f2df9fb25111&species_organismGroup=Farn-%20und%20Bl%C3%BCtenpflanzen&q=Vitis%20Sylvestris. [Zugriff am 08 August 2023].
- [56] Bundesamt für Naturschutz, „WISIA: Vitis sylvestris,“ Bundesamt für Naturschutz, [Online]. Available: <https://www.wisia.de/FsetWisias1.de.html>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [57] Thomas Brandmeier Begrünungssysteme GmbH, „Brandmeier Begrünungstechnik: Pergola-Bausatz Serie 170,“ Thomas Brandmeier Begrünungssysteme GmbH, [Online]. Available: <https://www.brandmeier.de/index.php/rankgitter-rosenbogen-pergola/pergolen-und-lauben/pergola-170/pergola-bausatz-serie-181-detail>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [58] 2Mountain-Development GmbH, „My-Pergola24.com,“ 2Mountain-Development GmbH, 2023. [Online]. Available: <https://my-pergola24.com/konfigurator/>. [Zugriff am 08 August 2023].

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>L02: Erarbeitung einer Strategie zur Umgestaltung zum klimaresilienten Stadtgrün</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Das Stadtgrün ist ein wichtiger Baustein im Umgang mit der thermischen Belastung im Stadtgebiet. Die Vegetation kühlt das Mikroklima durch Beschattung und Transpirationskühle und grüne Freiräume können als Kaltluftentstehungsgebiete fungieren, die zur nächtlichen Abkühlung beitragen. Mit dem fortschreitenden Klimawandel werden die Wachstumsbedingungen für Vegetation in Siedlungsbereichen immer extremer. Zunehmende Hitze und intensivere Dürreperioden bedrohen das Stadtgrün. Damit wir weiterhin von den Ökosystemdienstleistungen der grünen Infrastruktur profitieren können, müssen die eingesetzten Pflanzenarten mit den immer extremeren Standortbedingungen innerhalb von Siedlungsbereichen, zurechtkommen. Um das zu leisten, soll eine Strategie erarbeitet werden, wie das Stadtgrün und dessen Bewirtschaftung sukzessiv klimaresilienter gestaltet werden kann. Im Folgenden soll näher auf mögliche Inhalte dieser Strategie eingegangen werden.</p> <p>Erweiterung des Stadtgrünbestandes</p> <p>(1) Dach- und Fassadenbegrünung</p> <p>Das Baugesetzbuch und die Landesbauordnung NRW halten Möglichkeiten für Verwaltungen auf kommunaler Ebene bereit, Dach- und Fassadenbegrünung in ihren Bebauungsplänen festzuschreiben (Vgl. L03, <u>S. 84</u>). Gerade in Bereichen mit hohem Siedlungsdruck oder Flächenkonkurrenz können diese Formen der Begrünung eine sinnvolle Maßnahme sein. Bei der Dachbegrünung werden extensive, semi-intensive und intensive Begrünungsformen unterschieden. Die extensive Dachbegrünung kennzeichnet sich durch einen Schichtaufbau von 8 bis 15cm, einer eher flachen Vegetation und ähnelt damit häufig einer natürlichen ungenutzten Fläche. Der Kosten- und Pflegeaufwand ist deutlich geringer als bei der intensiven Begrünung, dafür sind intensive Begrünungsformen häufig für die Erholungsnutzung durch den Menschen geeignet. [59] Beide Dachbegrünungsformen leisten einen Beitrag zur Kühlung des Mikroklimas und zum</p>		

Rückhalt von Niederschlägen, wobei die klimatische Wirkung bei intensiven Dachbegrünungen tendenziell größer ist. [60]

Die semi-intensive Dachbegrünung versucht Vorteile der extensiven und intensiven Begrünung zu kombinieren, ist aber aktuell noch Gegenstand der Forschung.

(2) Neupflanzung strategisch platzieren

Bäume sind ein sehr effektives Mittel zur Minderung der thermischen Belastung. In Reallabor-Versuchen konnten Minderungen der gefühlten Temperatur von 5 bis 13°C durch Verschattung und Transpirationskühle gemessen werden. [61] Bei der Standortwahl für Neupflanzungen sind Hitzehotspots zu bevorzugen, allerdings ist dort dann unbedingt eine ausreichende Bewässerung der Bäume sicherzustellen. Es dürfen keine Pflanzungen in Durchlüftungskorridoren erfolgen, da die Baumkrone die Luftzirkulation hemmen und die thermische Belastung dann sogar verschlimmern kann. Daneben sind das Raumvolumen der späteren Krone und die Ansprüche der Baumart an Lichtverhältnisse und Bodenqualität entscheidend, um die Pflanzungen nachhaltig und zukunftsfähig einzusetzen. [62] Es ist immer die Einzelfallbetrachtung der Standortgegebenheiten nötig. Neupflanzungen sind vor allem im Herbst, ab Ende September, sinnvoll. Die Bäume geraten in der Winterzeit üblicherweise nicht unter Versorgungsstress und das wichtige Wurzelwachstum zum Anwuchs findet auch in den kalten Jahreszeiten statt. [62] Auch sollten bereits vorhandene passive Verschattungen (Vgl. S. 94) betrachtet werden und die Neupflanzungen dazu ergänzend positioniert werden, um den verschatteten Bereich zu erweitern. Neben der Steigerung der Aufenthaltsqualität, die durch Baumpflanzungen erreicht werden kann, leisten die Bäume über die Einbindung von Kohlenstoffdioxid während des Wachstums einen Beitrag zum Klimaschutz und können bei gezielter Verschattung von Gebäuden den Kühlenergiebedarf in Innenräumen mindern, was zu Energieeinsparungen während der heißen Monate führen kann. [61] Bei der Artenauswahl sollte auf Vielfalt geeigneter Arten gesetzt werden – je diverser ein Ökosystem, desto größer die Resilienz gegenüber Veränderungen.

(3) Entsiegelung und grüne Freiräume schaffen

Grünflächen können je nach Beschaffenheit als Frischluft- oder Kaltluftentstehungsgebiete fungieren und einen positiven Beitrag für das Stadtklima leisten. Daneben haben Grünflächen geringere Wärmespeicherkapazitäten als Baustoffe, sodass sie sich weniger als versiegelte Bereiche aufheizen und zur schnelleren nächtlichen Abkühlung beitragen. [61] Grünflächen haben einen hohen Aufenthaltscharakter und dienen außerdem als Versickerungsfläche. Damit tragen sie zur Grundwasserneubildung bei und können Niederschläge zurückhalten und so das Schadenspotenzial von Starkregenereignissen verringern. Um die natürliche Versickerungsfähigkeit voll auszunutzen und die Rückhaltekapazitäten zu erweitern, können Grünflächen auch mit Versickerungsmulden ausgestaltet werden. Bei baulichen Maßnahmen sollte immer geprüft werden, ob Grünflächen geschaffen oder erweitert werden können.

Die Grünflächen im Stadtgebiet werden aktuell in der Erarbeitung des Masterplan GRÜN untersucht und Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Sukzessive Umgestaltung des bestehenden Bestandes

(1) Subvention von klimaangepassten Arten bei Ersatzpflanzungen

Werden Bäume, die der Baumschutzsatzung der Stadt Siegburg (*Satzung zum Schutz des Baumbestandes in der Stadt Siegburg vom 01. Januar 2006*) unterliegen, gefällt, und es liegen keine Gründe für eine Befreiung nach § 6 Baumschutzsatzung der Stadt Siegburg vor, so sind die Grundstücksbesitzer verpflichtet Ersatzpflanzungen nach § 7 Abs. 2 Baumschutzsatzung der Stadt Siegburg vorzunehmen. Um die Baumbestände im Stadtgebiet möglichst vielfältig und klimaresilient zu gestalten, könnte über eine Subvention ein finanzieller Anreiz für Bürger*innen geschaffen werden, bestimmte Baumarten, die von der Verwaltung vorgegeben werden, zu pflanzen. Die Wahl der Baumarten kann sich dabei an dem Artenkatalog, welcher sich aus der Maßnahme M05 (Vgl. Kapitel 7) ergibt, orientieren.

(2) Ersatz toter Bäume durch klimaresiliente Arten

Beim Ersatz toter Bäume, soll geprüft werden, welche Umstände/Standortbedingungen zum Tod des Baumes geführt haben und eine Neupflanzung mit einer robustere (klimaangepassten) Art erfolgen.

(3) Subvention der Pflanzung klimaangepasster Baumarten nach Gefahrenfällung

Muss ein Baum, der der Baumschutzsatzung unterliegt, aufgrund einer unmittelbar von ihm ausgehenden Gefahr gefällt werden, so greift § 6 Abs. 1 c) der Baumschutzsatzung und es ist keine Ersatzpflanzung notwendig. Um dennoch die Bürger*innen zu motivieren, eine Neupflanzung vorzunehmen, soll ein finanzieller Anreiz in Form einer Subvention geschaffen werden. Auch hier müssten Vorgaben für die Baumarten der Neupflanzung gemacht werden.

(4) Regelmäßiger Austausch mit Nachbargemeinden und örtlichen Baumschulen

Da Theorie und Praxis häufig auseinander gehen, lohnt sich ein regelmäßiger Austausch mit Nachbargemeinden. Nicht jede Baumart, die theoretisch standortangepasst ist, wächst auch tatsächlich an. Hier lohnt es sich auf Erfahrungen aus Nachbargemeinden zu setzen und sich zu vernetzen. Auch sind nicht alle Baumarten in den örtlichen Baumschulen immer erhältlich oder können kurzfristig nachproduziert werden. Auch hier lohnt sich ein regelmäßiger Austausch, um bspw. in der Planung nicht auf Baumarten zu setzen, die in der Praxis zum aktuellen Zeitpunkt nicht erhältlich sind.

Pflegemaßnahmen anpassen

(1) Klimaangepasste und Artenvielfalt-fördernde Pflegeformen einsetzen

Die Pflegemaßnahmen der städtischen Grünflächen sollten so ausgerichtet werden, dass die Artenvielfalt gefördert und Böden besser gegen Austrocknung geschützt sind. Beispiele für Pflegemaßnahmen zur Förderung der Artenvielfalt wäre das gezielte Zulassen natürlicher Sukzession oder die Mahd mit Balkenmähern. Balkenmäher verfügen über zwei vorgelegte Messerschienen, die durch gegenläufige Schneidebewegung den Bewuchs leicht abmähen. Das Schnittgut wird vom Mäher umgelegt und auf der Fläche belassen. Dadurch, dass das Schnittgut nicht gehäckselt wird, ist die Wahrscheinlichkeit im Schnittgut befindliche Lebewesen zu verletzen deutlich geringer. Da der Balkenmäher manuell bedient

werden muss und nicht zwangsläufig in sauberer Optik mäht, ist er vor allem für Flächen, die seltener gemäht werden geeignet. [63] Um den Boden vor Austrocknung zu schützen, könnte das Schnittgut auf den Grünflächen als Mulchdecke belassen werden. Der Boden wird dadurch weiterhin verschattet und es trifft weniger Wärmeenergie, die Verdunstung fördern würde, auf die Bodenoberfläche. Daneben könnten straßenbegleitende Grünflächen mit regionalen Wildblumensaatmischungen versehen werden. Der häufig als unästhetisch empfundener „ungepflegter“ Eindruck kann durch die Blumen verhindert werden. Eine Mahd wäre dann auch erst nach der Blütezeit nötig.

Das Feld der klimaangepassten und Artenvielfalt-fördernden Pflegemaßnahmen ist breit. Mögliche Kombinationen verschiedener Maßnahmen und die grundsätzliche Machbarkeit sollte mit Amt 68, Abt. 683 – Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe abgestimmt werden.

(2) Baumpatenschaften aktiv bewerben

Baumbestände bedürfen besonders in der heißen Jahreszeit Pflege, vorrangig in Form von Bewässerung. Der genaue Wasserbedarf variiert je nach Baumart, Wuchshöhe, Blätterdichte, Standortbedingungen und Bodenbeschaffenheit und kann etwa 100l/Woche/Baum betragen. [64] Da dieser Aufwand nicht zwangsläufig allein von der Stadtverwaltung gestemmt werden kann, sollen Baumpatenschaften für einzelne Standorte in Betracht gezogen und wo sie sinnvoll einzusetzen sind, aktiv beworben werden. Um eine Regen- oder Brauchwasserbewirtschaftung zu ermöglichen und die Hemmschwelle der zusätzlichen Frischwasserkosten für interessierte Paten zu nehmen, können bspw. Regentonnen an Paten verschenkt werden. Daneben sollten Pflegehinweise mit ausgegeben werden, sodass eine richtige Pflege und Bewässerung des Baumes gefördert werden.

Wasserbewirtschaftung umdenken

(1) Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung fördern

Es sollte geprüft werden, inwieweit die Bewirtschaftung der Grünflächen mit Regenwasser erfolgen kann. Einfachste Maßnahme wäre bspw. wie oben beschrieben, die Anschaffung von Regentonnen, in denen sich die Niederschläge

sammeln und zeitverzögert von Baumpaten für die Bewässerung genutzt werden können.

(2) Einsatz von Baumrigolen in Betracht ziehen

Bei Neu- oder Ersatzpflanzungen soll geprüft werden, ob Baumrigolen eingesetzt werden können. Eine Rigole ist vergleichbar mit einem unterirdischen Pflanzkübel, der an den Seiten geöffnet ist. Oberirdisch fasst die Baumrigole eine Versickerungsfläche um den Stammfuß des Baumes ein, auf der, analog zu einer Versickerungsmulde, Niederschläge temporär gestaut und langsam in den Boden versickert werden können. Unterirdisch wird der obere Teil der Rigole als Wurzelraum für den Baum genutzt und im unteren Teil stauen sich die versickerten Niederschläge, es bildet sich ein Wasserreservoir. Durch die unterirdische Speicherung der Niederschläge verdunstet ein geringerer Anteil und das Wasser kann länger und besser vom Baum genutzt werden. [65] Bei ausreichender Größe der Versickerungsfläche und Rigole können auch versiegelte Flächen angeschlossen und gezielt in die Baumrigole entwässert werden. Dabei ist dringend darauf zu achten, dass die angeschlossenen Flächen nicht übermäßig stofflich belastet sind, andernfalls darf eine Versickerung nicht erfolgen. [65]

Zuständigkeiten/Akteure/

Ansprechpartner

- Amt 80, Sgb. 801 - Umwelt und Wirtschaft
- Amt 68, Abt. 683 - Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe

Preis(-rahmen)

-

Rechtliche Regelungen

- keine für die Erarbeitung einer Strategie, aber rechtliche Regelungen für einzelne Maßnahmen und Inhalte berücksichtigen

Vorteil der Maßnahme

- Strategisches Vorgehen und Einzelfallbetrachtung ermöglichen bestmögliches Output
- Synergie der Strategieinhalte mit Starkregenvorsorge (Interzeption von Niederschlägen, mehr Versickerungsfläche, Rückhalt von Niederschlägen für Regenwasserbewirtschaftung)
- Bindung von Kohlenstoffdioxid in der Vegetation (Beitrag zum Klimaschutz)

Potenzielle Konflikte

-

Literatur

- [59] M. Riechel, C. Remy, A. Matzinger, H. Schwarzmüller, P. Rouault, M. Schmidt, M. Offermann, C. Strehl, D. Nickel, H. Sieker, M. Pallasch, M. Köhler, D. Kaiser, C. Möller, B. Büter, D. Leßmann, R. von Tils, I. Säumel, L. Pille, A. Winkler, H. Bartel, S. Heise, B. Heinzmann, K. Joswig, B. Reichmann und M. Rehfeld-Klein, „Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS,“ Berlin, 2017.
- [60] E. Prof. Dr. Hietel, O. Prof. Dr. Panferov, U. Prof. Dr.-Ing. Rößner, K. Dr. Seelos, C. Prof. Dr. Lorenz-Haas, B. Dipl.-Biol. Warnecke und J. Wustmann, „Semi-intensive Dachbegrünung Ein innovatives Klimaanpassungs- und Umweltschutzinstrument,“ *Transforming Cities*, Bd. 03, Nr. 2020, pp. 58-65, 2020.
- [61] F. Banihashemi, S. Erlwein, H. Harter, C. Meier-Dotzler, T. Zölch, A. Bauer, G. Jean-Louis, W. Lang, S. Linke, J. Mittermüller, S. Pauleit und A. Putz, „Grüne und graue Massnahmen für die Siedlungsentwicklung,“ Technische Universität München, Freising, 2021.
- [62] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, „Fragen und Antworten zur Baumpflanzung,“ [Online]. Available: <https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/online-tool/klimaresiliente-baumarten-finden#>. [Zugriff am 09 August 2023].
- [63] Gartenzeile GmbH, „Gartenzeile,“ 10 August 2023. [Online]. Available: <https://www.gartenzeile.de/balkenmaeher/>. [Zugriff am 10 August 2023].
- [64] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, „Stadtbäumen bei Trockenheit durch Gießen helfen,“ Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 02 Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.bund.net/bund-tipps/detail-tipps/tip/stadtbaeumen-durch-die-trockenheit-helfen/>. [Zugriff am 09 August 2023].
- [65] M. Dr.-Ing. Pallasch, „Baumrigolen,“ Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, 2023. [Online]. Available: <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/baumrigolen-381.html>. [Zugriff am 09 August 2023].

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>L03: Erarbeitung einer Stadtklimaanalyse und Implementierung in die Bauleitplanung</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Um die klimatischen Bedingungen im Stadtgebiet besser zu verstehen, sollte eine Stadtklimaanalyse in Auftrag gegeben werden. Das Stadtklima (oder urbanes Klima) beschreibt die durch Bebauung, Versiegelung und anthropogenen Emissionen modifizierten klimatischen Verhältnisse in Siedlungsbereichen gegenüber dem Umland. Die Bebauung im Stadtbereich erhöht die Rauigkeit der Oberfläche und bedingt dadurch geringere Windgeschwindigkeiten oder formt Windkanäle. Daneben sind große Teile von Siedlungsgebieten versiegelt und es fehlt Vegetation. Versiegelte Flächen und Baustoffe haben eine höhere Wärmespeicherkapazität und begünstigen damit die Wärmeentwicklung in der Stadt, welche nur bedingt durch die Transpirationskühle der Vegetationsbestände ausgeglichen werden kann. Durch unterschiedliche Landnutzungsformen und Bebauungsstrukturen kann das Mikroklima innerhalb der Stadt allerdings stark variieren und es bedarf einer kleinskaligen Untersuchung. [66] Eine Stadtklimaanalyse kann diese mikroklimatischen Unterschiede aufzeigen und Gebiete mit besonderem Anpassungsbedarf identifizieren.</p> <p>Nach § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB sollen die Bauleitpläne (B-Pläne) dazu beitragen „(...) den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern (...)“.</p> <p>Die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse sollten genutzt werden, um die Bauleitplanung klimaresilienter zu gestalten. Bisher gibt es keinen Bebauungsplan für das gesamte Stadtgebiet mit grundsätzlichen Vorgaben, sondern lediglich einzelne, eher vorhabenbezogene B-Pläne. [67] Um die Bauleitplanung zukünftig klimaresilienter zu gestalten, empfiehlt es sich einen Grundsatzbeschlusses zu fassen, welcher Vorgaben zum klimaangepassten Bauen vorgibt. Ausgestaltet werden kann der Grundsatzbeschluss als beispielsweise Rahmenplan, der thematisch zwischen der vorbereitenden (Flächennutzungsplan) und verbindlichen (Bebauungsplan) Bauleitplanung angesiedelt wird und transparent die städtebaulichen Ziele im Bereich der Klimaanpassung darstellt. Die von der Stadt</p>		

vorzugebenden Inhalte in Bebauungsplänen, welche den Zielsetzungen des Rahmenplans folgen sollen, ergeben sich aus § 9 BauGB. Die Stadt Stuttgart hat bereits einen städtebaulichen Rahmenplan nach diesem Prinzip in die Stadtplanung implementiert und zieht ein positives Fazit. [68] Der Rahmenplan muss im Planungsausschuss nach § 8 der *Zuständigkeitsordnung für den Rat der Kreisstadt Siegburg, seine Ausschüsse und den Bürgermeister* beraten werden und anschließend vom Rat nach § 1 der *Zuständigkeitsordnung für den Rat der Kreisstadt Siegburg, seine Ausschüsse und den Bürgermeister* beschlossen werden.

Grundlagen zur Stadtklimaanalyse [69] [70]

Es werden drei Arten von Stadtklimaanalysen unterschieden. Um sinnvollen Output zu generieren und eine Balance zwischen Arbeitsaufwand, Kosten und Nutzen sicherzustellen, sollte vorab geklärt werden, welche Detailtiefe benötigt wird.

(1) Thermische Analyse nach Beurteilung des Versiegelungsgrad

- Verwaltung muss Daten zu Versiegelungsgrad, Baustruktur und Flächennutzung bereitstellen. Überprüfung von Verschattungssituation, Versiegelungsgrad und kühlenden Strukturen bei Vorortbegehungen. Ableitung von besonderen Belastungsgebieten. Kann grundsätzlich in Eigenregie durch die Verwaltung erfolgen.

(2) Thermische Analyse nach Einteilung in Klimatoptypen

- Einteilung der Flächen in zehn Klimatoptypen nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1. Klimatope weisen ähnliche klimatische Eigenschaften auf – zur Einteilung ist Fachwissen erforderlich (ggf. externe Unterstützung notwendig).

(3) Modellberechnungen

- Numerische Modellierung von Temperaturverläufen, Belüftung und Stärke und Geschwindigkeit von Kaltluftströmen.
- Verwaltung muss Daten zur digitalen Geländehöhe, Flächennutzung und Fachdaten zu Baustruktur und Baudichte (mittlerer Gebäudeflächengrundanteil, mittlere Gebäudehöhe, mittlerer Wandflächenindex, mittlerer Versiegelungsgrad) bereitstellen.
- Nachteil: Aufwendige Vorarbeit; Vorteil: Detailreichster Output, Möglichkeit der Modellierung verschiedener Bebauungsszenarien (Ausweisung von Neubaugebieten, Nachverdichtung etc.)

Möglichkeiten klimaresilienter Ausgestaltung der Bauleitplanung

Freihalten von Kaltluft- und Frischluftschneisen sowie deren Entstehungsgebiete

- § 9 Abs.1 Nr. 2 BauGB: „die Bauweise, die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen“
- § 9 Abs.1 Nr. 10 BauGB: „die Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihre Nutzung“

Versickerungsmulden entlang von Straßenführung

- § 9 Abs.1 Nr. 14 BauGB: „die Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, sowie für Ablagerungen“
- § 9 Abs.1 Nr. 15 BauGB: „die öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Naturerfahrungsräume, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe“
- § 9 Abs.1 Nr. 20 BauGB: „die Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft“

Versiegelungsgrad auf Baugrundstücken möglichst geringhalten

- § 1a Abs. 2 BauGB: „(...) Mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden; dabei sind zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen die Möglichkeiten der Entwicklung der Gemeinde insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen. (...)“
- § 9 Abs. 1 Nr. 1: „die Art und das Maß der baulichen Nutzung“
- § 9 Abs. 1 Nr. 2: „die Bauweise, die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen“
- § 9 Abs. 1 Nr. 16 d.) BauGB: „die Flächen, die auf einem Baugrundstück für die natürliche Versickerung von Wasser aus Niederschlägen freigehalten werden müssen, um insbesondere Hochwasserschäden, einschließlich Schäden durch Starkregen, vorzubeugen“
- § 8 Abs. 1 BauNVO: „Die nicht mit Gebäuden oder vergleichbaren baulichen Anlagen überbauten Flächen der bebauten Grundstücke sind
 1. wasseraufnahmefähig zu belassen oder herzustellen und
 2. zu begrünen oder zu bepflanzen
 soweit dem nicht die Erfordernisse einer anderen zulässigen Verwendung der Flächen entgegenstehen. Satz 1 findet keine Anwendung, soweit Bebauungspläne oder andere Satzungen Festsetzungen zu den nicht überbauten Flächen treffen.“

Einrichtung von Dachbegrünung

- § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB: „die Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft“

- § 9 Abs. 1 Nr. 25 a.) BauGB: „für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen mit Ausnahme der für landwirtschaftliche Nutzungen oder Wald festgesetzten Flächen
a.) das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen“
- § 89 Abs.1 Nr. 7 BauO NRW: „Die Gemeinden können durch Satzung örtliche Bauvorschriften erlassen über 7.) die Begrünung baulicher Anlagen.“

Notwasserwege auf Privatgrundstücken freihalten

- § 9 Abs. 1 Nr. 21 BauGB: „die mit Geh-, Fahr- und Leitungsrechten zugunsten der Allgemeinheit, eines Erschließungsträgers oder eines beschränkten Personenkreises zu belastenden Flächen“

Stellplätze wasserdurchlässig oder teilversiegelt gestalten

- § 89 Abs. 1 Nr. 5 BauO NRW: „Die Gemeinden können durch Satzung örtliche Bauvorschriften erlassen über (...) 5. die Gestaltung der Gemeinschaftsanlagen, der Lagerplätze, der Stellplätze für Kraftfahrzeuge, der Plätze für bewegliche Abfallbehälter und der unbebauten Flächen der bebauten Grundstücke sowie über die Notwendigkeit, Art, Gestaltung und Höhe von Einfriedungen; dabei kann bestimmt werden, dass Vorgärten nicht als Arbeitsflächen oder Lagerflächen benutzt werden dürfen.“

Gebäudeposition nach optimaler passiver Verschattung wählen

- § 9 Abs.1 Nr. 2 BauGB: „die Bauweise, die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen“

Vorgabe der Dachziegelfarbe

- § 89 Abs. 1 Nr. 1 BauO NRW: „Die Gemeinden können durch Satzung örtliche Bauvorschriften erlassen über 1. besondere Anforderungen an die äußere Gestaltung baulicher Anlagen sowie von Werbeanlagen und Warenautomaten zur Erhaltung und Gestaltung von Ortsbildern (...)“

Bei den Zielstellungen wird nicht zwischen Neu- und Bestandsbauten unterschieden. Allerdings greifen die Änderungen für Bestandsbauten erst, wenn bauliche Änderungen an Bestandsbauten selbst vorgenommen werden sollen. Eine Nach- oder Umrüstungspflicht wird nicht begründet.

Sonderfall: Vorhabensbezogene Bebauungspläne

Bei vorhabensbezogenen Bebauungsplänen können individuelle Vorgaben getroffen werden, da die Stadt nicht an den Festsetzungskatalog nach §9 BauGB gebunden ist (§12 Abs. 3 S. 2 BauGB).

Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	Stadtklimaanalyse <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt ZV - Zentrale Vergabestelle Bauleitplanung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 61, Abt. 611 - Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Amt 61, Abt. 630 - Bauaufsichtsabteilung ▪ Amt 80, Sgb. 801 - Umwelt und Wirtschaft Überprüfung und Nachhalten der Umsetzung durch Bürger*innen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 32 – Amt für öffentliche Ordnung
Preis(-rahmen)	Stadtklimaanalyse: etwa 40.000 € <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kann je nach gewünschter Detailtiefe variieren ▪ Vergabe über beschränkte Ausschreibung (Endgültiger Preis abhängig von Zuschlagserteilung) Implementierung der Ergebnisse in die Bauleitplanung ist über Personalkosten abgedeckt
Rechtliche Regelungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Baugesetzbuch (BauGB) ▪ Baunutzungsverordnung (BauNVO) ▪ Landesbauordnung NRW (BauO NRW) 	
Vorteil der Maßnahme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indirekter Einfluss auf Klimaanpassungsmaßnahmen auf privaten Grundstücken ▪ Synergie mit Starkregenvorsorge bei Ausgestaltung der Bauleitplanung hin zu weniger Versiegelung ▪ Förderung und Erhalt von Grünflächen und Vegetationsbeständen als Beitrag zum Klimaschutz durch Bindung von Kohlenstoff in Vegetation 	
Potenzielle Konflikte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mehrbelastung für Verwaltungsmitarbeiter*innen ▪ Eventuell Mehrkosten für Bauherren 	
Literatur <p>[66] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Wetter- und Klimalexikon: Stadtklima,“ Deutscher Wetterdienst, [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=102558. [Zugriff am 01 August 2023].</p> <p>[67] Kreisstadt Siegburg, „Interaktive Bebauungsplanübersicht,“ Kreisstadt Siegburg, [Online]. Available: https://www.o-sp.de/siegburg/karte. [Zugriff am 01 August 2023].</p> <p>[68] Landeshauptstadt Stuttgart, „Klima in der Stadtplanung,“ Landeshauptstadt Stuttgart, [Online]. Available: https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/klima/klimawandel/klima-in-der-planung.php. [Zugriff am 01 August 2023].</p>	

- [69] Infrastruktur & Umwelt - Professor Böhm und Partner, Dr. Sandra Pennekamp und Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Harald Hoeckner, „Klimawandel in Hessen - Schwerpunktthema,“ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Fachzentrum Klimawandel und Anpassung, Wiesbaden, 2022.
- [70] Infrastruktur & Umwelt Professor Böhm und Partner und Hochschule Fulda: Fachbereich Pflege und Gesundheit, „Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen -Hitze und Gesundheit-,“ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Darmstadt, 2019.
- [71] A. Dr. Baars, M. Brück von Oertzen, L. Czychowski, D. Dressler-Niesler LL.M., C. Dr. Durinke, P. Dr. Durinke, L. Kreggenfeld, L. M. Lückemeier, T. Pohl, M. Dr. Schröder und H. Weyer, „Klimaschutz + Klimaanpassung in der kommunalen Planung - Ein Leitfaden für die Praxis,“ DStGB Dienstleistungs GmbH, Berlin, 2022.

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>L04: Konzept zur Installation mehrerer Trinkwasserbrunnen im Stadtgebiet</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Einhergehend mit der steigenden thermischen Belastung im Stadtgebiet, nimmt der Flüssigkeitsbedarf der Bürger*innen zu. Um diesem Bedürfnis gerecht zu werden und konform zur EU-Richtlinie 98/93/EG, welche einen erleichterten Zugang zu kostenlosem Trinkwasser vorsieht, sollen mehrere Trinkwasserspender/-brunnen im Stadtgebiet installiert werden. Prioritär soll dabei der Innenstadtbereich behandelt werden, da hier der höchste Besucherverkehr aufkommt.</p> <p>Mögliche Standorte (Darstellung auf Karte in Abbildung 33)</p> <p>Platz vor dem Amtsgericht oder Europaplatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nähe zum ICE-Bahnhof und Busbahnhof (Hauptverkehrsknoten des ÖPNV im Stadtgebiet), daher hoher Besucherverkehr. Außerdem gut für Pendler und Besucher zu erreichen. <p>Spielplatz Michaelsberg</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beliebter Aufenthaltsort für Familien (Kinder und Säuglinge als hitzevulnerable Personen) <p>Leinpfad, Höhe Kreishaus</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parkähnliche Anlage, mittlerer Besucherverkehr <p>Platz der Begegnungen (Rhein-Sieg-Forum)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Platz ohne großen Besucherverkehr, aber Nähe zu Schule und guter Punkt, um flächige Erreichbarkeit herzustellen <p>Fahrradweg Aggertalbahn, Höhe Cecilienspielplatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beliebte Verkehrsachse für den Fahrradverkehr durch das Stadtgebiet ▪ Bessere Wasserversorgung von Sporttreibenden ▪ Spielplatz voll sonnenexponiert – erhöhter Flüssigkeitsbedarf der Spielenden <p>Modellwahl</p> <p>Bei der Wahl des Modells sind die Ansprüche an den Wasserspender entscheidend. Soll bspw. eine ganzjährige Versorgung erfolgen, muss ein frosthartes Modell gewählt werden. Auch sollte auf die Möglichkeit einer barrierefreien Nutzung geachtet werden. Daneben ist wichtig im Vorhinein zu entscheiden, ob ein „Dauerläufer“, der einfacher hygienisch zu unterhalten ist, aber einen höheren</p>		

Wasserverbrauch aufweist oder ein Bedienelement installiert werden soll. Bei letzterem muss entsprechende Technik verbaut werden, dass kein Standwasser entsteht und Nährboden für Krankheitserreger bietet.

Hygienewartung

Die Ausgabe von Trinkwasser unterliegt der Trinkwasserverordnung. Demnach müssen die Trinkwasserspender regelmäßig beprobt und auf chemische und mikrobiologische Parameter untersucht werden. Den Turnus und Umfang der Beprobungen gibt das örtliche Gesundheitsamt vor. Daneben muss der Trinkwasserspender vor Inbetriebnahme beim Gesundheitsamt angemeldet und umfassend beprobt werden.

Mögliche Kooperation

Zum Betrieb der Trinkwasserbrunnen wäre eine Kooperation mit der Rhein-Sieg-Netz GmbH denkbar, wie sie bereits in anderen Gemeinden zustande gekommen ist. Die zusätzliche Arbeitsbelastung für die Verwaltung könnte so reduziert werden, da die gesamte Einrichtung und Unterhaltung an einen externen Dienstleister übertragen werden würden.

Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadtbetriebe Siegburg AöR – Fachbereich 110: Wasser ▪ Gesundheitsamt Rhein-Sieg-Kreis, Abteilung „Trinkwasser, Schwimm- und Badebeckenwasser“ ▪ Rhein-Sieg-Netz GmbH
Preis(-rahmen)	<p>Anschaffungskosten für Trinkwasserspender: variabel</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Variieren nach Modell (etwa 3.000€ für nicht frosthartes Modell) <p>Herstellungs-/Baukosten: variable</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage auf Trägerplatte, kann durch Baubetriebsamt geleistet werden ▪ Weitere notwenige bauliche Arbeiten können je nach Standort variieren <p>Hygiene-Wartungen: 1.200€/Untersuchung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Etwa 200,00€ je Untersuchung ▪ Bei sechs Trinkwasserspendern: ca. 1.200€, ggf. geringer, wenn alle Brunnen gleichzeitig beprobt werden. <p>Technische Wartung: -</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kann durch Baubetriebsamt erfolgen <p>Kosten der Wasserentnahme: ≈ 190 €</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Annahme: Saisonaler Betrieb von Mai bis September, tgl. Wasserentnahme etwa 100l je Spender, bei 6 Spendern ≈ 92m³ ▪ Frischwassergebühr = 2,03€/m³ (brutto) <p>Stand: 30.06.2023</p>

Rechtliche Regelungen

- Trinkwasserverordnung (Anmeldung des Trinkwasserbrunnens beim Gesundheitsamt, regelmäßige Beprobung und Untersuchung)

Vorteil der Maßnahme

- Entlastung der Umwelt durch geringere Produktionslasten von Leitungswasser im Vergleich zu Flaschenwasser
- Bessere Versorgung der Bürger*innen mit kostenlosem Trinkwasser (gem. EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG)
- Erhöhung der Lebensqualität und Aufenthaltsqualität im Innenstadtbereich für Bürger*innen

Potenzielle Konflikte

- Verunreinigung der Entnahmestelle durch Nutzer möglich
- Potenziell zusätzliche Belastung der Verwaltungsmitarbeiter*innen durch technische Wartung und Reinigung des Wasserspenders

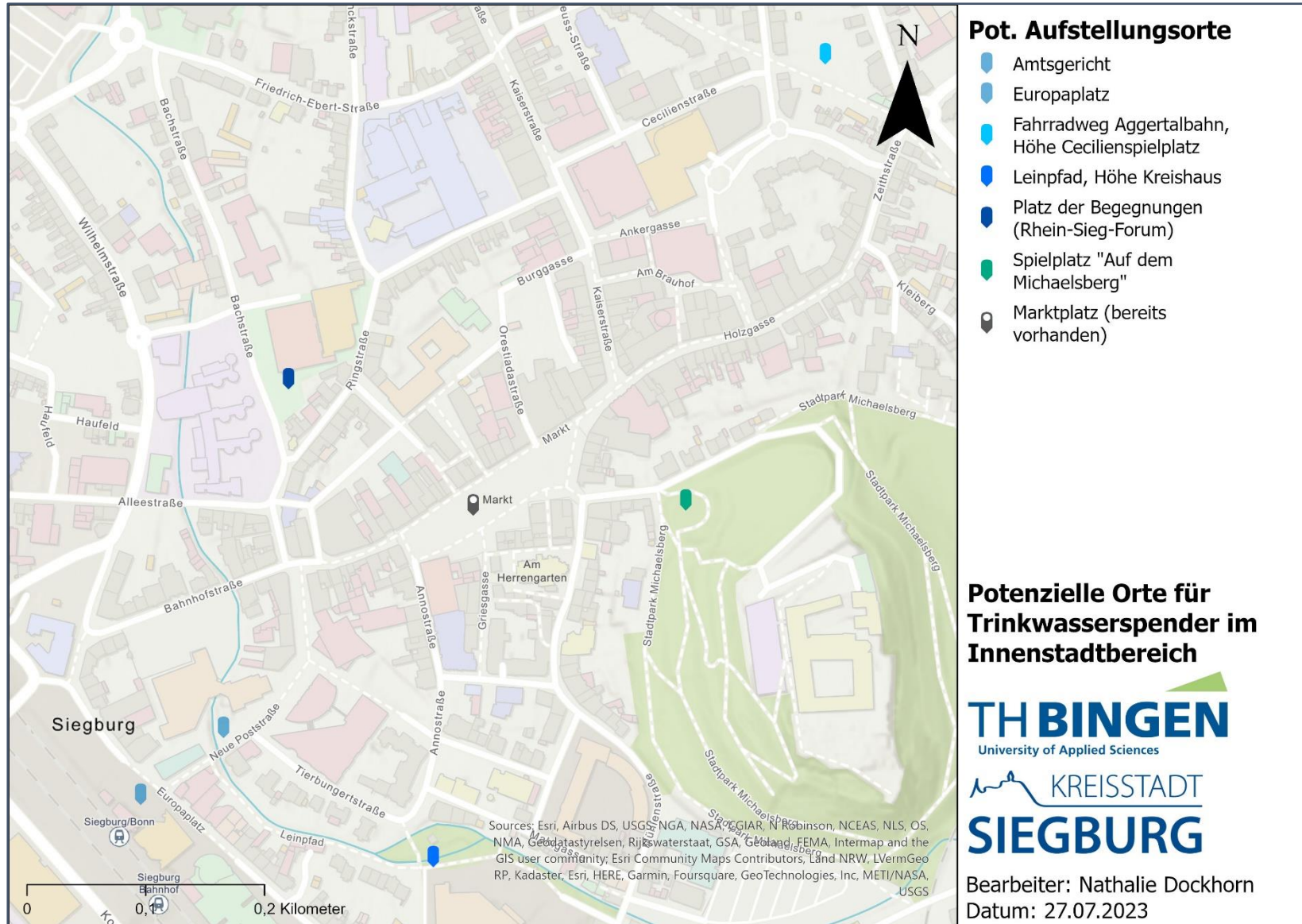


Abbildung 33: Übersichtskarte pot. Aufstellungsorte für Trinkwasserspender im Innenstadtbereich

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
<p>L05: Erarbeitung einer Toolbox mit Verschattungsmöglichkeiten und Ausarbeitung eines Aktionsplanes zur Verschattung stark frequentierter öffentlicher Orte</p>		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Durch Verschattung kann die thermische Belastung in Siedlungsbereichen verringert werden. Sonnenexponierte versiegelte Flächen heizen sich schnell auf und geben die Wärme verzögert wieder ab, sodass neben einer erhöhten thermischen Belastung am Tag auch eine nächtliche Überwärmung begünstigt werden kann. Durch die Verschattung der Oberflächen kann die Erhitzung der Flächen vermindert und die thermische Belastung verringert werden. Es wird unterschieden zwischen aktiven und passiven Verschattungsmöglichkeiten.</p> <p>Aktive Verschattungsmöglichkeiten können starre oder mobile Elemente sein, die vorrangig der Verschattung dienen (bspw. Sonnensegel). Passive Verschattungen ergeben sich als Co-Benefit aus anderen Maßnahmen, bspw. Verschattung durch Vegetation oder Positionierung von Gebäuden. [72]</p> <p>Vor der Implementierung von Verschattungselementen sollte der Sonnenverlauf und Schattenfall untersucht werden, sodass die Elemente optimal eingesetzt werden können.</p> <p>Um im Stadtgebiet sinnvoll Verschattungselemente einzusetzen, soll zunächst eine Toolbox mit einer Auswahl an Elemente und den wichtigsten Rahmenbedingungen erarbeitet werden. Im Anschluss wird ein Aktionsplan ausgearbeitet, der besondere Belastungsräume eruiert, priorisiert und ein jeweiliges Konzept zur individuellen Verschattung aufzeigt.</p> <p>Beispiele für Verschattungsmöglichkeiten der Toolbox</p> <p>Sonnensegel</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexible Maßnahme zur Verschattung ▪ Größe und Beschaffenheit können bedarfsorientiert gestaltet werden ▪ Idealerweise wind- und wasserdurchlässiges Material verwenden, um Risiko durch Schäden bei Böen oder Starkregenereignissen zu verringern 		

- Luftdurchlässige Segel oder Konstruktionen aus mehreren kleinen Segeln nutzen, um Hitzestau unter den Segeln zu vermeiden
- Segel in hellen Farben verwenden, um zusätzliche Wärmeentwicklung durch Aufheizen des Segels selbst zu verhindern

Vegetation

Bäume

- Klimaangepasste Arten (möglichst einheimisch) für Neu- und Ersatzpflanzungen bevorzugen (Beitrag zur Steigerung der Klimaresilienz des Stadtgrüns); Bereitstellung ausreichend großer Pflanzlöcher
- Bei Standortwahl örtliches Zirkulationssystem berücksichtigen, sodass keine bestehenden Kalt-/Frischlufzirkulationen durch heranwachsende Baumkrone blockiert werden.
- Verdunstungsleistung/-kühlung der Bäume besonders gut auf offenen Plätzen mit Luftzirkulation und geringer Luftfeuchtigkeit [73]
- Wachsförderung für bestehende Bäume durch Pflegeschnitte oder Erweiterung der Pflanzlöcher

Kletterpflanzen auf Rankbögen

- Für kleinere Flächen oder Wegführung geeignet, ggf. Beschattung von Sitzgelegenheiten
- Je nach Vorkultivierung verzögerter Eintritt der klimatischen Wirkung der Vegetation

Pergola mit Kletterpflanzen

- Zur Verschattung von Aufenthaltsräumen mit einer Größe bis zu etwa 20m²
- Kein festes Dach in traditioneller Form – verhindert Wärmestau unterhalb des Gerüsts
- Je nach Vorkultivierung verzögerter Eintritt der klimatischen Wirkung der Vegetation

Solarmodule

- Vollständige Verschattung mit „klassischen“ Modulen oder Halbschatten mit Glas-Glas-Module (Trägermaterial lichtdurchlässig, versetzte Zellen für lichtdurchlässige Zwischenräume). Steigende Transparenz bedingt sinkende flächenspezifische Leistung [74]

<ul style="list-style-type: none"> Module müssen so montiert werden, dass warme Luft entweichen kann und kein Wärmestau unter den Modulen entsteht 	
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> Amt 61, Abt. 611 - Stadtplanung und Denkmalschutz Amt 61, Abt. 630 - Bauaufsichtsabteilung Amt 80, Sgb. 801 - Umwelt und Wirtschaft Amt 68, Abt. 683 - Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe
Preis(-rahmen)	- (Erarbeitung der Toolbox über Personalkosten gedeckt)
Rechtliche Regelungen Variieren je nach gewähltem Element und Standort, Einzelfallbetrachtung notwendig <ul style="list-style-type: none"> Baugesetzbuch Bauleitplanung Denkmalschutz 	
Vorteil der Maßnahme <ul style="list-style-type: none"> Reduzierung der thermischen Belastung (Tag- und Nachtsituation) und damit Verbesserung der Lebensqualität. Je nach Oberflächenmaterial kann die Oberflächentemperatur im beschatteten Bereich um 8 – 20°C kühler als im sonnenexponierten Bereich sein. [75] Strategisches Vorgehen und Einzelfallbetrachtung ermöglichen bestmögliches Output 	
Sonnensegel <ul style="list-style-type: none"> Flexible Einsatzmöglichkeiten mit geringer Flächenkonkurrenz Hohe Gestaltungsvielfalt 	
Vegetation <ul style="list-style-type: none"> Verbesserung des Mikroklimas über Beschattung und Transpirationskühle (Kühlung der Umgebungsluft um bis zu 2°C und Kühlung von Asphalt im Beschattungsbereich um bis zu 20°C [73]) Verbesserung der Luftqualität durch Bindung von Luftschadstoffen Förderung der Biodiversität bei Einsatz von (einheimischen) Bäumen Bindung von Kohlenstoffdioxid (Beitrag zum Klimaschutz) Hoher gestalterischer Wert, kann Bezugspunkte im Stadtbild schaffen 	

Solarmodule

- Öffnung von Aufenthaltsräumen als bspw. Plätze für mobiles Arbeiten, durch Stromproduktion der Module, wenn gleichzeitige Ausstattung mit entsprechenden Stadtmöbeln erfolgt
- Produktion von umweltfreundlichem Solarstrom als Beitrag zum Klimaschutz

Potenzielle Konflikte

- Verkehrssicherungspflicht teilweise aufwendig einzuhalten (regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten oder Pflege(-rückschnitte))
- Ungünstig gesetzte Elemente können Luftzirkulation hemmen und nächtliche Wärmeabgabe hindern
- Individuelle Standortbewertung und Auswahl eines passenden Verschattungselements notwendig (hoher Arbeitsaufwand)

Sonnensegel

- Manuelles Aufspannen und Abnehmen fordert Arbeitszeit und Personalkapazitäten; Automatisierte Systeme sind kostenintensiv

Vegetation

- Je nach Pflanzenart kann das Allergiepotezial im Stadtgebiet steigen
- Mehrbelastung der Verwaltungsmitarbeiter*innen über gegebenenfalls zusätzlich notwendige Bewässerungs- und Pflegearbeiten
- Straßenraum als Extremstandort für Pflanzen
- Höhere Flächenkonkurrenz als bei Sonnensegeln
- Beschädigungen von Leitungen oder Kabeln im Boden durch Wurzeln möglich

Solarmodule

- Erwärmung der Module selbst kann Wärmebelastung erhöhen
- Reinigung der Module notwendig, um Leistungsfähigkeit zu erhalten
- Umweltlasten der Modulproduktion müssen durch entsprechende Annahme des produzierten Stroms durch Bürger*innen/Besucher*innen gerechtfertigt werden

Literatur

- [72] Planergemeinschaft für Stadt und Raum eG, „Toolbox Klimaanpassung im Stadtumbau,“ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), [Online]. Available: <https://www.klimastadtraum.de/DE/Arbeitshilfen/ToolboxKLimaanpassung%20im%20Stadtumbau/toolbox-klimaanpassung-node.html>. [Zugriff am 31 Juli 2023].
- [73] M. Offermann, S. Lindner, M. Reise, S. Braungardt, V. Bürger, D. Kocher, M. Bruse und L. Cramer, „Nachhaltige Gebäudeklimatisierung in Europa,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2022.
- [74] Anondi GmbH, „Solaranlagen Ratgeber: Transparente Solarmodule,“ Anondi GmbH, 10 März 2023. [Online]. Available: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/transparente-solarmodule>. [Zugriff am 03 August 2023].
- [75] Pina GmbH, „Sonnenschutz im Kindergarten - Wie hoch ist die Temperatur im Schatten & in der Sonne,“ Pina GmbH, [Online]. Available: <https://www.sonnensegel-pina.de/blog/sonnenschutz-im-kindergarten-temperatur-im-schatten-sonne>. [Zugriff am 31 Juli 2023].

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
L06: Informationsveranstaltung zu baulicher Hitzeanpassung in Wohngebieten für Immobilieneigentümer		
Kurzbeschreibung <p>Die Potenzialflächen für Klimaanpassungsmaßnahmen im Zugriff der Verwaltung sind begrenzt. Um den Flächenpool indirekt zu erweitern, sollen regelmäßige Informationsveranstaltungen zur Thematik des Klimawandels, der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen und Möglichkeiten zur Anpassung für Immobilien- und Grundstückseigentümer angeboten werden. So kann der Flächenpool vergrößert und private Eigentümer sensibilisiert werden. Daneben kann durch aktives Informieren die Schwelle für private Eigentümer, sich mit der sehr umfassenden Thematik auseinander zu setzen, verringert werden.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne/Externe Referenten 	
Preis(-rahmen)	<p>Interne Referenten: über Personalkosten abgedeckt Vergütung externer Referenten: variable</p>	
Rechtliche Regelungen <p>-</p>		
Vorteil der Maßnahme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indirekte Erweiterung des Flächenpools für Anpassungsmaßnahmen ▪ Erweiterung der Kooperationspartner für Anpassungsmaßnahmen durch Sensibilisierung der Eigentümer*innen 		
Potenzielle Konflikte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusätzliche Belastung für Verwaltungsmitarbeiter*innen (falls interner Referent), gute Kenntnisse des Bürgerlichen Gesetzbuches (Mietrecht), Wohnungseigentumsgesetz, Baugesetzbuch etc. nötig 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
L07: Interaktive Karte für Vorschlägen zu Klimaanpassungsmaßnahmen		
Kurzbeschreibung		
<p>Zur weiteren Ideensammlung für Klimaanpassungsmaßnahmen soll eine interaktive Karte eingerichtet werden, auf der Bürger*innen eigene Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen einbringen können. Die Gestaltung der Karte kann ähnlich zur Beteiligungskampagne für den Mobilitätsplan Siegburg (Mobilitätsplan Siegburg) erfolgen.</p>		
Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amt 80, Sgb. 801: Umwelt und Klimaschutz ▪ StS Digitalisierung, Abt. 102 – Informationstechnik 	
Preis(-rahmen)	- durch Personalkosten gedeckt, da das Projekt in Eigenleistung der Verwaltung geleistet werden kann	
Rechtliche Regelungen		
-		
Vorteil der Maßnahme		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstige Maßnahme zur Bürger*innenbeteiligung bei weiterer Stadtentwicklung ▪ Nutzung von „Schwarmintelligenz“ 		
Potenzielle Konflikte		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualität der Beiträge nicht unbedingt gegeben ▪ Zusätzliche Überprüfung und Abschätzung der klimatischen Wirkung durch Verwaltung notwendig (zusätzliche Arbeitsbelastung) ▪ Frustration bei Bürger*innen, wenn anschließend nur wenige Maßnahmen umgesetzt werden 		

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
L08: Einrichtung eines „Klima-Weges“ im Stadtgebiet		
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Zur Sensibilisierung der Bürger*innen für die Thematik des Klimawandels und Hitzebelastung soll ein Klima-Weg im Stadtgebiet eingerichtet werden. Der Weg führt durch unterschiedliche Mikroklimas (kühle Orte, Hitzehotspots) und macht diese so erlebbar. Zusätzlich könnten an den Stationen Infotafeln errichtet werden, die neben der Beschreibung des umgebenden Mikroklimas wissenswerte Fakten zum Klimawandel vermitteln.</p> <p>Durch die Information zu mikroklimatischen Gegebenheiten, die zu einem kühlen Ort beitragen, können Bürger*innen motiviert werden, neue kühle Orte zu finden und in der interaktiven Karte (M01) zu hinterlegen.</p> <p>Potenzielle Orte:</p> <p>Alexianerallee</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Landwirtschaftlich genutzte Felder, Hitzehotspot (s. <u>Abbildung A.3.5.</u>), keine Versiegelung ▪ Kühler Ort während der Nachtstunden <p>Wolsberg</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühlerer Ort im Stadtbereich (s. <u>Abbildung A.3.5.</u>), wegen hoher Vegetationsdichte, Beschattung und Transpirationskühle. Teilweise höhere Luftfeuchtigkeit möglich. <p>Gewerbegebiet „Am Turm“</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hitzehotspot (s. <u>Abbildung A.3.5.</u>), voll versiegelt, kaum Verschattung, hohe Sonnenexposition ▪ Nächtliche Überwärmung <p>Spielplatz Michaelsberg</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühlerer Ort im Innenstadtbereich (s. <u>Abbildung A.3.1.</u>) ▪ Verschattung durch Vegetation <p>Marktplatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wärmerer Bereich in der Innenstadt (s. <u>Abbildung A.3.1.</u>), volle Sonnenexposition ▪ Voll versiegelt 		

<p>Alter Friedhof</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühlerer Bereich in der Nordstadt (s. <u>Abbildung A.3.2.</u>) ▪ Parkähnliche Anlage <p>Erster Wegentwurf in <u>Abbildung 34.</u></p>	
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jeweilige Grundstückseigentümer ▪ Amt 68 - Baubetriebsamt ▪ Amt 80, Sgb. 801 - Umwelt und Klimaschutz
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Druckkosten Infotafeln (6 Stk.): 1.032,00 €</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Format DIN A2, Harz-Verbundplatte (HPL) 10mm, Haltbarkeit 10 bis 20 Jahre. Kosten je Stück: 172,00 € ▪ Zzgl. Versandkosten <p>Tafelträger (Holz) (6 Stk.): 930,00 €</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pultform aus Holz: 155,00 € (je Stück) ▪ Pultform aus Edelstahl: 335,00 € (je Stück) ▪ Zzgl. Versandkosten <p>Montage: -</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kann durch Baubetriebsamt erfolgen <p>Gesamtkosten für sechs Infotafeln: 1.962,00€</p>
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einverständnis der Grundstückseigentümer für das Aufstellen von Infotafeln ▪ Besucherführung nur auf öffentlichen Wegen 	
<p>Vorteil der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilisierung der Bürger*innen für die Thematik des Klimawandels ▪ Information der Bürger*innen über mikroklimatische Unterschiede und Motivation zum Finden neuer kühler Orte und Hinterlegen in der interaktiven Karte (Maßnahme M01) 	
<p>Potenzielle Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gegebenenfalls erhöhter Besucherverkehr an bisher ruhigeren Orten und damit pot. Lärmbelästigung der Anwohner*innen 	
<p>Quellen</p> <p>Kosten bezogen von: Lehrpfad-Service Materialien und Preise für Schautafel Infotafel Lehrpfadtafel HPL Direktdruck</p>	

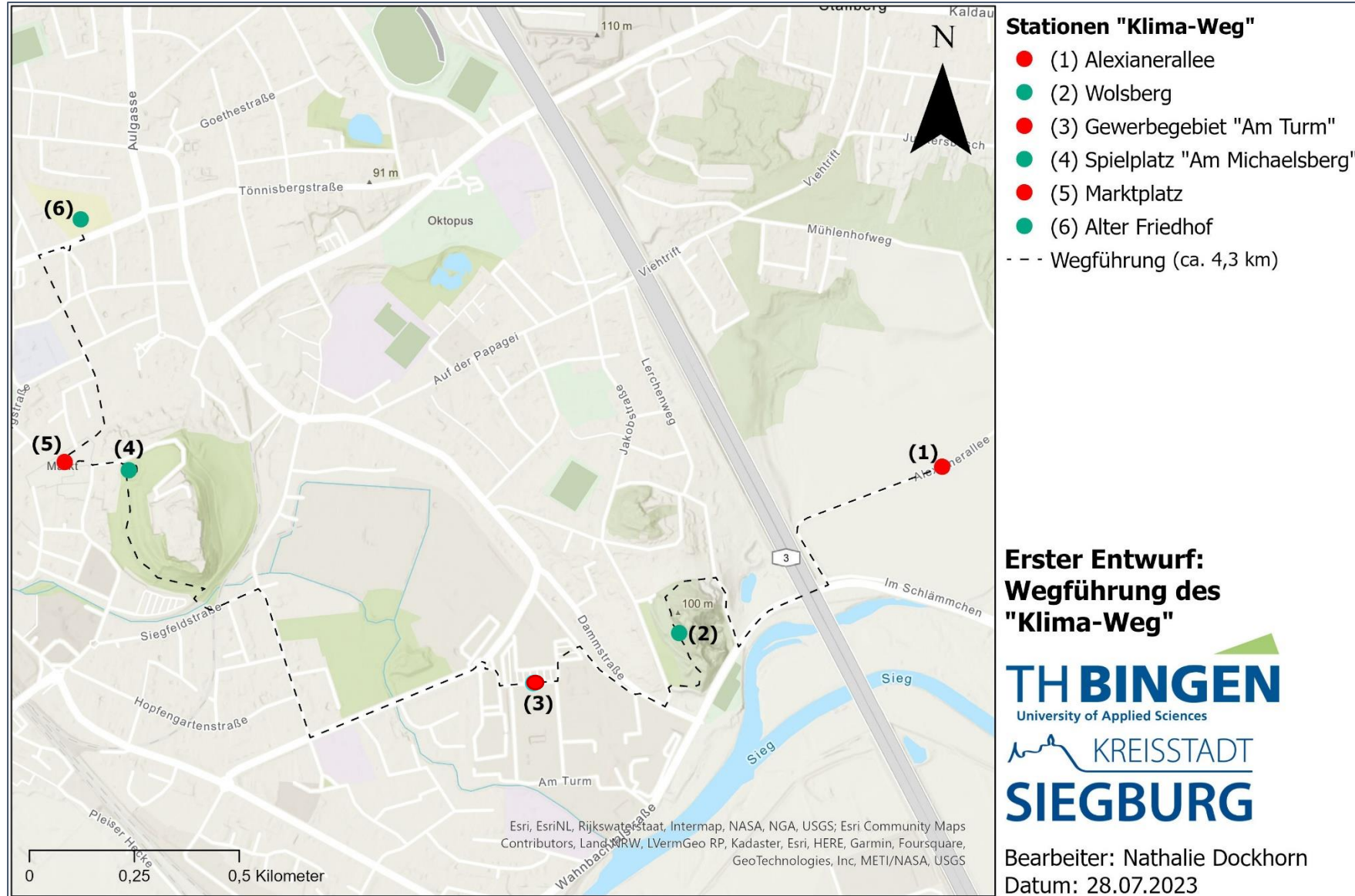


Abbildung 34: Erster Entwurf: Wegführung "Klima-Weg"

Kurzfristig

Mittelfristig

Langfristig

L09: Begrünung der Nord-Ost-Fassade des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn



Kurzbeschreibung

Die Nord-Ost-Fassade des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn bietet eine Potenzialfläche für Fassadenbegrünung.

Denkbar wäre ein bodengebundenes System mit Rankhilfen um die Fassade vor pot. Schäden zu schützen und eine einfache, rückstandslose Entfernung der Vegetation (falls nötig) zu ermöglichen.

Daneben sind bodengebundene System günstiger in der Unterhaltung, da kein aufwändiges Bewässerungssystem eingerichtet werden muss.

Sowohl Bewässerung als auch Düngung, können einfach per

Abbildung 35: Nord-Ost-Fassade des Bahnhofsgebäudes, Potenzialfläche für bodengebundene Fassadenbegrünung

Hand erfolge. Für die bodengebundene Fassadenbegrünung müssen Teile des Weges entsiegelt werden. Pro Pflanze sollte ein Pflanzloch von mindestens 0,5m² entsiegelt werden. Je nach Wandaufbau und Wuchs der Bepflanzung ist ein Wandabstand zwischen 5 bis 15cm nötig. Der Wandabstand sollte i.d.R. mindestens die Hälfte der Triebdicke betragen. Die Rankhilfen können als Gitter- oder Drahtsystem gestaltet werden. Sollen die Hilfen am Gebäude verankert werden, muss dieses statisch dafür geeignet sein. Neben dem reinen Gewicht der Pflanzen, sollten auch Sturm und Schneelasten miteinbezogen werden. [76] Um Trittschäden an den Wurzeln zu vermeiden und die Einleitung von potenziell verunreinigtem Niederschlagswasser in das Grundwasser durch den entsiegelten Bereich zu

verhindern, sollten die Pflanzlöcher mit Kantsteinen eingefasst werden. Alternativ können die Pflanzlöcher als Filterbeete angelegt werden, um Abflüsse von den Verkehrsflächen vorzureinigen. Je nach Pflanzenwahl und Grad der Vorkultivierung der Pflanzen kann eine volle Flächenwirkung nach etwa drei bis 12 Jahren erwartet werden; eine klimatische Wirkung kann sich nach etwa drei Jahren einstellen. [77]

Wahl geeigneter Pflanzen:

Durch die Ausrichtung der Fassade nach Nord-Ost scheint direktes Sonnenlicht nur in den Morgenstunden auf die Fassade. Bei der Pflanzenauswahl ist daher darauf zu achten, dass die Arten für halbschattige bis schattige Standorte geeignet sind. Einheimische Arten sollten nach Möglichkeit bevorzugt werden. Auch kann es in dem Bereich der Fassade, aufgrund des Durchfahrtsverkehrs des öffentlichen Nahverkehrs, kurzfristig höheren Schadstoffkonzentrationen kommen – dafür müssen die Pflanzen geeignet sein. Daneben sollten die Pflanzen frosthart sein und ähnliche Ansprüche an Nährstoffe und Bewässerung haben, um die Pflege einfacher zu gestalten. Eine Liste geeigneter Pflanzenarten findet sich in Table 12.

Brandschutz

Fassadenbegrünung erfordert eine regelmäßige brandschutztechnische Prüfung. Vitale Kletterpflanzen brennen meist erst nach langer und starker Erhitzung und bilden dadurch eine geringe Brandlast. Das Brandverhalten hängt aber grundsätzlich von Holzanteil, Wuchsform, Blattmasse, Anteil trockener und toter Pflanzenteile und Material der Rankhilfen ab und kann variieren. Es müssen in jedem Fall nicht brennbare Materialien für die Rankhilfen verwendet werden. [76]

Pflege

Neben der regelmäßigen Bewässerung und Düngung der Pflanzen, sollte ein bis zwei Mal pro Jahr eine Sichtkontrolle durchgeführt werden, um die Notwendigkeit von Pflege- oder Rückschnitten der Pflanzen oder Wartungsarbeiten an den Rankhilfen festzustellen. Pflegeschnitte können eingesetzt werden, um die Pflanze zu führen oder einen gleichmäßigen Bewuchs zu fördern. Rückschnitte werden immer dann nötig, wenn Schäden an der Fassade drohen oder die Pflanzen weit über die Fassadengrenzen hinauswachsen. [76] Für beide Schnitte werden aufgrund der Höhe der Fassade Hubsteiger benötigt.

Daneben sollte eine regelmäßige Bewässerung und ggf. Düngung erfolgen. Die Häufigkeit von Bewässerung und Düngung variiert je nach Witterungsbedingungen im Jahresverlauf und Bewässerungsbedarf der gewählten Pflanzen. Grober Anhaltspunkt sind etwa 2-3l/m² Fassadengrün Bewässerung. [78] Da es sich bei dem Gebäude um ein Sonderbauwerk handelt, sollte bereits während der Planung, eine Bewässerungs- und Pflegekonzept erarbeitet werden, um den brandschutztechnischen Anforderungen gerecht zu werden. [76]

Klimatische Wirkung

Durch die Transpirationsleistung der Fassadenbegrünung kann die umgebene Lufttemperatur um 0,8-1,3°C reduziert werden. Daneben können die Pflanzen Niederschläge zurückhalten.

Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner

- Eigentümergemeinschaft
- Amt 61, Abt. 611 - Stadtplanung und Denkmalschutz
- Amt 61, Abt. 630 - Bauaufsichtsabteilung
- Amt 80, Sgb. 801 – Umwelt und Wirtschaft
- Amt 68, Abt. 683 – Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe

- Brandschutztechnische Prüfung: Feuerwehr

- Statikberechnungen: Planungsbüro

Preis(-rahmen)

Die Preise können nach Wahl der Pflanzen, Herstellungsaufwand, ausführender Firma und letztlichem Pflegeaufwand variieren. Folgende Kosten sind teilweise Schätzungen nach *Dettmar, Pfoser und Sieber (2016)* [79] und *Landschaftsarchitektur+ und Krieger (2020)* [76]:

Grundlagen

- Fassadenfläche etwa 90m² (5m x 18m)
- 6 Pflanzgruben à 0,5m² x 1m ≈ 3m³

Herstell- und Anschaffungskosten: 19.236 €

- Statikberechnungen: etwa 1.200,00€
- Herstellung und Vorbereitung Pflanzgruben: etwa 300,00 €/m³
- Ranksystem: 180,00 €/m²
- Pflanzen: 0,40 €/m²

Pflege- und Wartungskosten: 1.800 €/Jahr

- 20,00 €/m²/Jahr
- ggf. Kosten für Ersatzpflanzungen

	<p>Kosten im ersten Jahr (inkl. Anschaffungs- und Herstellungskosten): ≈ 21.036 €</p> <p>Kosten in den Folgejahren: 1.800,00€</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ zzgl. Ggf. Kosten für Ersatzpflanzung
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einverständnis des Gebäudeeigentümers ▪ Erfüllung der Anforderungen des Bauordnungsrechts und der Verkehrssicherheit, sowie brandschutztechnische Prüfung <ul style="list-style-type: none"> ▪ § 3 BauO NRW: Allgemeine Anforderungen ▪ § 14 BauO NRW: Brandschutz ▪ § 28 Abs.3 BauO NRW: Außenwände ▪ Prüfung, ob Baugenehmigung erforderlich ist ▪ Ausweisung der Fläche für Fassadenbegrünung nach § 9, Abs.1 Nr. 25 BauGB im Bebauungsplan möglich ▪ Einordnung des Bahnhofsgebäude nach § 2, Abs. 3, Nr. 5 BauO NRW in die Gebäudeklasse 5: Ausschluss von Pflanzenarten mit hohem Anteil ätherischer Öle in Gebäudeklasse 5; daneben Rankhilfen immer aus nicht brennbaren Materialien [76] ▪ Konformität mit städtischen Gestaltungsrichtlinien (Farbgestaltung etc.) ▪ Pflanzlöcher auf öffentlichem Weg: Erlaubnis kann von der Stadt Siegburg erteilt werden. [80] ▪ Beachtung der Vorgaben der Gestaltungssatzung „Satzung der Stadt Siegburg über besondere Anforderungen an die Gestaltung der baulichen Anlagen, der Werbeanlagen und der öffentlichen Verkehrsflächen im Bereich Europaplatz“ ▪ Unterhaltungspflege nach DIN18919 (Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation) 	
<p>Vorteil der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bindung von Luftschadstoffen durch Vegetation (bis zu 60% Reduktion von Feinstaub und bis zu 40% Filterung von Stickstoffdioxid) [76] ▪ Kühlung der Temperatur der Umgebungsluft durch Verdunstungsleistung (ca. 0,8-1,3°C geringere Temperatur vor Fassadenbegrünung) [76] 	

- Schutz der Fassade vor Schäden durch Wärme, Kälte, UV-Strahlung, Niederschlag und Graffiti [76]
- Schaffung von neuem Lebensraum für Insekten, dadurch indirekt Erweiterung des Nahrungsangebotes für Fledermäuse und Vögel und Schaffung neuer Nistplätze für Vögel [76]
- Bindung von Kohlenstoffdioxid in der Vegetation (Beitrag zum Klimaschutz)

Potenzielle Konflikte

- Je nach Pflanzenart erhöhtes Laubaufkommen im Herbst oder erhöhtes Allergiepotenzial möglich
- Wurzeln können Straßenbelag oder unterirdische Versorgungsleitungen schädigen
- Höhere Arbeitsbelastung durch Unterhaltung der Pflanzen für Mitarbeiter*innen der Stadtverwaltung (Baubetriebsamt)
- Flächenkonkurrenz der Pflanzlöcher mit Verkehrsfläche
- Je nach letztllicher Höhe der Pflanzen erhöhter Pflegeaufwand

Literatur

- [76] Landschaftsarchitektur+ i.Z.m. Prof. M. Krieger, Handbuch Grüne Wände, Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, 2020.
- [77] Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., „Leitfaden: Konstruktive und vegetationstechnische Entscheidungsparameter zur Fassadenbegrünung,“ Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., Saarbrücken, 2011.
- [78] M. Bauer, W. Dickhaut, L. Knoop, M. Richter, T. Voß, C. W. Becker, L. Flamm, S. Hübner, M.-K. Schmidt, A. Eschenbach, i. Nofz, N. Neidhart, M. Pallasch, H. Sieker, H. Sommer, J. Eckart, J. Fesser, M. Stöckner, P. Zwernemann, B. Büter, J. Caase, R. von Tils, M. Barjenbruch, D. Geisler, B. Kluge, J. Hirschfeld, G. Jean-Louis und T. Karzai, „BlueGreenStreets Toolbox – Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere,“ BlueGreenStreets, Hamburg. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z)., 2022.
- [79] J. Dr.-Ing. Dettmar, N. Dipl.-Ing. Pfoser und S. Dipl.-Ing. Sieber, „Gutachten Fassadenbegrünung,“ Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Freiraumplanung, 2016.
- [80] Rat der Stadt Siegburg, „Sondernutzungssatzung über die Erlaubnisse und Gebühren für Sondernutzungen an öffentlichen Straßen in der Stadt Siegburg,“ 2022. [Online]. Available: <https://siegburg.de/static/web/dokumente/vii-11.pdf>.

Tabelle 12: Übersicht geeignete Pflanzenarten für bodengebundene Fassadenbegrünung am Eingangsgebäude des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn

Pflanzenart	Standortansprüche	Wuchshöhe	Wurzelsystem	Giftigkeit	Ökologischer Wert	Quelle
Gewöhnliche Waldrebe <i>Clematis vitalba</i>	Sonne bis Halbschatten	5 bis 10 m	Flachwurzler	Giftig	Heimische Wildform, wichtige Futterpflanze für Schmetterlinge und Honigbienen, kann umliegenden Pflanzen durch Gewicht und Lichtentzug schaden (ggf. alleine pflanzen), potenziell unangenehm riechende Blüten	Gewöhnliche Waldrebe: dein Garten ökologisch & pflegeleicht (naturadb.de)
Deutsches Geißblatt <i>Lonicera periclymenum</i>	Halbschatten	3 bis 6 m	Herzwurzler	Giftig	Heimische Wildform, beliebt bei 9 Schmetterlingsarten und 2 Wildbienenarte, wichtiges Vogelnährholz, Sommergrün	Deutsches Geißblatt: dein Garten ökologisch & pflegeleicht (naturadb.de)
Wilde Weinrebe <i>Vitis sylvestris</i>	Sonne bis Halbschatten	3 bis 40 m	Flachwurzler	Nicht giftig	Heimische Wildform, Nährgehölz für 19 Vogelarten	Wilde Weinrebe: dein Garten ökologisch & pflegeleicht (naturadb.de)

Fortsetzung Tabelle 12: Übersicht geeignete Pflanzenarten für bodengebundene Fassadenbegrünung am Eingangsgebäude des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn

Pflanzenart	Standortansprüche	Wuchshöhe	Wurzelsystem	Giftigkeit	Ökologischer Wert	Quelle
Rundblättriger Baumwürger <i>Celastrus orbiculatus</i>	Sonne bis Halbschatten	8 bis 12 m	Flachwurzler	-	Kein besonderer ökologischer Wert, nicht einheimische Wildform (Neophyt)	Rundblättriger Baumwürger: Expertenwissen für den Garten (naturadb.de)
Echter Hopfen <i>Humulus lupulus</i>	Sonne bis Halbschatten	3 bis 10 m	Flachwurzler	Essbar	Einheimisches Hanfgewächs, wichtige Raubfutterpflanze (3 spezialisierte Arten)	Echter Hopfen: dein Garten ökologisch & pflegeleicht (naturadb.de)
Gartengeißblatt <i>Lonicera caprifolium</i>	Sonne bis Halbschatten	3 bis 5 m	Herzwurzler	Giftig	Heimische Wildform, wichtige Raupenpflanze, Nist- und Landeplatz,	Gartengeißblatt: dein Garten ökologisch & pflegeleicht (naturadb.de)

Kurzfristig

Mittelfristig

Langfristig

L10: Begrünung der Nord-Ost-Fassade des Cineplex-Gebäudes

Kurzbeschreibung

Die Nord-Ost-Fassade des Cineplex-Gebäudes bietet Potenzial für eine wandgebundene Fassadenbegrünung. Die Fläche wird bisher nicht für Werbezwecke genutzt.



Abbildung 36: Nord-Ost-Fassade des Cineplex-Gebäudes über Busbahnhof, Potenzialfläche für wandgebundene Begrünung

Der Bereich vorm Bahnhof ist, aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und des hohen Verkehrsaufkommens mit entsprechender Abgasbildung, Hitzehotspot. Über die Transpirationskühle der Vegetation können die Umgebungsluft gekühlt und Luftschadstoffe gebunden werden.

Ausführungsarten

Die wandgebundene Fassadenbegrünung lässt sich auf drei unterschiedlichen Arten realisieren (Abbildung 37). Bei dem „linearen Regalsystem“ werden auf horizontalen Linien Pflanzgefäße auf einer Sekundärkonstruktion angebracht. Form und Größe der Pflanzgefäße ist variabel und die Konstruktion kann um Rankhilfen ergänzt werden, um mehr Vegetationsfläche zu schaffen. Für das „lineare

Regalsystem“ eignen sich Stauden und Kleingehölze, sowie bedingt auch Schlinger, Ranker oder Spreizklimmer (bei vorhandenen Rankhilfen). [81] Beim „modularen System“ werden vorgefertigte Module auf einer hinter gelüfteten Unterkonstruktion angebracht. Die Module können quadratisch oder rechteckig sein (gängige Abmessungen: 60 – 100cm) und tragen das Substrat in Körben/Gabionen, Matten oder Kassetten. Ver- und Entsorgungsleitungen verlaufen in der Unterkonstruktion oder den Modulen selbst. [79] Beim „flächigen System“ wird über die gesamte Fassadenfläche eine Trägerplatte gelegt (Lüftung oder Feuchteabdichtung zur Fassade beachten) und die Pflanzen in Filztaschen oder Einkerbungen mit Substrateinlage angepflanzt. Für das „modulare“ und „flächige System“ eignen sich Stauden, Kleingehölzen und Moose. [81]

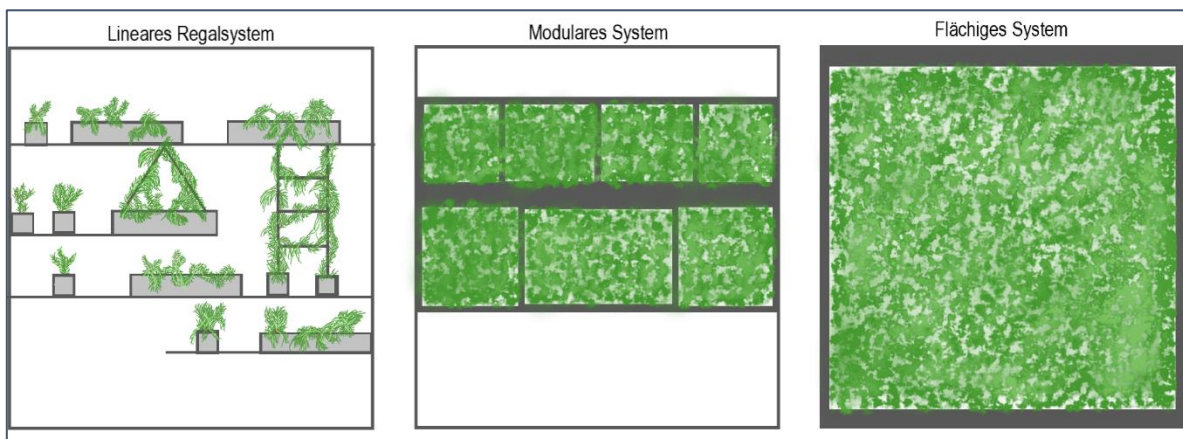


Abbildung 37: Wandgebundene Fassadenbegrünung (Darstellung: N. Dockhorn)

Wahl geeigneter Pflanzen

Die Pflanzenauswahl richtet sich nach Substratstärke und geplanter Bewässerungsintensität. [79] Die gewählten Pflanzen sollten in ihren Bewässerungs- und Nährstoffansprüchen ähnlich sein, sodass die Pflege vereinfacht wird. Durch die Ausrichtung der Fassade nach Nord-Ost müssen die Pflanzen für einen halbschattigen bis schattigen Standort geeignet sein. Um gleichzeitig einen Mehrwert für die Biodiversität zu schaffen, sollten möglichst einheimische Arten gewählt werden. Eine erste Auswahl möglicher Pflanzenarten nach *Pfoser (2016)* findet sich in Tabelle 14.

Bautechnische Anforderungen

Bautechnisch muss die maximal mögliche Wandlast der zu begrünenden Fassade statische Lastreserven für das Gewicht der Begrünung (Trägerkonstruktion,

wassergetränktes Substrat, Vegetation) und potenzielle Belastungen durch Windsog oder Schneemassen aufweisen. Literaturwerte zur Größe der statischen Lastreserve variieren. *Dettmar, Pfoser und Sieber (2016)* geben in ihrer Veröffentlichung folgende Richtwerte an:

Tabelle 13: Lasteinflüsse wandgebundener Fassadenbegrünungssysteme [79]

Lineares System	Modulares System	Flächiges System
450 - 550 kg/lfdm	30 - 220 kg/m ²	30 - 35 kg/m ²
+ Gewicht der Trägerkonstruktion + Windsog + Schneelast + Spannungszustände von Kletterhilfen	+ Windsog + Schneelast	+ Windsog + Schneelast

Eine individuelle Berechnung ist dennoch erforderlich, da die Last nach Substratdicke und Pflanzenart variiert und die Zusatzbelastung durch Windsog und Schneelast standortgerecht bestimmt werden müssen.

Bewässerungs- und Düngungssystem

Da die fassadengebundene Begrünung keinen Bodenanschluss hat, muss ein künstliches Bewässerungs- und Düngungssystem eingerichtet werden. Nach *Landschaftsarchitektur+ und Krieger (2020)* [76] kann bei einem modularen System ein Bewässerungsbedarf von 5 bis 7l/Tag/m² angesetzt werden. Bei einer Fassadenfläche von 50m² wären das bis zu 350l/Tag und 127.750l/Jahr. Die Bewässerung könnte im Rahmen einer Regenwasserbewirtschaftung umgesetzt werden. Die Dachfläche würden dabei in eine Zisterne entwässert werden, in welcher sich die Niederschläge sammeln. Über ein Pumpsystem, dass mit umweltfreundlichem Strom von Solarmodulen auf dem Dach betrieben wird, könnte das Wasser in die Module an der Fassade gepumpt werden. An der Wetterstation „Köln/Bonn“ des Deutschen Wetterdienstes wurden in der Klimaperiode 1991-2020 im Durchschnitt 794,1mm Niederschläge im Jahr gemessen. [82] In Bezug auf die Dachfläche von 400m² stünden damit im Durchschnitt 317.640l/Jahr aus den Niederschlägen zur Bewässerung zur Verfügung.

Denkbar wäre ergänzend zur Fassadenbegrünung auch eine Dachbegrünung, welche zusätzlich Niederschlagswasser zurückhalten könnte. Das Flachdach des Gebäudes bietet mit etwa 400m² genügend Platz für sowohl (Teil-)Begrünung,

<p>Solarmodule als auch Bewässerungssystem. Im Bebauungsplan 23/7 vom 24.03.1999 sind nach 3.2 Dachbegrünungen ausdrücklich zulässig, sodass auch rechtlich einer Dachbegrünung nichts im Wege stünde.</p>	
<p>Zuständigkeiten/Akteure/ Ansprechpartner</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eigentümer ▪ Amt 61, Abt. 611 - Stadtplanung und Denkmalschutz ▪ Amt 61, Abt. 630 - Bauaufsichtsabteilung ▪ Amt 80, Sgb. 801 – Umwelt und Wirtschaft ▪ Amt 68, Abt. 683 – Grünflächenunterhaltung / Friedhöfe ▪ Brandschutztechnische Prüfung: Feuerwehr ▪ Statikberechnung: Planungsbüro
<p>Preis(-rahmen)</p>	<p>Die Preise können nach Wahl der Pflanzen, Herstellungsaufwand, ausführender Firma und letztlichem Pflegeaufwand variieren. Das Vorhaben muss mindestens in einer beschränkten Vergabe vergeben werden, sodass der endgültige Preis zu diesem Zeitpunkt nicht ermittelt werden kann. Die folgenden Kosten finden sich in verschiedenen Publikationen und können erste Richtwerte sein.</p> <p>Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 Module à 5x5m ≈ 50m² Fassadenfläche <p>Kostenkalkulation nach <i>Dettmar, Pfoser und Sieber (2016)</i> [79]</p> <p>Herstell- und Anschaffungskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorbereitung der Fassade, Sekundärkonstruktion: 150,00 €/m² ▪ Begrünungssystem: 350,00 €/m² ▪ Bewässerungssystem: 1000,00 €/m² <p>Pflege-, Wartungs- und Instandhaltungskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 40,00 €/m²/a ▪ ggf. Kosten für Ersatzpflanzungen <p>Kosten im ersten Jahr (inkl. Anschaffungs- und Herstellungskosten): ≈ 75.000 € Kosten in den Folgejahren: 2.000 € zzgl. Ggf. Kosten für Ersatzpflanzung</p> <hr/> <p>Kostenkalkulation nach <i>Landschaftsarchitektur+ und Krieger (2020)</i> [76]</p> <p>Herstell- und Anschaffungskosten: 370,00 - 1.100,00 €/m² Pflegekosten: 5,00 - 70,00 €/m²/a</p>

	<p>Kosten im ersten Jahr (inkl. Anschaffungs- und Herstellungskosten): ≈ 18.750 – 58.500 € Kosten in den Folgejahren: 250 – 3.500 € zzgl. Ggf. Kosten für Ersatzpflanzung</p> <hr/> <p>Kostenkalkulation nach <i>Gonzales et. al (2015)</i> [83] Herstell- und Anschaffungskosten: 230,00 - 1.200,00 €/m²</p> <p>Pflegekosten: 10,00 - 40,00 €/m²/a Kosten im ersten Jahr (inkl. Anschaffungs- und Herstellungskosten): ≈ 12.000 – 62.000 € Kosten in den Folgejahren: 500 – 2.000 € zzgl. Ggf. Kosten für Ersatzpflanzung</p> <hr/> <p>Zu bedenken sind außerdem Gebühren für eine Baugenehmigung. Diese liegen bei etwa 1% der Gesamtbaukosten. [84]</p>
<p>Rechtliche Regelungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einverständnis des Eigentümers ▪ Erfüllung der Anforderungen des Bauordnungsrechts und der Verkehrssicherheit, sowie Brandschutztechnische Prüfung <ul style="list-style-type: none"> ○ § 3 BauO NRW: Allgemeine Anforderungen ○ § 14 BauO NRW: Brandschutz ○ § 28 Abs.3 BauO NRW: Außenwände ▪ Vorlage einer Baugenehmigung nach §74 BauO NRW (Erfüllung der statischen und bautechnischen Anforderungen) ▪ Einordnung des Gebäudes nach § 2, Abs. 3, Nr. 5 BauO NRW in die Gebäudeklasse 5: Ausschluss von Pflanzenarten mit hohem Anteil ätherischer Öle in Gebäudeklasse 5; daneben Rankhilfen immer aus nicht brennbaren Materialien [76] ▪ Konformität mit städtischen Gestaltungsrichtlinien (Farbgestaltung etc.) ▪ Unterhaltungspflege nach DIN18919 (Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation) 	
<p>Vorteil der Maßnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Steigerung des Gestaltungswertes ▪ Schutz der Fassade vor witterungsbedingten Schäden ▪ Keine Flächenkonkurrenz 	

- Frühere mikroklimatische Relevanz als bodengebundene Begrünung (bei ähnlicher klimatischer Wirkung)
- Bindung von Kohlenstoffdioxid in der Vegetation (Beitrag zum Klimaschutz)

Potenzielle Konflikte

- Höherer Pflegeaufwand, regelmäßige Wartung und Pflege unerlässlich
- Pflegearbeiten müssen mittels Hubsteiger erfolgen - Steigerung der Pflegekosten
- Komplexes System zur Bewässerung und Düngung notwendig, verbunden mit hohen Kosten

Sonstiges

- Ausweisung der Fläche für Fassadenbegrünung nach § 9, Abs.1 Nr. 25 BauGB im Bebauungsplan möglich

Literatur

- [76] Landschaftsarchitektur+ i.Z.m. Prof. M. Krieger, Handbuch Grüne Wände, Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, 2020.
- [79] J. Dr.-Ing. Dettmar, N. Dipl.-Ing. Pfoser und S. Dipl.-Ing. Sieber, „Gutachten Fassadenbegrünung,“ Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Freiraumplanung, 2016.
- [80] Rat der Stadt Siegburg, „Sondernutzungssatzung über die Erlaubnisse und Gebühren für Sondernutzungen an öffentlichen Straßen in der Stadt Siegburg,“ 2022. [Online]. Available: <https://siegburg.de/static/web/dokumente/vii-11.pdf>.
- [81] N. Dipl.-Ing. Pfoser, „Grüne Innovation Fassadenbegrünung,“ Fachvereinigung Bauwerksbegrünung E.V. (FBB), Saarbrücken, 2011.
- [82] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Wetterstation "Köln/Bonn" (02667), Tägliche Niederschlagsmenge,“ Climate Data Center (DWD), 2023.
- [83] S. Gonzales, W. Heidenreich, A. Schmidt und K. Stüber, „Praxisratgeber Gebäudebegrünung,“ Green City e.V., München, 2015.
- [84] Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, „Allgemeiner Gebührentarif, Pkt. 2.4.1.2.,“ in *Allgemeine Verwaltungsgebührenordnung*, Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2001, pp. 261 - 442.
- [85] N. Dipl.-Ing. Pfoser, „Fassade und Pflanze: Potenziale einer neuen Fassadengestaltung,“ Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, 2016.

Tabelle 14: Pflanzenauswahl für eine wandgebundene Fassadenbegrünung (nach Pfoser (2016) [85])

Pflanzenart	Standortansprüche	Wasserbedarf	Wuchshöhe	Pflegeaufwand	Boden/pH
Haarblättrige Birnmoos <i>Bryum capillare</i>	(Halb-)Schatten	frisch	1-3cm	Gering	Neutral bis sauer
Zypressenschlafmoos <i>Hypnum cupressiforme</i>	Halbschatten	Trocken bis frisch	3-10cm	Gering	Neutral bis sauer
Kegelmoos <i>Brachythecium i. S.</i>	(Halb-)Schatten	Trocken bis feucht	5-10cm	Gering	Alkalisch bis Sauer
Hirschzungenfarn <i>Phylitis scolopendrium</i>	(Halb-)Schatten	Frisch bis feucht	25-40cm	Hoch	Alkalisch
Blaugrüne Segge <i>Carex flacca</i>	Sonne bis Halbschatten	Fisch	20-25cm	Mittel	Alkalisch
Rispen-Steinbrech <i>Saxifraga paniculata</i>	Halbschatten	Frisch	30cm	Gering	Alkalisch
Immergrünes Schattengras <i>Carex oshimensis</i>	Sonne bis Schatten	Trocken bis frisch	20-30cm	Gering	Neutral
Schnee-Marbel <i>Luzula nivea</i>	(Halb-)Schatten	Trocken bis frisch	15-40cm	Hoch	Neutral
Schaumblüte <i>Tiarella cordifolia</i> ‚Moorgrün‘	Halbschatten	Frisch	10-15cm	Gering	Neutral

Moose

Stauden

Kleingehölze

Fortsetzung Tabelle 14: Pflanzenauswahl für eine wandgebundene Fassadenbegrünung (nach Pfoser (2016) [85])

Pflanzenart	Standortansprüche	Wasserbedarf	Wuchshöhe	Pflegeaufwand	Boden/pH
Glanz-Schildfarn <i>Polystichum aculeatum</i>	(Halb-)Schatten	Frisch	45-80cm	Hoch	Neutral
Weißes Immergrün <i>Vinca minor ‚Alba‘</i>	(Halb-)Schatten	Frisch	10-15cm	Gering	Neutral
Wald-Hainsimse <i>Luzula sylvatica</i>	(Halb-)Schatten	Frisch	20-40cm	Hoch	Neutral
Storchschnabel <i>Geranium versicolor</i>	(Halb-)Schatten	Frisch	30cm	Mittel	Neutral
Goldschuppenfarn <i>Dryopteris affinis</i>	(Halb-)Schatten	Frisch bis feucht	50-100cm	Hoch	Sauer
Buchsbaumblättrige Berberitze <i>Berberis buxifolia ‚Nana‘</i>	Sonne bis Halbschatten	Trocken bis frisch	30-50cm	Gering	Neutral
Dickmännchen <i>Pachysandra terminalis</i>	(Halb-)Schatten	Frisch bis feucht	20-30cm	Mittel	Sauer
Großblättriges Immergrün <i>Vinca major</i>	Sonne bis Schatten	Frisch bis feucht	10-35cm	Mittel	Sauer

Moose

Stauden

Kleingehölze

9. Monitoring

Um zu überprüfen, ob die implementierten Anpassungsmaßnahmen in der Praxis die theoretisch erzielbare Wirkung tatsächlich erreichen und die stadtklimatische Situation verbessern, soll ein regelmäßiges Monitoring durchgeführt werden.

Ursprünglich war geplant Tageswerte zu hitzebedingten Morbiditäts- und Mortalitätswerten des Helios Klinikum Siegburg auszuwerten und mit den hitzerelevanten Messwerten der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes am Köln/Bonner-Flughafen zu verschneiden. Dazu zählen neben den Maxima der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe auch die Luftfeuchtigkeit sowie die Strahlungsintensität bzw. Sonnenscheindauer und Windgeschwindigkeit, also jene Klimavariablen, die ebenfalls zur Berechnung der gefühlten Temperatur herangezogen werden (vgl. Kapitel 5.1). Leider konnte das Helios Klinikum die erforderlichen Daten zu hitzebedingten Behandlungen nicht zur Verfügung stellen, sodass stattdessen ein internes Monitoring angestrebt wird.

9.1. Das interne Monitoring

Das jährliche Monitoring besteht grundsätzlich aus drei Komponenten: eine interne Evaluation, eine Bürger*innenbefragung und die Fortschreibung des Hitzeaktionsplans im Frühjahr. Zur Vorbereitung der internen Evaluation und Bürger*innenbefragung wurde eine Excel-Tabelle vorbereitet, die jährlich fortgeschrieben werden kann.

9.1.1. Die interne Evaluation

Die interne Evaluation soll neben einer quantitativen Erfassung der umgesetzten Maßnahmen und dafür eingesetzten finanziellen Mittel, dem Rückblick auf die amtsübergreifende Zusammenarbeit und Eruiierung eventuell aufgetretener Probleme oder Verzögerungen im Ablauf dienen. Die Federführung dafür liegt beim Amt 80, Sgb. 801 – Umwelt und Klimaschutz. Das Sachgebiet bereitet eine Evaluierungsrunde vor, ermittelt, welche Ämter/Sachgebiete/Akteure an den implementierten Maßnahmen beteiligt waren und lädt die entsprechenden Kollegen zu einer Evaluationsrunde ein. Der so entstehende Austausch kann genutzt werden, um Probleme in der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu eruieren, Prozesse zu optimieren und Input für neue Maßnahmen aus den beteiligten Ämtern zu erhalten. Zur Vorbereitung des Monitorings wurde eine Excel-Datei vorbereitet, in der auch die Grundlage für die Evaluierung hinterlegt ist (Abbildung 38).

Im ersten Schritt werden die implementierten Maßnahmen mit laufender Nummer in die Tabelle eingetragen. Neben einer Beschreibung der Maßnahme werden Zeithorizont (kurz-, mittel-, langfristig), der Status (abgeschlossen, laufend) und Kosten (Gesamtkosten, wenn die Maßnahme abgeschlossen ist bzw. voraussichtliche Gesamtkosten, bei noch laufenden Maßnahmen) erfasst. Der „Maßnahmenbestand“ wird dann automatisch ausgewertet (Anzahl der Maßnahmen und Kosten nach Zeithorizont aufgeschlüsselt).

Teil 1: Interne Evaluation									
Bestandsfassung									
Wie viele Maßnahmen wurden bisher in diesem Jahr umgesetzt?									
Lfd. Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Zeithorizont			Maßnahme abgeschlossen?		Kosten		Voraussichtliche Gesamtkosten (wenn Maßnahme noch nicht abgeschlossen)
		kurzfristig	mittelfristig	langfristig	ja	nein	Gesamtkosten (wenn Maßnahme abgeschlossen)		
	0 Fassadenbegrünung (bodengebunden) am Bahnhofsgebäude			x	x			25.000,00 €	
Auswertung Bestand 2023									
	Anzahl implementierter Maßnahmen	0							
	davon kurzfristig	0							
	davon mittelfristig	0							
	davon langfristig	0							
	Investitionen 2023 (abgeschlossene Maßnahmen)	0,00 €							
	davon kurzfristig	0,00 €							
	davon mittelfristig	0,00 €							
	davon langfristig	0,00 €							
	Investitionen 2023 (laufende Maßnahmen)	0,00 €							
	davon kurzfristig	0,00 €							
	davon mittelfristig	0,00 €							
	davon langfristig	0,00 €							

Abbildung 38: Auswertungsgrundlage zur quantitativen Erfassung der implementierten Anpassungsmaßnahmen

Zum Rückblick auf die amtsübergreifende Zusammenarbeit wird eine Übersicht geschaffen, welche Ämter/Akteure an den implementierten Maßnahmen beteiligt waren und erste Probleme benannt (Abbildung 39). Anschließend wird eine Einladung zum Evaluierungsgespräch an alle beteiligten Ämter geschickt.

Amtsübergreifende Zusammenarbeit				
Welche Ämter waren an der Umsetzung der implementierten Maßnahmen beteiligt?				
Dezernat I	Dezernat II	Dezernat III	Dezernat IV	
Amt 13 - Archivwesen und Kommunikation	Amt 10 - Zentrale Dienste / Hauptamt	Amt 61 - Planungs- und Bauaufsichtsamt	Amt 50 - Amt für Senioren, Wohnen und Soziale	
Amt 80 - Amt für Umwelt und Wirtschaft	Amt 32 - Amt für öffentliche Ordnung	Amt 64 - Amt für Mobilität und Infrastruktur	Amt 51 - Amt für Jugend, Schule und Sport	
	Abt. 370 - Feuerschutz und Rettungsdienst	Amt 65 - Amt für Immobilienmanagement	Amt 2V - Zentrale Vergabestelle	
Sonstige:	StS Digitalisierung	Amt 68 - Baubetriebsamt		
Wo gab es Probleme?				
Missverständnisse in der Kommunikation	Fehlende finanzielle Mittel		Sonstiges:	
Zeitliche Verzögerungen	Hitzealarmen wurden nicht weitergegeben			
Fehlende Materialien	Fehlende Personalkapazität			

Abbildung 39: Auswertungsgrundlage zur amtsübergreifenden Zusammenarbeit

9.1.2. Die Bürger*innenbefragung

Eine quantitative Auswertung der klimatischen Wirkung der Maßnahmen ist ohne tatsächliche Messungen vor und nach der Implementierung durchzuführen nicht möglich, allerdings fehlen dafür sowohl technische Ausstattung als auch personelle Kapazitäten. Um dennoch einen qualitativen Eindruck der Wirkung herzustellen, soll eine regelmäßige Befragung der Bürger*innen durchgeführt werden. Über Erfahrungen und Berichte der

Bürger*innen könnte man immerhin schließen, ob sich die Situation verbessert oder verschlechtert hat. Gleichzeitig können aus der Bürger*innenbefragung Werte zu hitzebedingten Erkrankungen und Altersgruppe der erkrankten Personen gewonnen werden – eine Alternative zu den Morbiditäts- und Mortalitätswerte des städtischen Krankenhauses. Die Berichte der Bürger*innen sind teilweise als Beschreibung der persönlichen Empfindung subjektiv. Um ergänzend einen gewissen objektiven Rahmen zum Abgleich zu schaffen, sollen die Messwerte der Wetterstation „Köln/Bonn“ des Deutschen Wetterdienstes jährlich ausgewertet werden. Die wichtigsten Klimavariablen sind dabei tägliche Werte der maximalen Lufttemperatur, mittlere Windgeschwindigkeit, die Sonnenscheindauer und die relative Luftfeuchtigkeit (Beispiel in Abbildung 40). Auch die Anzahl der „Heißen Tage“ und „Sommertage“ sollte in einer separaten Übersicht betrachtet werden (Beispiel in Abbildung 41). Je nach Wärmeintensität und Länge des Sommers kann sich die Auswertung auf mehrere Monate beziehen, die Monate Juni, Juli und August sollten allerdings immer mindestens ausgewertet werden.

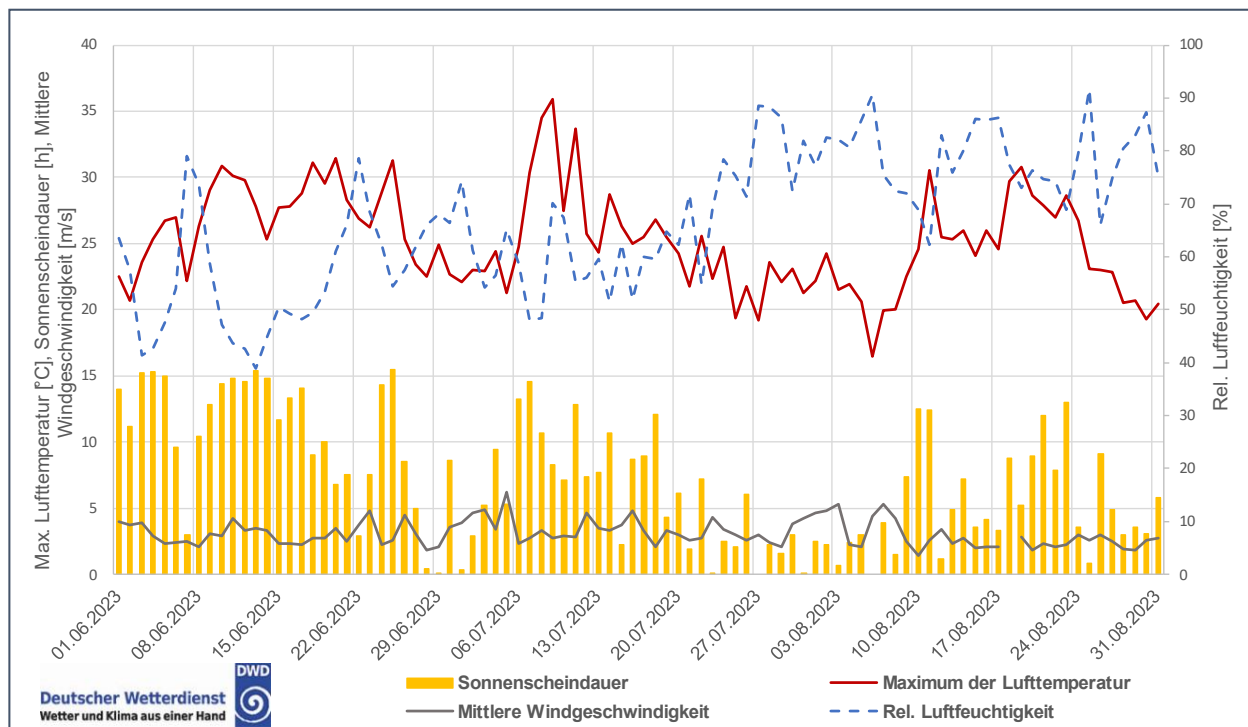


Abbildung 40: Beispielhafte Auswertung der Stationsmesswerte der Wetterstation Köln/Bonn in den Monaten Juni bis August (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, eigene Darstellung)

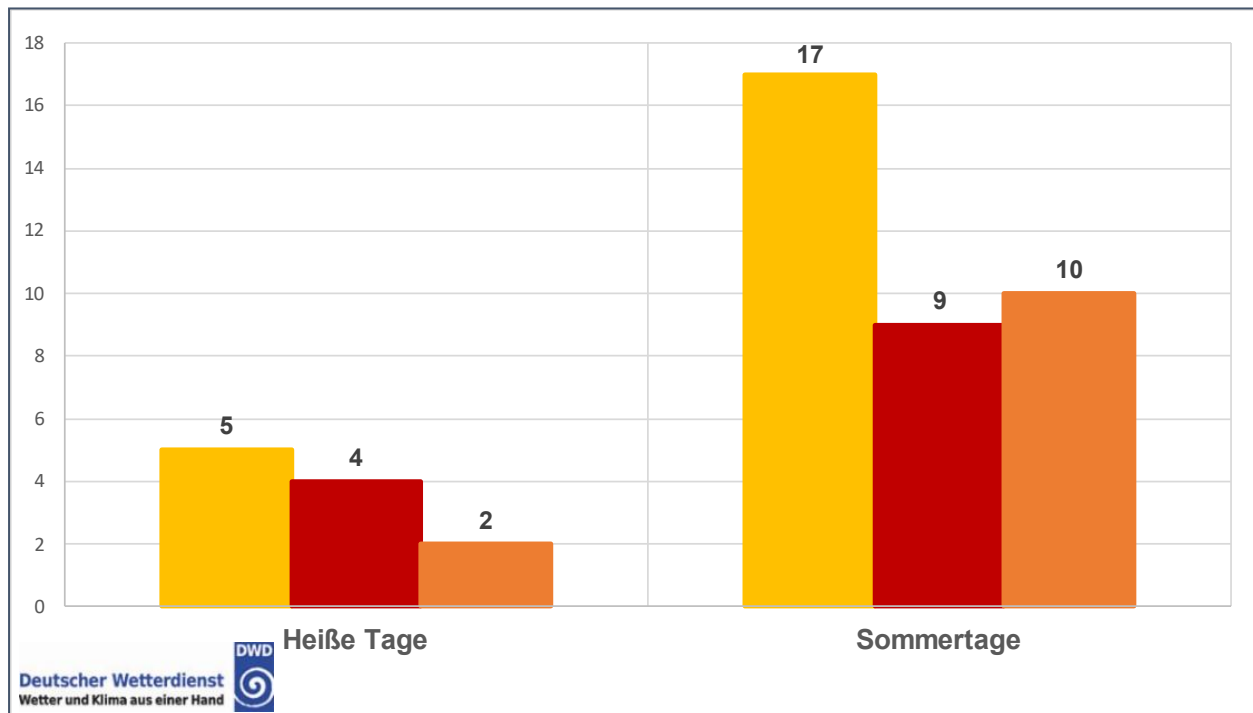


Abbildung 41: Auswertung der hitzerelevanten Kenntage in den Monaten Juni bis August 2023, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, eigene Darstellung)

9.1.3. Fortschreibung des Hitzeaktionsplans

Der Hitzeaktionsplan ist ein dynamisches Konzept. Im Rahmen der Fortschreibung soll geprüft werden, ob weitere Maßnahmen des Maßnahmenkataloges angestoßen werden können oder der Katalog um neue Maßnahmenvorschläge erweitert werden kann. Auch sind in dieser Zeit die kurz- und mittelfristigen Maßnahmen für die kommende Hitzeperiode vorzubereiten. Darunter fällt bspw. die Terminvereinbarung mit Senioreneinrichtungen im Stadtgebiet, um Informationsveranstaltungen zu Verhaltensempfehlungen bei Hitze vor Beginn der heißen Jahreszeit anbieten zu können oder das erneute Bewerben des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes und die Motivation der Bürger*innen zum Abonnement der Hitzewarnungen.

9.2. Zeithorizonte und Ablaufplan

Die interne Evaluation und Bürger*innenbefragung sollten zeitnah nach Ende der Hitzeperiode (Ende September/spätestens Anfang Oktober) beginnen. Da im Rahmen der Bürger*innenbefragung vor allem die empfundene Wärmebelastung abgefragt wird und sich die Erinnerungen mit voranschreitender Zeit verändern können, sollte die Befragung so früh wie möglich erfolgen, um möglichst unverzerrte Erinnerungswerte zu erhalten.

Die Fortschreibung des Hitzeaktionsplan sollte (mit ausreichender Vorlaufzeit zur nächsten Hitzeperiode) im Frühjahr gestartet werden, idealerweise bereits im März.

Jährliche Evaluation und Fortschreibung bilden einen Kreislauf (Abbildung 42) zur stetigen Weiterentwicklung des Hitzeaktionsplans.

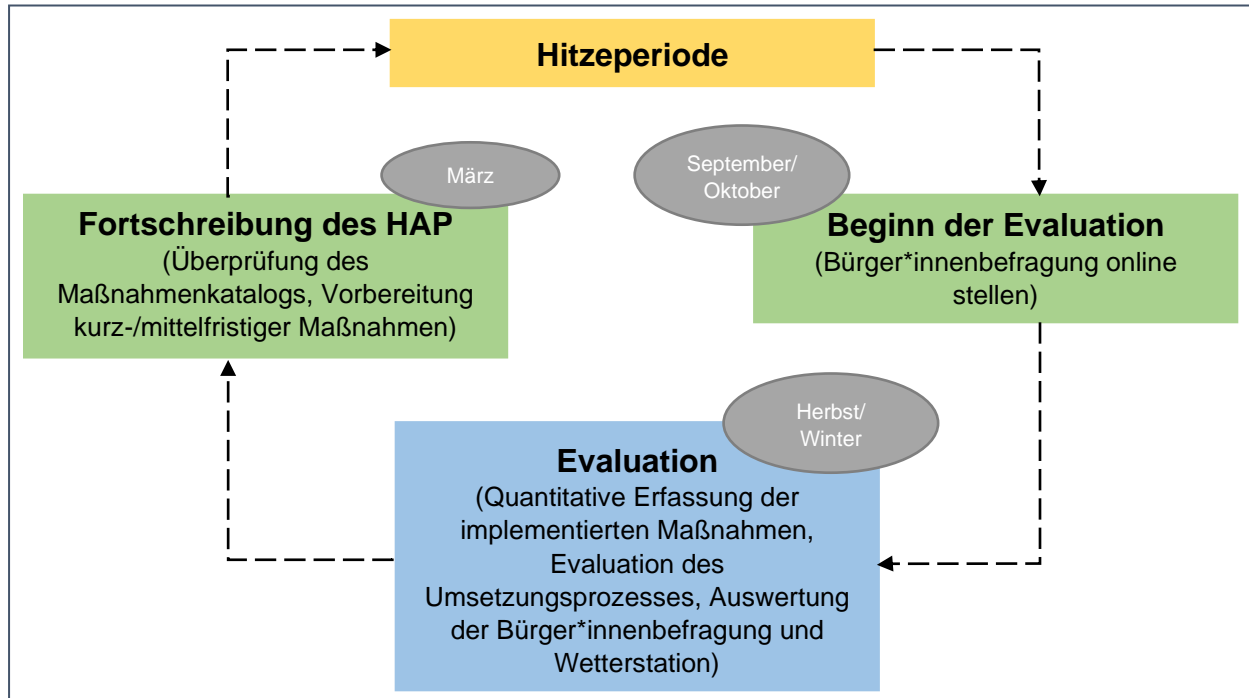


Abbildung 42: Kreislauf des internen Monitorings

9.3. Leitfaden zur Auswertung

9.3.1. Auswertung der Wetterstationsdaten

Die Messdaten der DWD-Wetterstation Köln/Bonn können über den OpenData-Server (<https://opendata.dwd.de/>) des Deutschen Wetterdienst bezogen werden. Um zur Wetterstation zu navigieren sind auf der Server-Homepage folgende Schritte auszuführen: „climate_environment“ – „CDC“ – „observations_germany“ – „climate“ – „daily“ – „kl/“ – „historical“. In der vorliegenden Liste sind alle Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes aufgeführt. Die Station Köln/Bonn hat die ID: 02667, für ein schnelleres Finden kann die Suchfunktion genutzt werden (Strg + F). Sollte eine andere Wetterstation ausgewertet werden sollen, findet sich in der Datei „KL_Tageswerte_Beschreibung_Stationen.txt“ eine Übersicht aller Stationen mit Stationsname und ID. Durch Klick auf den Eintrag „tageswerte_KL_02667_19570701_2023xxxx_hist.zip“ wird der Datendownload

gestartet. Die Datei muss anschließend entpackt werden. Die benötigte Datei „produkt_klima_tag_(...)_02667“ liegt in Textform vor und muss für die weitere Bearbeitung mit Excel eingelesen werden. Die benötigten Daten werden aus der eingelesenen Datei in die vorbereitete Excel-Datei, Tabellenblatt „Fortschreibung_Messwerte“ übertragen und anschließend in Diagrammen dargestellt. Für das Jahr 2024 sind die Auswertungstabellen und Diagramme schon vorgefertigt und sollten sich, nach Übertrag der Messwerte, automatisch füllen.

Ausführliche Anleitungen zum Download und Einlesen der Daten in Excel findet sich in Anhang 4 (S.153).

9.3.2. Bürger*innenbefragung

Die Bürger*innenbefragung kann über die Mitmach-Plattform (<https://mitmachen.siegburg.de/>) durchgeführt werden. Die StS Digitalisierung ist dafür der interne Ansprechpartner. Der Fragebogen für die Umfrage ist bereits vorbereitet und mit der Grundlage für die interne Evaluation in einer Datei hinterlegt. Abgefragt werden neben Wohnort (Stadtteilebene) und Altersgruppe des Teilnehmenden:

- die empfundene Hitzebelastung (*1: keine Belastung bis 5: außergewöhnliche Belastung*)
- selbst erlittene oder im Bekanntenkreis aufgetretene hitzebedingte Erkrankungen (*Sonnenstich, Hitzeerschöpfung, Hitzekollaps, Hitzschlag, Hitzekramp, Dehydration*) und Altersgruppe der Erkrankten (Link zu Übersicht der verschiedenen Symptome vom Bundesministerium für Gesundheit ist beigefügt)
- die Wahrnehmung von implementierten Anpassungsmaßnahmen (*Haben Sie mitbekommen, dass Maßnahmen gegen die Hitzebelastung in Ihrem Stadtteil implementiert wurden?*)
- die Möglichkeiten der Versorgung mit kostenlosem Trinkwasser (*Konnten Sie sich an heißen Tagen ohne größeren Aufwand unterwegs mit kostenlosem Trinkwasser versorgen?*) und
- Wünsche für weitere Anpassungsmaßnahmen oder Verbesserungsvorschläge im angestrebten Umgang mit Hitze (*Was hätten Sie sich diesen Sommer an besonders heißen Tagen von der Verwaltung gewünscht? Wie hätten wir Ihrer Meinung nach die Hitzesituationen besser meistern können? Welche weiteren Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung bzw. zum besseren Umgang mit Hitze würden Sie sich wünschen?*)

Die Umfrage wurde mit sechs Multiple-Choice-Fragen und vier Fragen mit Antworten im Freitext bewusst kurzgefasst, um den Zeitaufwand der Beantwortung möglichst gering zu halten und mehr Bürger*innen zur Beteiligung zu motivieren.

Da für die Teilnahme an der Umfrage ein Benutzerkonto benötigt wird, werden tendenziell weniger Bürger*innen erreicht und teilnehmen – der Stichprobenumfang wird verringert und es bleibt zu prüfen, ob die Anzahl der Teilnehmenden eine valide statistische Auswertung zulassen.

Teil 2: Bürgerbefragung											
Bürgerbeteiligung											
In welchem Stadtteil wohnen Sie?											
Innenstadt	Zange	Stallberg	Braschoss	Nordstadt	Deichhaus	Kaldauen	Seligenthal				
Brückberg	Wolsdorf										
Welcher Altersgruppe gehören Sie an?											
< 65	65+										
Wie haben Sie die Belastung durch Hitze im vergangenen Jahr empfunden?											
1: keine Belastung	2: kaum belastend	3: durchschnittliche Belastung	4: sehr belastend	5: außergewöhnlich belastend							
Hatten Sie dieses Jahr hitzebedingte gesundheitliche Beschwerden? Oder haben Sie in Ihrem Bekanntenkreis Personen, die hitzebedingte Erkrankungen erlitten haben?											
Ja, ich selber	Ja, in meinem Bekanntenkreis	Nein									
Wenn ja, welche hitzebedingten Erkrankungen sind aufgetreten?											
Sonnenstich	Hitzeerschöpfung	Hitzekollaps	Hitzeschlag	Hitzekrampf	Dehydration						
Wenn in Ihrem Bekanntenkreis hitzebedingte Erkrankungen aufgetreten sind: Welcher Altersgruppe gehören die betroffenen Personen an?											
0-2 Jahre	3-5 Jahre	6-9 Jahre	10-64 Jahr	65-79 Jahre	80+						

Abbildung 43: Auszug aus dem Fragenkatalog zur Bürger*innenbefragung

10. Zusammenfassung

Mit diesem Hitzeaktionsplan soll ein Konzept geschaffen werden, dass die Bürger*innen für die Gefahren der zunehmenden Hitzebelastung, bedingt durch den Klimawandel, sensibilisiert, vor jenen schützt und einen Beitrag auf dem Weg der Umgestaltung hin zur hitzeresilienten Stadt leistet.

Die Auswertung der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes am Köln/Bonner Flughafen hat gezeigt, dass sich das Klima im Gebiet um die Stadt bereits verändert. Steigende Temperaturen und eine Zunahme von Sommertagen und heißen Tage und das häufigere Auftreten von Tropennächten belegen die zunehmende thermische Belastung. Diesen Trend zeigt auch das ausgewertete Projektionsensemble der Modellrechnungen. Sämtliche Projektionen unter dem Emissionsszenario RCP8.5 zeigen für alle ausgewerteten Kennwerte in der Vergangenheit einen zunehmenden Trend, welcher sich bis zum Ende des Auswertungszeitraums fortsetzt. Die Daten des Klimaatlas NRW zeigen, dass der Großteil der Siedlungsfläche bereits heute in Bereichen starker thermischer Belastung und schwacher bis mäßiger nächtlicher Überwärmung liegt. Es ist anzunehmen, dass sich die Situation durch den fortschreitenden Klimawandel noch intensivieren wird. Durch die Auswertung von Satellitenbildern konnten zusätzlich die Oberflächentemperaturen im Stadtgebiet untersucht und erste Hitzehotspots abgeschätzt werden. Zur Eruierung von Räumen mit besonderem Anpassungsdruck wurden die Daten der klimatischen Auswertung mit der Altersstruktur der Einwohner*innen auf Stadtteilebene verschnitten. Neben den Daten zum Alter der Einwohner*innen wurden im Nachgang wichtige infrastrukturelle Einrichtungen für Risikogruppen bzw. Gruppen mit erhöhter Vulnerabilität (bspw. Seniorenzentren, Kindertagesstätten, Grundschulen) im Stadtgebiet verortet und so zusätzliche Rückschlüsse auf die räumliche Verteilung der vulnerablen Personen gezogen. Die Auswertung der Altersstruktur hat gezeigt, dass ein nicht unerheblicher Teil der Einwohner*innen einer hitzevulnerablen Gruppe angehört. Innenstadt, Nordstadt und Kaldauen weisen dabei die höchste Dichte hitzevulnerabler Personen auf und heben sich deutlich von den anderen Stadtteilen ab. Ebenfalls in die Auswertung mit eingeflossen ist die Erreichbarkeit von waldklimatischen Flächen, die potenziell an heißen Tagen kühlere Temperaturen versprechen. Dabei sind besonders die Innenstadt, Deichhaus und Zange durch eine geringe Erreichbarkeit aufgefallen.

Nach Auswertung aller vorliegender Daten wurden die Innenstadt, der südliche Teil der Nordstadt und Kaldauen als Gebiete mit dem höchsten Handlungsdruck ausgewiesen. Kaldauen und die Nordstadt allerdings in geringerer Priorität als die Innenstadt.

Um die Bürger*innen rechtzeitig vor anstehenden Hitzeereignissen zu warnen, wurde ein Fahrplan für die Implementierung des Hitzewarnsystems des Deutschen Wetterdienstes in Teilen der städtischen Informationsstruktur erarbeitet. Vom DWD herausgegebene Hitzewarnungen sollen über den städtischen Newsletter und die Social-Media-Kanäle gestreut werden. Gleichzeitig werden die Warnungen über einen Mail-Verteiler an die Kindertagesstätten im Stadtgebiet verteilt, um insbesondere die Risikogruppe der Säuglinge und Kleinkinder zu erreichen.

Um die Anpassungsmöglichkeiten im Stadtgebiet aufzuzeigen und erste Schritte hin zur Umgestaltung zur hitzeresilienten und klimaangepassten Stadt zu gehen, wurde ein Maßnahmenkatalog mit Vorschlägen zu kurz-, mittel- und langfristigen Anpassungsmaßnahmen erarbeitet. Während die kurz- und mittelfristigen Maßnahmen vor allem auf die Sensibilisierung der Risikogruppen und Bevölkerung insgesamt abzielen oder Möglichkeiten zur individuellen Linderung der Hitzebelastung aufzeigen, beschreiben die langfristigen Maßnahmen eher (städte-)bauliche Möglichkeiten die thermische Belastung im Stadtgebiet zu verringern. Ein Großteil der Maßnahmen beschreibt naturbasierte Anpassungsmöglichkeiten, um gleichzeitig Synergien mit dem Klimaschutz oder einen ökologischen Mehrwert zu schaffen.

Zur jährlichen Evaluation und regelmäßigen Fortschreibung des Hitzeaktionsplans wurde ein internes Monitoringkonzept erarbeitet. Im Rahmen der quantitativen Erfassung implementierter Anpassungsmaßnahmen und Bewertung der amtsübergreifenden Zusammenarbeit sollen Fortschritte im Umsetzungsprozess nachgehalten und Probleme frühzeitig erkannt werden. Durch eine jährliche Bürger*innenbefragung zur wahrgenommenen Hitzebelastung und dem Auftreten hitzebedingter Erkrankungen im Bekanntenkreis sollen Sekundärdaten zur qualitativen klimatischen Wirkung gewonnen werden.

Die zu Anfang erwähnten Studien des *Robert-Koch-Instituts (2022)* und *Bellester et. al (2023)* zeigen eindrücklich, welche Gefahr zunehmende Hitze für die menschliche Gesundheit darstellt. Alle hier durchgeführten Auswertungen deuten auf eine Intensivierung der thermischen Belastung im Stadtgebiet hin und begründen Handlungsbedarf im Bereich der Klimaanpassung. Mit diesem Hitzeaktionsplan ist ein wichtiger Schritt getan, allerdings beschreibt diese Ausarbeitung keinen abschließenden Weg hin zur hitzeresilienten Stadt. Um das bestmögliche Output aus diesem Konzept zu generieren, muss eine regelmäßige Fortschreibung des Konzepts und ein Monitoring der implementierten Maßnahmen durchgeführt werden. Auch sollte regelmäßig geprüft werden, ob die Datengrundlage zur Eruierung der hitzevulnerablen Gruppen im Stadtgebiet erweitert werden kann. Mit der Auswertung der Altersstruktur auf Stadtteilebene ist zwar eine gute Grundlage geschaffen, allerdings wird diese Herangehensweise nicht allen Risikogruppen gerecht, da bspw. keine Daten zu Personen mit chronischen Erkrankungen oder sozial isoliert lebenden Menschen erhoben werden konnten. Auch können im Rahmen der Bürger*innenbefragung nur bedingt Daten zur klimatischen Wirkung und potenzieller Verringerung der hitzebedingten Morbiditäts- und Mortalitätszahlen durch implementierte Maßnahmen gewonnen werden. Zum aktuellen Zeitpunkt lässt die mangelnde Datenlage leider keine genaueren Auswertungen zu, es wird allerdings ausdrücklich empfohlen im Rahmen der regelmäßigen Fortschreibung die Datenverfügbarkeit erneut zu überprüfen und, wenn möglich, die Auswertung zu erweitern.

Der Hitzeaktionsplan ist ein wichtiges Instrument im Umgang mit der Klimaveränderung. Aufgrund der Vielfältigkeit der Folgen des Klimawandels, bedarf es aber einer weitreichenden und umfassenden Analyse aller möglichen klimatischen Veränderungen und Abschätzung potenzieller Folgen, um eine wirksame Klimaanpassung umzusetzen. Unter Berücksichtigung möglicher Synergieeffekte oder Konflikten mit anderen Bereichen der Klimaanpassung oder des Klimaschutzes können Anpassungsmaßnahmen besonders nachhaltig und sinnvoll gestaltet werden. Der Hitzeaktionsplan soll deswegen als Teil einer ganzheitlichen Anpassungsstrategie betrachtet werden und als dynamisches Konzept in diese einfließen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchte Klimakennwerte und ihre Definition nach DWD	11
Tabelle 2: Vergleich der Periodenmittelwerte der Lufttemperatur auf zwei Meter Höhe je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln//Bonn (*p<0,05; **p<0,01).....	12
Tabelle 3: Vergleich der Periodenmittelwerte der heißen Tage bzw. Sommertage je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn (* p < 0,05)	14
Tabelle 4: Vergleich der Periodenmittelwerte der Tropennächte je Monat, gemessen an der Wetterstation Köln/Bonn.....	17
Tabelle 5: Zur Auswertung genutzte globale und regionale Klimamodelle [16].....	18
Tabelle 6: Verwendete Koordinaten bzw. Gridcell-Index zum Extrahieren des Kreisstadtgebietes aus den Modelldaten.....	20
Tabelle 7: Klassifizierung der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET), thermisches Empfinden und physiologische Belastung [36]	32
Tabelle 8: Altersklassen zur Auswertung der Altersstruktur der Stadtbevölkerung	35
Tabelle 9: Anzahl der Bewohner*innen je Stadtteil, aufgeschlüsselt nach Altersklassen	36
Tabelle 10: Anzahl der Plätze in Kindertagesstätten und Grundschulern je Stadtteil [41] [42] ...	37
Tabelle 11: Zusammenhang der gefühlten Temperatur, PMV-Wert, Empfinden und körperlicher Beanspruchung (bearbeitet) [47].....	47
Tabelle 12: Übersicht geeignete Pflanzenarten für bodengebundene Fassadenbegrünung am Eingangsgebäude des ICE-Bahnhofs Siegburg/Bonn.....	109
Tabelle 13: Lasteinflüsse wandgebundener Fassadenbegrünungssysteme [79].....	113
Tabelle 14: Pflanzenauswahl für eine wandgebundene Fassadenbegrünung (nach Pfoser (2016) [85])	117

Literaturverzeichnis

- [1] C. Beuermann, „Die Entdeckung des menschlichen Einflusses auf das Klima,“ Bundeszentrale für politische Bildung, 07 05 2013. [Online]. Available: <https://www.bpb.de/themen/klimawandel/dossier-klimawandel/38444/die-entdeckung-des-menschlichen-einflusses-auf-das-klima/>. [Zugriff am 09 03 2023].
- [2] V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. Gomis, K. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, T. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu und B. Zhou, „IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021.
- [3] IPCC, „Summary for Policymakers,“ in *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*, Geneva, Switzerland, IPCC, 2023, pp. 1-34.
- [4] Deutscher Wetterdienst, „Klimawandel - Ein Überblick,“ [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick_node.html. [Zugriff am 09 März 2023].
- [5] Bundesministerium für Gesundheit, „Hitze: Risiken und Schutzmaßnahmen,“ Bundesministerium für Gesundheit, 02 Juli 2021. [Online]. Available: <https://gesund.bund.de/hitze-und-gesundheit#tipps>. [Zugriff am 05 Oktober 2023].
- [6] H.-G. Dr. Mücke und A. Prof. Dr. Matzarakis, „Klimawandel und Gesundheit: Tipps für sommerliche Hitze und Hitzewellen,“ Umweltbundesamt und Deutscher Wetterdienst, 2019.
- [7] J. Ballester, M. Quijal-Zamorano, R. F. Méndez Turrubiates, F. Pegenaute, F. R. Herrmann, J. M. Robine, X. Basagaña, C. Tonne, J. M. Antó und H. Achebak, „Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022,“ *nature medicine*, pp. 1857-1866, 10 Juli 2023.
- [8] C. Winklmayr und M. Dr. an der Heiden, „Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022,“ *Epidemiologisches Bulletin*, Nr. 42|2022, pp. 3-9, 20 Oktober 2022. Robert-Koch-Institut.
- [9] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: "Heißer Tag",“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101094&lv3=101162>. [Zugriff am 09 03 2023].
- [10] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: "Sommertag",“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=102522>. [Zugriff am 09 03 2023].

- [11] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: Tropennacht,“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102672&lv3=102802>. [Zugriff am 09 03 2023].
- [12] Deutscher Wetterdienst, „CDC - Climate Data Center,“ [Online]. [Zugriff am 07 März 2023].
- [13] Deutscher Wetterdienst, „Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2021,“ Deutscher Wetterdienst Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 2022.
- [14] Umweltbundesamt, „Gesundheitsrisiken durch Hitze,“ 25 01 2023. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze#indikatoren-der-lufttemperatur-heisse-tage-und-tropennachte>. [Zugriff am 14 03 2023].
- [15] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: "Städtische Wärmeinsel",“ Deutscher Wetterdienst, [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=744502>. [Zugriff am 14 03 2023].
- [16] H. Dr. Hübener, K. Dr. Bülow, C. Dr. Fooker, B. Dr. Früh, P. Dr. Hoffmann, S. Höpp, K. Dr. Keuler, C. Dr. Menz, V. Dr. Mohr, K. Dr. Radtke, H. Ramthun, A. Spekat, C. Dr. Steger und D. Tous, „ReKliEs-De Ergebnisbericht, Appendix A,“ 2017.
- [17] CLMcom, „CLMcom CORDEX data for Europe (EUR-11) based von CCLM4-8-17 model simulations,“ World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ, 2016. <http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=CXEU11CLCL>.
- [18] H. Hübener, K. Bülow, C. Fooker, B. Früh, P. Hoffmann, S. Höpp, K. Keuler, C. Menz, V. Mohr, K. Radtke, H. Ramthun, A. Spekat, C. Steger, F. Toussaint, K. Warrach-Sagi und M. Woldt, *cordex-reklies, EUR-11 GERICS REMO2015*, World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ, 2017. <http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REEU11GER15>.
- [19] H. Hübener, K. Bülow, C. Fooker, B. Früh, P. Hoffmann, S. Höpp, K. Keuler, C. Menz, V. Mohr, K. Radtke, H. Ramthun, A. Spekat, C. Steger, F. Toussaint, K. Warrach-Sagi und M. Woldt, *cordex-reklies EUR-11 CLMcom CCLM4-8-17*, World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ, 2018. <http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REEU11CLCL>.
- [20] D. Jacob, J. Petersen, B. Eggert, A. Alias, O. B. Christensen, L. M. Bouwer, A. Braun, A. Colette, M. Déqué, G. Georgievski, E. Georgopoulou, A. Gobiet, L. Menut, G. Nikulin, A. Haensler, N. Hempelmann, C. Jones, K. Keuler, S. Kovats, N. Kröner, S. Kotlarski, A. Kriegsmann, E. Martin, E. von Meijgaard, C. Moseley, S. Pfeifer, S. Preuschmann, C. Rademacher, K. Radtke, D. Rechid, M. Rounsevell, P. Samuelsson, S. Somo, J.-F. Soussana, C. Teichmann, R. Valentini, R. Vautard, B. Weber und P. Yiou, „EURO-CORDEX (2014): new high-resolution climate change projections for European impact research Regional Environmental Changes. Vol. 14, Issue 2, pp. 563-578.“

- [21] Deutsches Klimarechenzentrum GmbH (DRKZ), „World Data Center for Climate (WDCC),“ [Online]. Available: <https://www.wdc-climate.de/ui/>. [Zugriff am 31 03 2023].
- [22] H. Dr. Hübener, K. Dr. Bülow, C. Dr. Fooker, B. Dr. Früh, P. Dr. Hoffmann, S. Höpp, K. Dr. Keuler, C. Dr. Menz, V. Dr. Mohr, K. Dr. Radtke, H. Ramthun, A. Spekat, C. Dr. Steger, F. Dr. Toussaint, K. Dr. Warrach-Sagi und M. Woldt, „ReKliEs-De Ergebnisbericht,“ 2017.
- [23] „Agricultural and Meteorological Software,“ AgriMetSoft, 2020. [Online]. Available: <https://agrimetsoft.com/cordex%20coordinate%20rotation>. [Zugriff am 20 März 2023].
- [24] U. Schultzeida, „CDO User Guide (2.1.0),“ Zenodo, Oktober 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7112925>.
- [25] Deutscher Wetterdienst, „Deutscher Wetterdienst: "RCP-Szenarien",“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien.html>. [Zugriff am 16 März 2023].
- [26] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: Klimatologische Referenzperiode,“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101456>. [Zugriff am 11 04 2023].
- [27] B. Tinz, E. Freydank und P. Hupfer, „Hitzeepisoden in Deutschland im 20. und 21. Jahrhundert, in: J. Lozán u.a.: Warnsignal Klima. Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen,“ Hamburg, 2008, pp. 141-148.
- [28] United States Geological Survey (USGS), „Earth Explorer: Landsat-8 (L1TP),“ [Online]. Available: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Zugriff am 21 März 2023].
- [29] ESRI Inc., „ArcGIS Pro,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.esri.com/de-de/home>.
- [30] V. Singh, „Estimating land surface temperature in ArcGIS using Landsat-8, Hoshangabad district, (Madhya Pradesh),“ *International Journal of Applied Research*, Bd. 3, Nr. 6, pp. 1374-1379, 2017.
- [31] National Aeronautics and Space Administration (NASA), „Earth Data: ASTER (AST08),“ [Online]. Available: <https://search.earthdata.nasa.gov/search>. [Zugriff am 23 März 2023].
- [32] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, „Klimaatlas NRW,“ 2022. [Online]. Available: www.klimaatlas.nrw.de.
- [33] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, „Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen - LANUV-Fachbericht 86,“ Recklinghausen, 2018.
- [34] U. Eichelmann, „Glossar: PHYSIOLOGISCH ÄQUIVALENTE TEMPERATUR,“ Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, 18 11 2019. [Online]. Available: <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ihm/meteorologie/forschung/glossar/hrc-physiologisch-aequivalente-temperatur>. [Zugriff am 07 04 2023].

- [35] A. Dr. Matzarakis und H. Mayer, „Another kind of environmental stress: Therma stress,“ *WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, NEWSLETTERS*, Bd. 18, pp. 7-10, 1996.
- [36] I. Schlegel, M. Dr. Koßmann und A. Prof. Dr. Matzarakis, „Stadtklimatische Untersuchungen der sommerlichen Wärmebelastung in Stuttgart als Grundlage zur Anpassung an den Klimawandel,“ *Deutscher Wetterdienst: Abteilung Klima- und Umweltberatung*, Freiburg, 2017.
- [37] W. Dr. Straff, H.-G. Dr. Mücke, R. Baeker, C. Dr. Baldermann, A. Dr. Braubach, J. Dr. Litvinovitch, A. Prof. Dr. Matzarakis, G. Petzold, U. Dr. Rexroth, S. Schroth und N. Stutzinger-Schwarz, „Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit,“ *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*, 2017.
- [38] Bundesministerium für Gesundheit, „Diagnose Demenz: Krankheitsbild und Verlauf,“ 28.09.2021. [Online]. Available: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/pflege/online-ratgeber-demenz/krankheitsbild-und-verlauf.html#:~:text=Je%20%C3%A4lter%20die%20Menschen%20werden,Jahren%20beraits%20jeder%20Dritte%20betroffen..> [Zugriff am 18.04.2023].
- [39] S. Mergner, F. Platz, W. Dr. Hofstetter und A. Dr. Kleber, „Hitzeaktionsplan der Stadt Worms,“ *Stadtverwaltung Worms*, Worms, 2021.
- [40] Rhein-Sieg-Kreis, „Gesundheitsportal,“ [Online]. Available: <https://www.rsk-gesundheitsportal.de/>. [Zugriff am 11.04.2023].
- [41] Kreisstadt Siegburg, „Grundschulen,“ [Online]. Available: <https://siegburg.de/familie-bildung/schulen/grundschulen/index.html>. [Zugriff am 11. April 2023].
- [42] Kreisstadt Siegburg, „Kindergärten & Kindertagespflege,“ [Online]. Available: <https://siegburg.de/familie-bildung/kindergaerten-kindertagespflege/index.html>. [Zugriff am 11.04.2023].
- [43] „Klimaatlas NRW,“ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, [Online]. Available: <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte>. [Zugriff am April 2023].
- [44] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, *Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen, LANUV-Fachbericht 86*, Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2018, p. 56f.
- [45] A. Matzarakis, G. Laschewski und S. Muthers, „The Heat Health Warning System in Germany - Application and Warnings for 2005 to 2019,“ *Atmosphere*, Bd. 11, Nr. 02, p. 170, 07. Februar 2020.
- [46] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Erläuterungen zur Gefühlten Temperatur,“ [Online]. Available:

- <https://www.dwd.de/DE/leistungen/gefahrendizesthermisch/gefuehltetemp.html>. [Zugriff am 09 Mai 2023].
- [47] Universität Hamburg, „Wettermast Hamburg, Wetterlexikon "Gefühlte Temperatur",“ 18 03 2021. [Online]. Available: <https://wettermast.uni-hamburg.de/frame.php?doc=Wetterlexikon.htm>. [Zugriff am 09 Mai 2023].
- [48] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Hitzewarnung,“ [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html>. [Zugriff am 08 Mai 2023].
- [49] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Warnungen,“ Deutscher Wetterdienst, [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_gemeinden/warnWetter_node.html. [Zugriff am 10 Mai 2023].
- [50] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Newsletter: Hitzewarnungen,“ Deutscher Wetterdienst (DWD), [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/service/newsletter/form/hitzewarnungen/hitzewarnungen_node.html. [Zugriff am 10 Mai 2023].
- [51] Deutscher Wetterdienst (DWD), „DWD-Apps,“ [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/service/dwd-apps/dwdapps_node.html. [Zugriff am 08 Mai 2023].
- [52] P. Gwiasda, T. Dipl.-Volksw. Bracher, D. Dipl.-Ing. Alrutz, W. Dipl.-Ing. Angenendt, G. Dipl.-Geogr. Berg, W. Dipl.-Ing., Dipl.-Soz. Bohle, M. Dipl.-Ing. Gloßat, D. Dipl.-Ing. Gündel, M. Dipl.-Ing. Haase, C. Dipl.-Verw.wiss. Hansen, D. Dr. Kettler, C. Dipl.-Geogr. Köhnlein, J. Dipl.-Ing. Krause, T. Dipl.-Ing. Lemm, U. Dipl.-Ing. Petry, L. Dipl.-Ing. Schulz, J. Dipl.-Geogr. Thielmann-Linden und G. Dipl.-Ing. Ulbrich, „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) R2,“ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), 2010.
- [53] NaturaDB, „Dreilappige Jungfernebe 'Veitchii',“ NaturaDB, 2023. [Online]. Available: <https://www.naturadb.de/pflanzen/parthenocissus-tricuspidata-veitchii/>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [54] NaturaDB, „Wilde Weinrebe,“ NaturaDB, 2023. [Online]. Available: <https://www.naturadb.de/pflanzen/vitis-sylvestris/>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [55] Rote Liste Zentrum, „Detailseite: Vitis gmelinii Buttler,“ Rote Liste Zentrum, [Online]. Available: https://www.rote-liste-zentrum.de/de/Detailseite.html?species_uuid=5624066b-aeb0-48b9-ba88-f2df9fb25111&species_organismGroup=Farn-%20und%20BI%C3%BCtenpflanzen&q=Vitis%20Sylvestris. [Zugriff am 08 August 2023].
- [56] Bundesamt für Naturschutz, „WISIA: Vitis sylvestris,“ Bundesamt für Naturschutz, [Online]. Available: <https://www.wisia.de/FsetWisial.de.html>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [57] Thomas Brandmeier Begrünungssysteme GmbH, „Brandmeier Begrünungstechnik: Pergola-Bausatz Serie 170,“ Thomas Brandmeier Begrünungssysteme GmbH, [Online].

- Available: <https://www.brandmeier.de/index.php/rankgitter-rosenbogen-pergola/pergolen-und-lauben/pergola-170/pergola-bausatz-serie-181-detail>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [58] 2Mountain-Development GmbH, „My-Pergola24.com,“ 2Mountain-Development GmbH, 2023. [Online]. Available: <https://my-pergola24.com/konfigurator/>. [Zugriff am 08 August 2023].
- [59] M. Riechel, C. Remy, A. Matzinger, H. Schwarzmüller, P. Rouault, M. Schmidt, M. Offermann, C. Strehl, D. Nickel, H. Sieker, M. Pallasch, M. Köhler, D. Kaiser, C. Möller, B. Büter, D. Leßmann, R. von Tils, I. Säumel, L. Pille, A. Winkler, H. Bartel, S. Heise, B. Heinzmann, K. Joswig, B. Reichmann und M. Rehfeld-Klein, „Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS,“ Berlin, 2017.
- [60] E. Prof. Dr. Hietel, O. Prof. Dr. Panferov, U. Prof. Dr.-Ing. Rößner, K. Dr. Seelos, C. Prof. Dr. Lorenz-Haas, B. Dipl.-Biol. Warnecke und J. Wustmann, „Semi-intensive Dachbegrünung Ein innovatives Klimaanpassungs- und Umweltschutzinstrument,“ *Transforming Cities*, Bd. 03, Nr. 2020, pp. 58-65, 2020.
- [61] F. Banihashemi, S. Erlwein, H. Harter, C. Meier-Dotzler, T. Zölch, A. Bauer, G. Jean-Louis, W. Lang, S. Linke, J. Mittermüller, S. Pauleit und A. Putz, „Grüne und graue Massnahmen für die Siedlungsentwicklung,“ Technische Universität München, Freising, 2021.
- [62] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, „Fragen und Antworten zur Baumpflanzung,“ [Online]. Available: <https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/online-tool/klimaresiliente-baumarten-finden#>. [Zugriff am 09 August 2023].
- [63] Gartenzeile GmbH, „Gartenzeile,“ 10 August 2023. [Online]. Available: <https://www.gartenzeile.de/balkenmaeher/>. [Zugriff am 10 August 2023].
- [64] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, „Stadtbäumen bei Trockenheit durch Gießen helfen,“ Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 02 Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.bund.net/bund-tipps/detail-tipps/tip/stadtbaeumen-durch-die-trockenheit-helfen/>. [Zugriff am 09 August 2023].
- [65] M. Dr.-Ing. Pallasch, „Baumrigolen,“ Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, 2023. [Online]. Available: <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/baumrigolen-381.html>. [Zugriff am 09 August 2023].
- [66] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Wetter- und Klimalexikon: Stadtklima,“ Deutscher Wetterdienst, [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=102558>. [Zugriff am 01 August 2023].
- [67] Kreisstadt Siegburg, „Interaktive Bebauungsplanübersicht,“ Kreisstadt Siegburg, [Online]. Available: <https://www.o-sp.de/siegburg/karte>. [Zugriff am 01 August 2023].

- [68] Landeshauptstadt Stuttgart, „Klima in der Stadtplanung,“ Landeshauptstadt Stuttgart, [Online]. Available: <https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/klima/klimawandel/klima-in-der-planung.php>. [Zugriff am 01 August 2023].
- [69] Infrastruktur & Umwelt - Professor Böhm und Partner, Dr. Sandra Pennekamp und Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Harald Hoeckner, „Klimawandel in Hessen - Schwerpunktthema,“ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Fachzentrum Klimawandel und Anpassung, Wiesbaden, 2022.
- [70] Infrastruktur & Umwelt Professor Böhm und Partner und Hochschule Fulda: Fachbereich Pflege und Gesundheit, „Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen -Hitze und Gesundheit-,“ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Darmstadt, 2019.
- [71] A. Dr. Baars, M. Brück von Oertzen, L. Czychoswki, D. Dressler-Niesler LL.M, C. Dr. Durinke, P. Dr. Durinke, L. Kreggenfeld, L. M. Lückemeier, T. Poh, M. Dr. Schröder und H. Weyer, „Klimaschutz + Klimaanpassung in der kommunalen Planung - Ein Leitfaden für die Praxis,“ DStGB Dienstleistungs GmbH, Berlin, 2022.
- [72] Planergemeinschaft für Stadt und Raum eG, „Toolbox Klimaanpassung im Stadtumbau,“ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), [Online]. Available: <https://www.klimastadtraum.de/DE/Arbeitshilfen/ToolboxKlimaanpassung%20im%20Stadtumbau/toolbox-klimaanpassung-node.html>. [Zugriff am 31 Juli 2023].
- [73] M. Offermann, S. Lindner, M. Reise, S. Braungardt, V. Bürger, D. Kocher, M. Bruse und L. Cramer, „Nachhaltige Gebäudeklimatisierung in Europa,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2022.
- [74] Anondi GmbH, „Solaranlagen Ratgeber: Transparente Solarmodule,“ Anondi GmbH, 10 März 2023. [Online]. Available: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/transparente-solarmodule>. [Zugriff am 03 August 2023].
- [75] Pina GmbH, „Sonnenschutz im Kindergarten - Wie hoch ist die Temperatur im Schatten & in der Sonne“, Pina GmbH, [Online]. Available: <https://www.sonnensegel-pina.de/blog/sonnenschutz-im-kindergarten-temperatur-im-schatten-sonne>. [Zugriff am 31 Juli 2023].
- [76] Landschaftsarchitektur+ i.Z.m. Prof. M. Krieger, Handbuch Grüne Wände, Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, 2020.
- [77] Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., „Leitfaden: Konstruktive und vegetationstechnische Entscheidungsparameter zur Fassadenbegrünung,“ Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., Saarbrücken, 2011.
- [78] M. Bauer, W. Dickhaut, L. Knoop, M. Richter, T. Voß, C. W. Becker, L. Flamm, S. Hübner, M.-K. Schmidt, A. Eschenbach, i. Nofz, N. Neidhart, M. Pallasch, H. Sieker, H. Sommer,

- J. Eckart, J. Fesser, M. Stöckner, P. Zwernemann, B. Büter, J. Caase, R. von Tils, M. Barjenbruch, D. Geisler, B. Kluge, J. Hirschfeld, G. Jean-Louis und T. Karzai, „BlueGreenStreets Toolbox – Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere,“ BlueGreenStreets, Hamburg. Erstellt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z)., 2022.
- [79] J. Dr.-Ing. Dettmar, N. Dipl.-Ing. Pfoser und S. Dipl.-Ing. Sieber, „Gutachten Fassadenbegrünung,“ Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Freiraumplanung, 2016.
- [80] Rat der Stadt Siegburg, „Sondernutzungssatzung über die Erlaubnisse und Gebühren für Sondernutzungen an öffentlichen Straßen in der Stadt Siegburg,“ 2022. [Online]. Available: <https://siegburg.de/static/web/dokumente/vii-11.pdf>.
- [81] N. Dipl.-Ing. Pfoser, „Grüne Innovation Fassadenbegrünung,“ Fachvereinigung Bauwerksbegrünung E.V. (FBB), Saarbrücken, 2011.
- [82] Deutscher Wetterdienst (DWD), „Wetterstation "Köln/Bonn" (02667), Tägliche Niederschlagsmenge,“ Climate Data Center (DWD), 2023.
- [83] S. Gonzales, W. Heidenreich, A. Schmidt und K. Stuibler, „Praxisratgeber Gebäudebegrünung,“ Green City e.V., München, 2015.
- [84] Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, „Allgemeiner Gebührentarif, Pkt. 2.4.1.2.,“ in *Allgemeine Verwaltungsgebührenordnung*, Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2001, pp. 261 - 442.
- [85] N. Dipl.-Ing. Pfoser, „Fassade und Pflanze: Potenziale einer neuen Fassadengestaltung,“ Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, 2016.
- [86] Deutscher Wetterdienst, „Wetter- und Klimalexikon: "Klima",“ Deutscher Wetterdienst, [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=101334&lv3=101462>. [Zugriff am 14 03 2023].
- [87] Deutscher Wetterdienst: Abteilung für Klimaüberwachung, Agrarmeteorologie und Hydrometeorologie, „Klimatologischer Rückblick auf 2022: Das sonnenscheinreichste und eines der beiden wärmsten Jahre in Deutschland,“ 19 01 2023. [Online]. Available: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/230123/download_jahresueckblick-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1#:~:text=Mit%20einer%20Jahresmitteltemperatur%20von%2010,%5BK%5D%20zu%20warm1.. [Zugriff am 14 03 2023].

Anhang

Anhang 1: Ergänzende Materialien zu den Modellauswertungen

(Signifikanzniveau: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,0001$)

A.1.1. Modellauswertungen zur Jahresmitteltemperatur

Tabelle A1.1.1: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Jahresmitteltemperatur

EC-Earth_REMO_RCP8.5_Jahresmitteltemperatur			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	8,8	Referenz	Referenz
1991-2020	9,5	0,7***	0.000016
2021-2050	10,1	1,1***	5.019012*10 ⁻¹⁰
2071-2100	12,3	3,5***	3.587515*10 ⁻²²
EC-Earth_CCLM_RCP8.5_Jahresmitteltemperatur			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	8,1	Referenz	Referenz
1991-2020	8,9	0,1***	0.000018
2021-2050	9,5	0,7***	3.8725775*10 ⁻¹⁰
2071-2100	11,7	2,9***	1.4154661*10 ⁻²³
CanESM2_CCLM_RCP8.5_Jahresmitteltemperatur			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	9,6	Referenz	Referenz
1991-2020	10,8	2,0***	9.5811348*10 ⁻⁶
2021-2050	12,0	3,2***	2.0646022*10 ⁻¹⁴
2071-2100	14,8	6,0***	2.8465424*10 ⁻¹⁸
CanESM2_REMO_RCP8.5_Jahresmitteltemperatur			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	9,7	Referenz	Referenz
1991-2020	10,9	2,1***	3.5705420*10 ⁻⁷
2021-2050	11,7	2,9***	3.7217606*10 ⁻¹⁵
2071-2100	14,1	5,3***	2.0191640*10 ⁻²⁰

A.1.2. Modellauswertungen zur Anzahl der heißen Tage pro Jahr

Tabelle A1.1.2: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Anzahl von heißen Tagen pro Jahr

EC-Earth_REMO_RCP8.5_Heiße Tage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	1,8	Referenz	Referenz
1991-2020	2,4	0,6	0,55636
2021-2050	3,6	1,8	0,05038
2071-2100	12,1	10,3***	6,9286*10 ⁻⁷
EC-Earth_CCLM_RCP8.5_Heiße Tage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	1,2	Referenz	Referenz
1991-2020	2,1	0,9	0,16162
2021-2050	2,9	1,7*	0,04971
2071-2100	12,8	11,6***	1,50529*10 ⁻⁷
CanESM2_CCLM_RCP8.5_Heiße Tage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	4,8	Referenz	Referenz
1991-2020	6,8	2,0	0,20616
2021-2050	15,5	10,6***	1,5123*10 ⁻⁵
2071-2100	55,9	51,1***	4,4827*10 ⁻¹⁵
CanESM2_REMO_RCP8.5_Heiße Tage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	2,5	Referenz	Referenz
1991-2020	2,7	0,2	0,84029
2021-2050	4,1	1,6	0,09311
2071-2100	20,2	17,6***	5,6615*10 ⁻⁷

A.1.3. Modellauswertungen zur Anzahl der Sommertage pro Jahr

Tabelle A1.1.3: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Anzahl von Sommertagen pro Jahr

EC-Earth_REMO_RCP8.5_Sommertage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	21,8	Referenz	Referenz
1991-2020	25,0	3,2	0,31382
2021-2050	28,9	7,1	0,05912
2071-2100	58,3	36,5***	1,7321*10 ⁻¹¹
EC-Earth_CCLM_RCP8.5_Sommertage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	11,2	Referenz	Referenz
1991-2020	17,0	5,9*	0,01919
2021-2050	20,9	9,8**	0,00074
2071-2100	46,8	35,7***	2,30204*10 ⁻¹²
CanESM2_CCLM_RCP8.5_Sommertage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	28,9	Referenz	Referenz
1991-2020	38,1	9,2*	0,01835
2021-2050	51,7	22,8***	2,6336*10 ⁻⁶
2071-2100	107,2	78,3***	2,3614*10 ⁻²⁹
CanESM2_REMO_RCP8.5_Sommertage			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	23,9	Referenz	Referenz
1991-2020	31,0	7,1*	0,03089
2021-2050	32,5	8,5*	0,01971
2071-2100	76,1	52,2***	5,3589*10 ⁻¹⁴

A.1.4. Modellauswertungen zur Länge von Wärmeperioden pro Jahr

Tabelle A1.1.4: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Länge von Wärmeperioden pro Jahr

EC-Earth_REMO_RCP8.5 Länge von Wärmeperioden			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,69	Referenz	Referenz
1991-2020	0,93	0,2	0,37012
2021-2050	1,37	0,7*	0,01086
2071-2100	2,23	1,5***	9,16*10 ⁻⁷
EC-Earth_CCLM_RCP8.5 Länge von Wärmeperioden			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,79	Referenz	Referenz
1991-2020	1,02	0,2	0,52036
2021-2050	1,00	0,2	0,46954
2071-2100	2,12	1,3***	4,90*10 ⁻⁵
CanESM2_CCLM_RCP8.5 Länge von Wärmeperioden			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	1,71	Referenz	Referenz
1991-2020	1,81	0,2	0,77700
2021-2050	2,53	0,4*	0,01532
2071-2100	5,76	1,4***	2,17*10 ⁻⁷
CanESM2_REMO_RCP8.5 Länge von Wärmeperioden			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	1,13	Referenz	Referenz
1991-2020	1,29	0,16	0,68763
2021-2050	1,51	0,38	0,21873
2071-2100	2,49	1,36**	5,19*10 ⁻³

A.1.5. Modellauswertungen zur Anzahl von Hitzewellen pro Jahr

Tabelle A1.1.5: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Anzahl von Hitzewellen pro Jahr

EC-Earth_REMO_RCP8.5 Anzahl von Hitzewellen			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,03	Referenz	Referenz
1991-2020	0,10	0,07	0,30967
2021-2050	0,03	0,00	1,00
2071-2100	0,47	0,43**	5,49*10 ⁻³
EC-Earth_CCLM_RCP8.5 Anzahl von Hitzewellen			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,03	Referenz	Referenz
1991-2020	0,10	0,07	0,32215
2021-2050	0,03	0,00	1,00
2071-2100	0,53	0,50**	4,67*10 ⁻⁴
CanESM2_CCLM_RCP8.5 Anzahl von Hitzewellen			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,37	Referenz	Referenz
1991-2020	0,27	-0,10	0,55263
2021-2050	0,93	0,57*	0,01167
2071-2100	3,30	2,93***	6,28*10 ⁻¹⁴
CanESM2_REMO_RCP8.5 Anzahl von Hitzewellen			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,10	Referenz	Referenz
1991-2020	0,10	0,00	1,00
2021-2050	0,10	0,00	1,00
2071-2100	1,30	1,20**	0,00012

A.1.6. Modellauswertungen zur Anzahl der Tropennächte pro Jahr

Tabelle A1.1.6: Auswertungsergebnisse des Modellensembles zur Anzahl von Tropennächten pro Jahr

EC-Earth_REMO_RCP8.5_Tropennächte			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,0	Referenz	Referenz
1991-2020	0,2	0,2	0,19420
2021-2050	0,3	0,2	0,06320
2071-2100	4,4	4,4***	8,8539*10 ⁻⁶
EC-Earth_CCLM_RCP8.5_Tropennächte			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,2	Referenz	Referenz
1991-2020	0,6	0,5	0,12680
2021-2050	1,3	1,1*	0,01914
2071-2100	8,6	8,5***	1,47274*10 ⁻⁸
CanESM2_CCLM_RCP8.5_Tropennächte			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	2,2	Referenz	Referenz
1991-2020	3,7	1,5	0,10051
2021-2050	11,1	8,9***	0,00002
2071-2100	52,3	50,1***	9,5454*10 ⁻¹⁵
CanESM2_REMO_RCP8.5_Tropennächte			
	Mittelwert [°C]	Klimaänderungssignal	T.Test
1961-1990	0,2	Referenz	Referenz
1991-2020	0,4	0,2	0,35141
2021-2050	1,7	1,5**	0,00603
2071-2100	16,6	16,4***	1,3471*10 ⁻⁶

Anhang 2: Übersicht und Bezeichnung der verwendeten Modelldatensätze

Tabelle A2.1.1: Verwendete Datensätze (Klimamodelle)

Globalmodell	Regionalmodell	Zeitraum	Bezeichnung der Datensätze
EC-Earth	CCLM	Historical (1961-2005)	„cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 mon v20140515 tas“ „cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20140515 tasmax“ „cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20140515 tasmin“
		RCP8.5 (2006-2100)	„cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 mon v20140515 tas“ „cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20140515 tasmax“ „cordex output EUR-11 CLMcom ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20140515 tasmin“
EC-Earth	REMO	Historical (1961-2005)	„cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 REMO2015 v1 mon v20170410 tas“ „cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 REMO2015 v1 day v20170410 tasmax“ „cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH historical r12i1p1 REMO2015 v1 day v20170410 tasmin“

		RCP8.5 (2006-2100)	<p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 REMO2015 v1 mon v20170410 tas“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 REMO2015 v1 day v20170410 tasmax“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS ICHEC-EC-EARTH rcp85 r12i1p1 REMO2015 v1 day v20170410 tasmin“</p>
CanESM2	CCLM	Historical (1961-2005)	<p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 mon v20171121 tas“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20171121 tasmax“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20171121 tasmin“</p>
		RCP8.5 (2006-2100)	<p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 mon v20171121 tas“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20171121 tasmax“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 CLMcom CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 CCLM4-8-17 v1 day v20171121 tasmin“</p>
CanESM2	REMO	Historical (1961-2005)	„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 REMO2015 v1 mon v20170329 tas“

			<p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 REMO2015 v1 day v20170329 tasmax“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 historical r1i1p1 REMO2015 v1 day v20170329 tasmin“</p>
		RCP8.5 (2006-2100)	<p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 REMO2015 v1 day v20170329 tas“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 REMO2015 v1 day v20170329 tasmax“</p> <p>„cordex-reklies output EUR-11 GERICS CCCma-CanESM2 rcp85 r1i1p1 REMO2015 v1 day v20170329 tasmin“</p>

Anhang 3: Ergänzendes Kartenmaterial zur Eruiierung besonderer Belastungsgebiete



Abbildung A.3.1: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf die Innenstadt

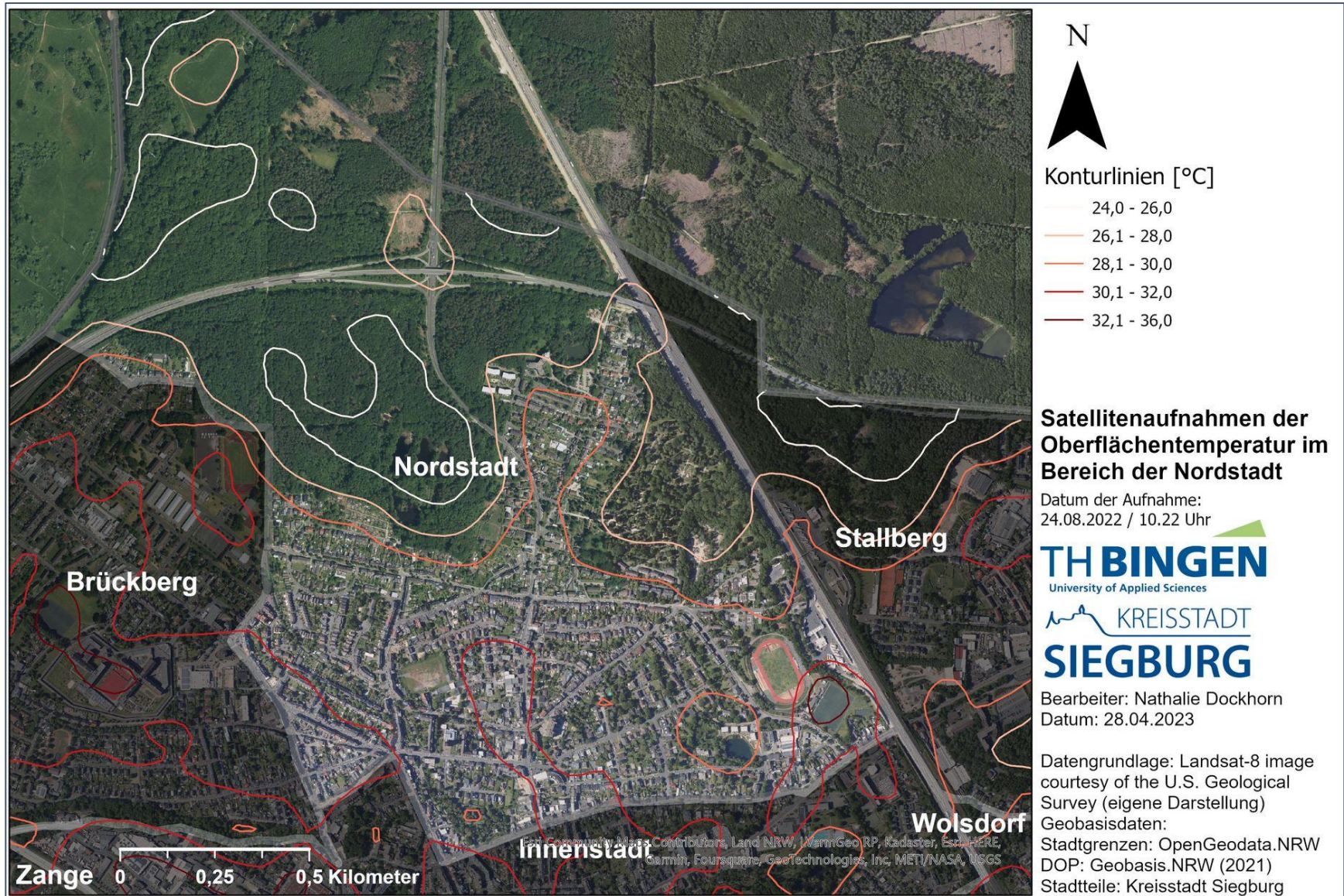


Abbildung A.3.2: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf die Nordstadt

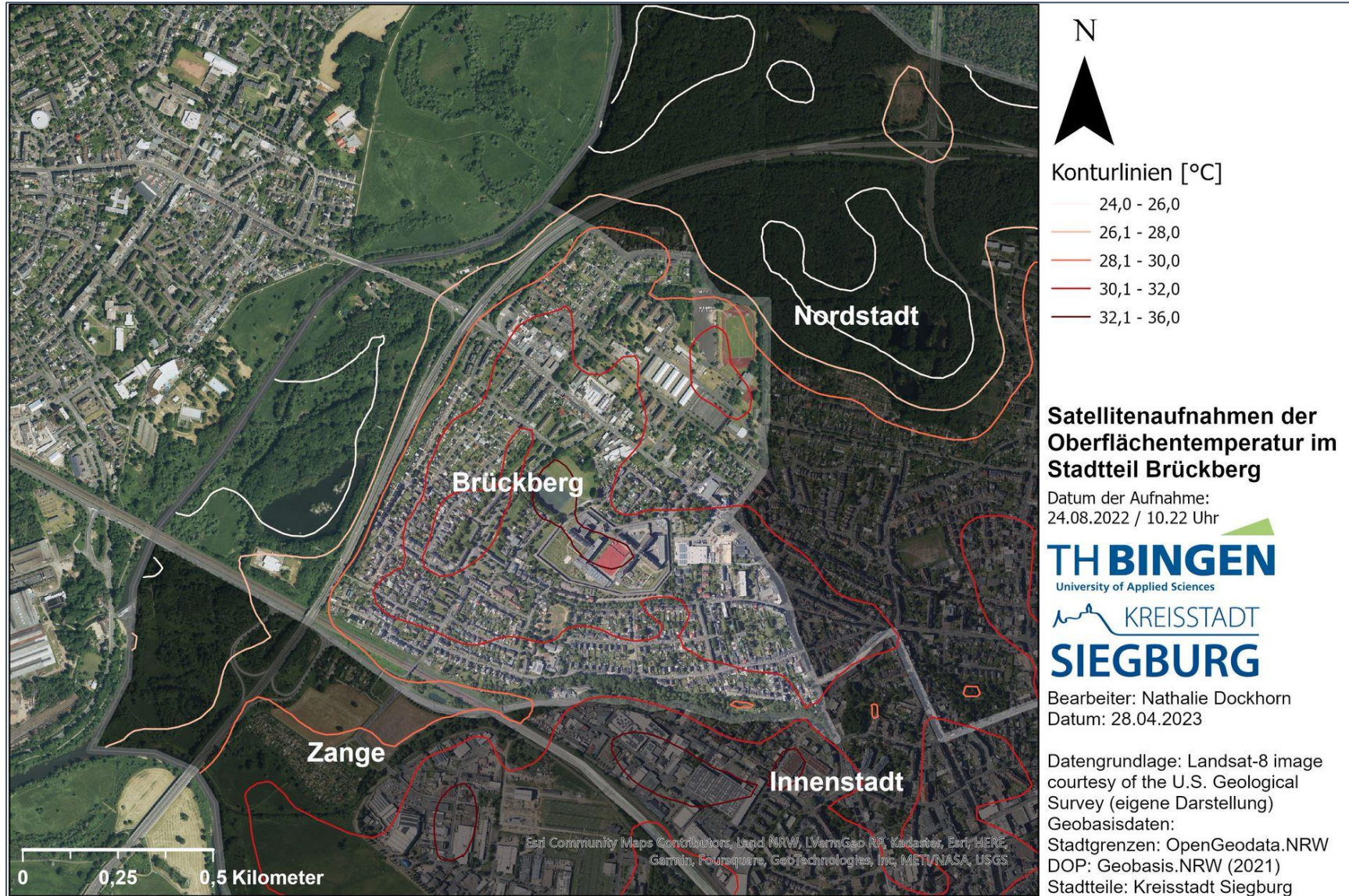


Abbildung A.3.3: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Brückberg

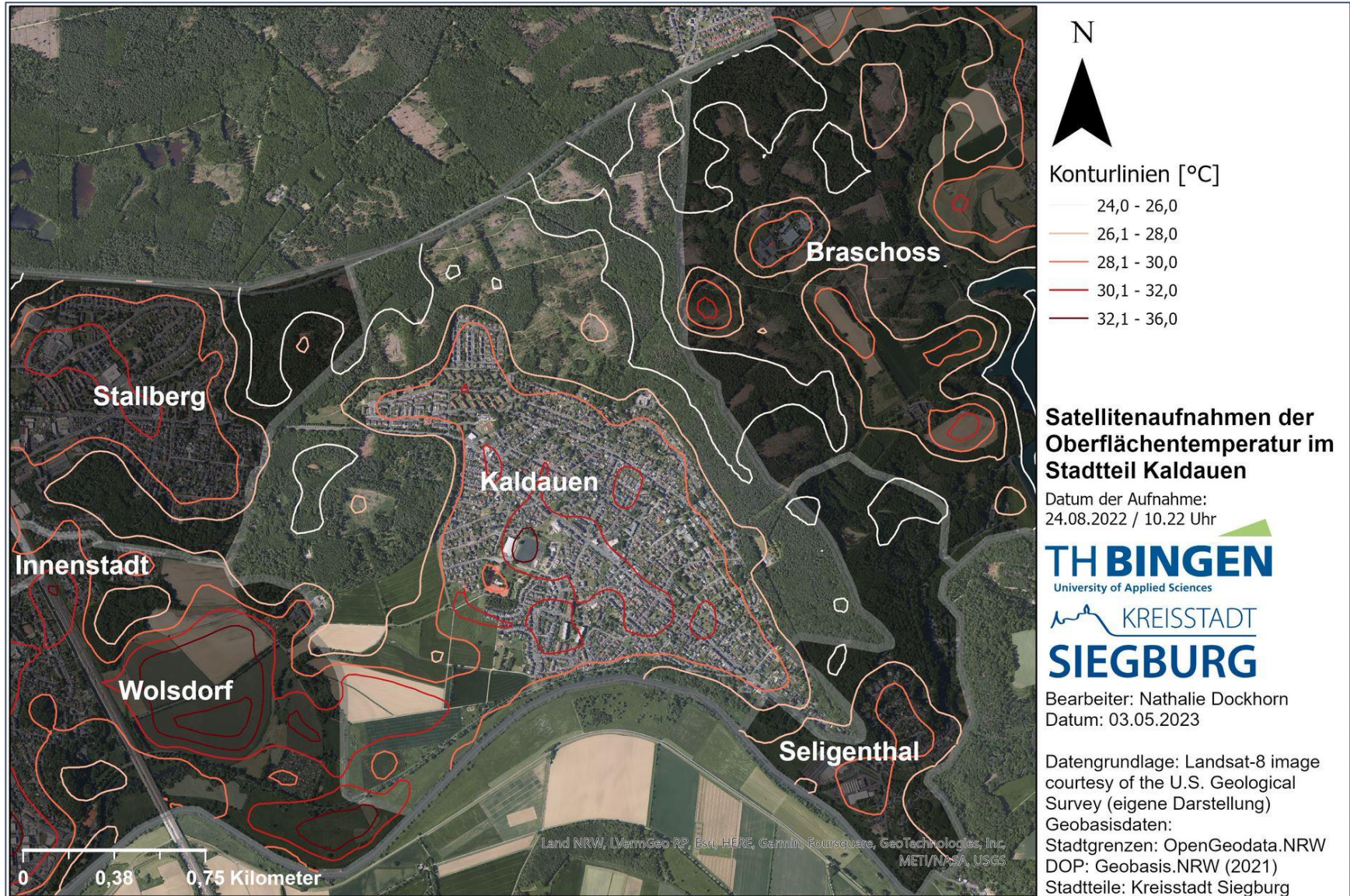


Abbildung A.3.4: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Kaldauen

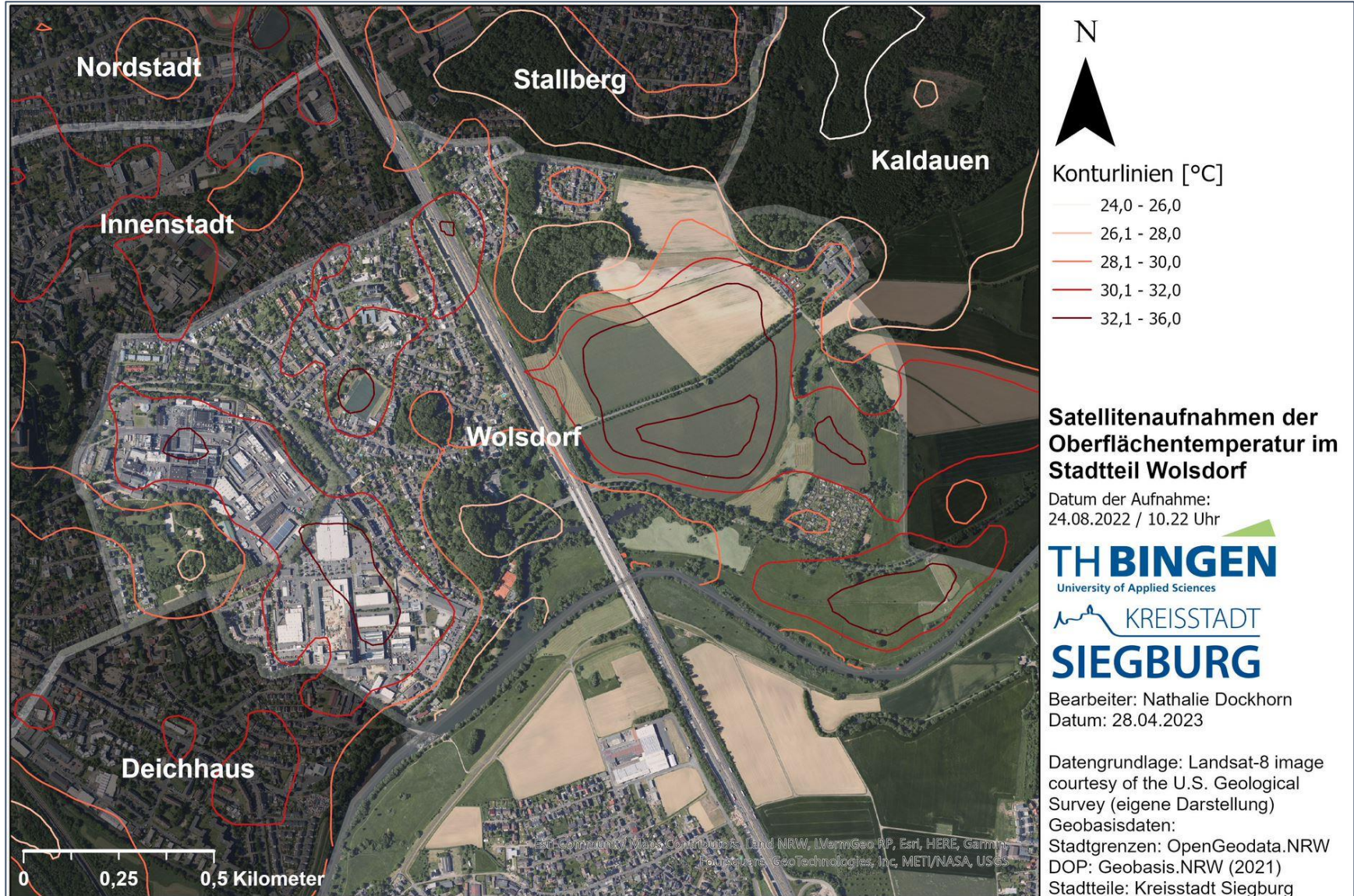


Abbildung A.3.5: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Wolsdorf

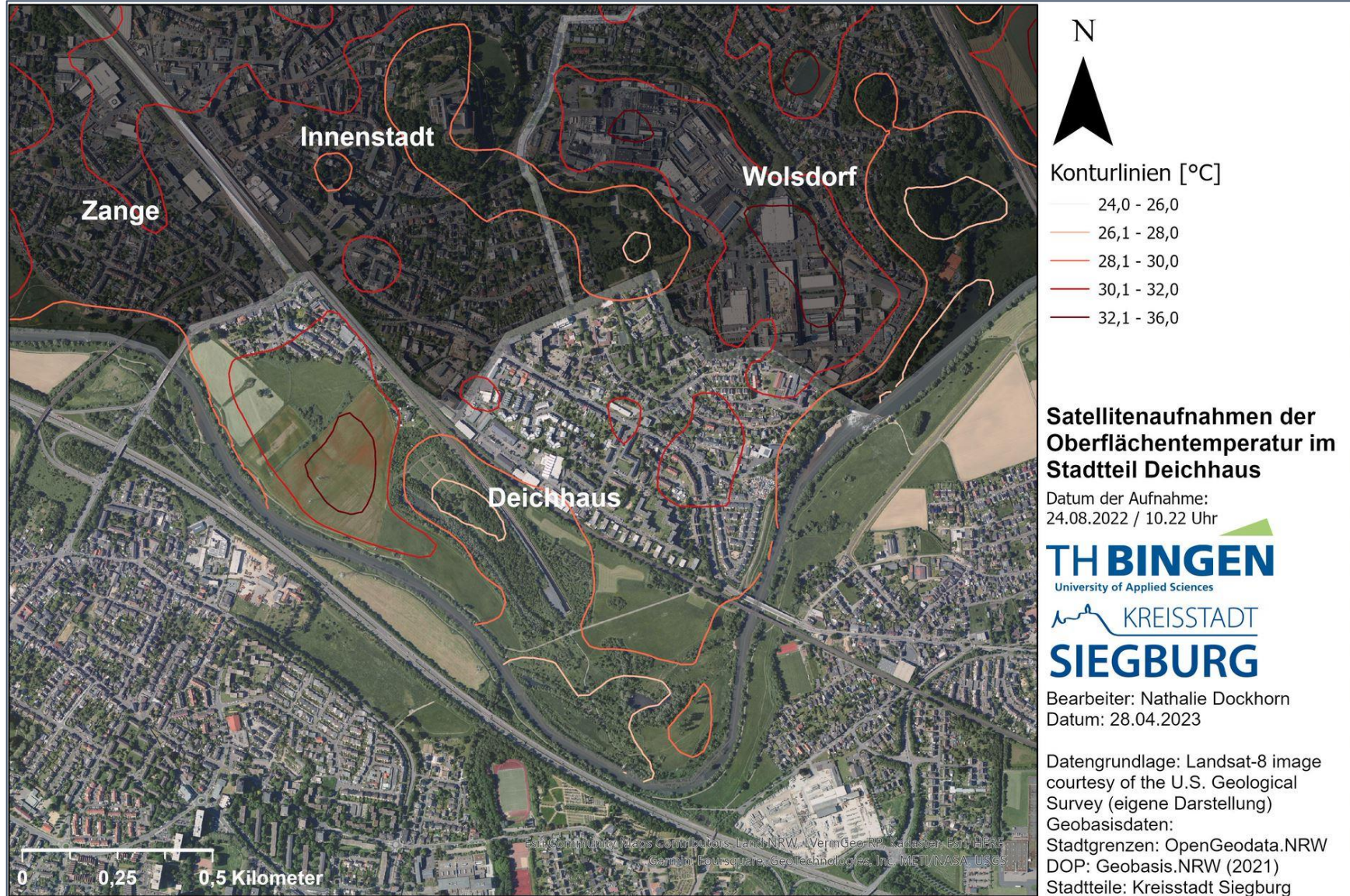


Abbildung A.3.6: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Deichhaus

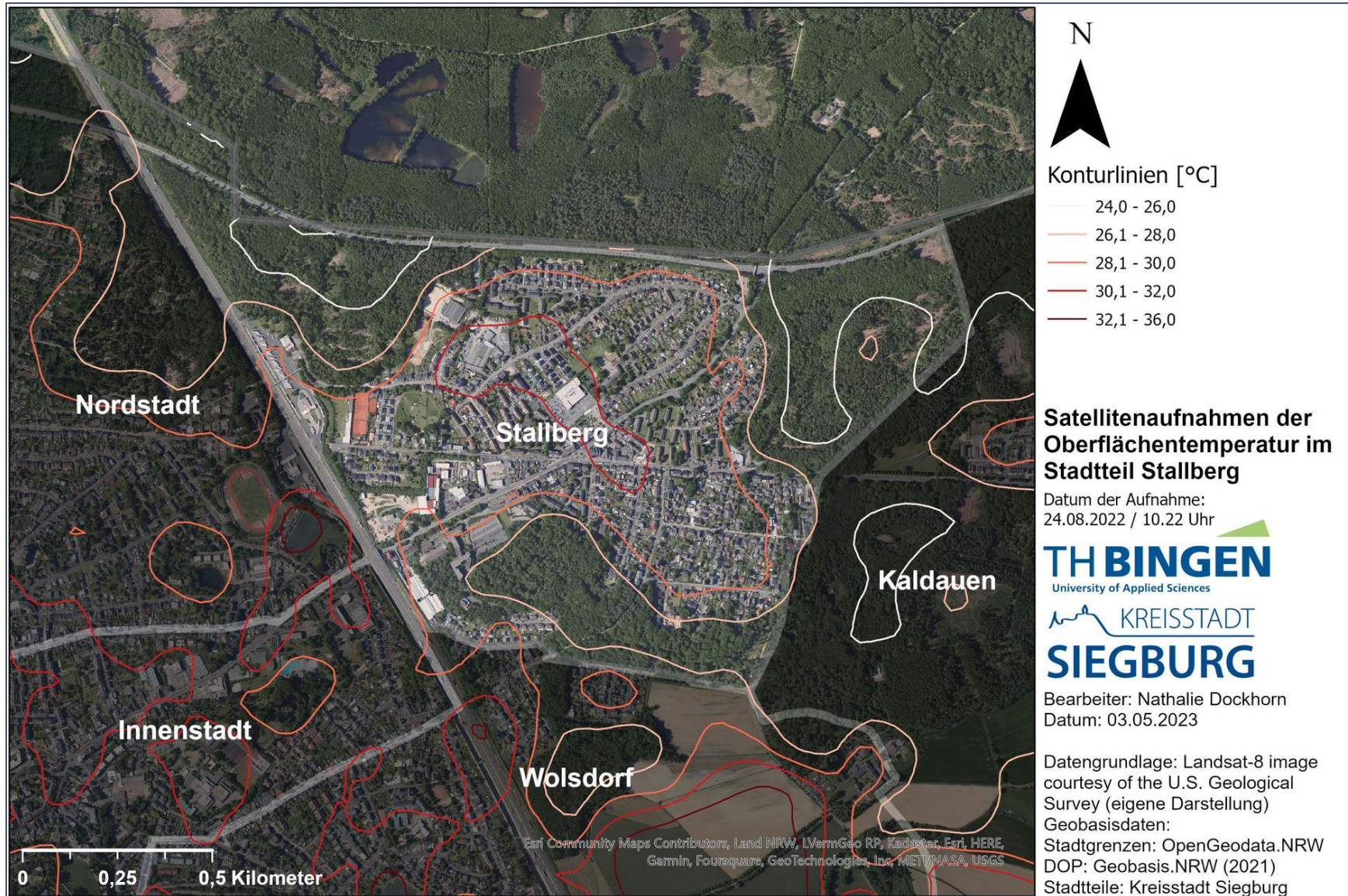


Abbildung A.3.7: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Stallberg

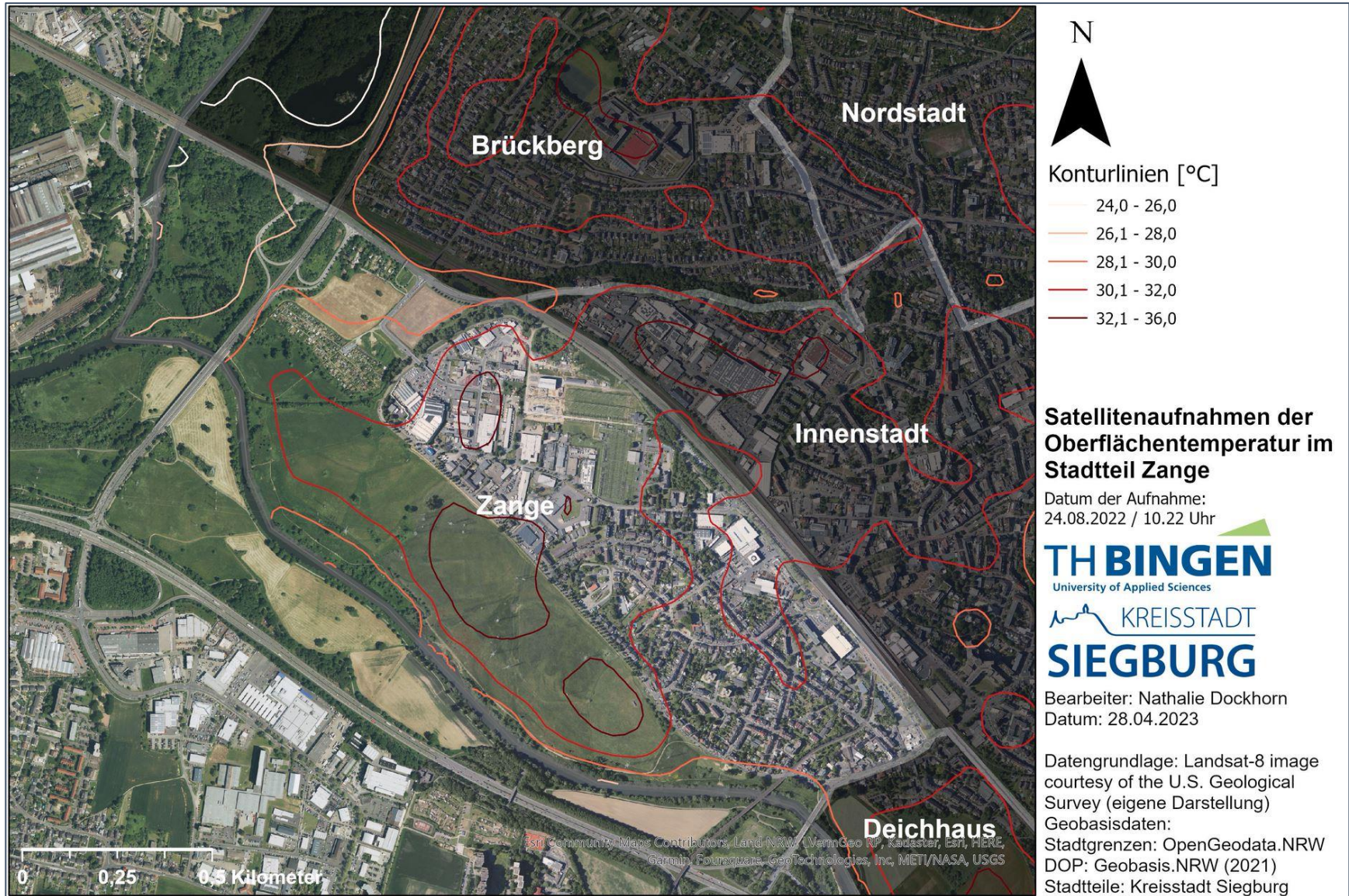


Abbildung A.3.8: Satellitenaufnahmen der Oberflächentemperatur, Fokus auf Zange

Anhang 4: Detaillierte Anleitungen zur Auswertung

Anhang 4.1: Anleitung zum Download von Messtationen vom OpenData-Server des DWD

Die Daten der Wetterstation stehen auf dem OpenData-Server des DWD frei zur Verfügung. Der Server ist über die Adresse: <https://opendata.dwd.de/> erreichbar. Folgende Einträge sind nacheinander auszuwählen, um zu den Wetterstationsdaten zu navigieren:

Abbildung A.4.1.1: Auswahl von „climate_environment“

Index of /			
../			
climate_environment/	13-Mar-2022 22:56	-	
test/	06-Oct-2022 08:00	-	
weather/	08-Sep-2023 08:19	-	
LIESMICH.txt	03-Feb-2022 15:52	1362	
README.txt	03-Feb-2022 15:52	1357	
erklarung_barrierefreiheit.txt	18-Sep-2020 10:59	3312	

Abbildung A.4.1.2: Auswahl von „CDC“ (Climate Data Center):

Index of /climate_environment/			
../			
CDC/	24-Jul-2023 09:08	-	
GPCC/	01-Aug-2022 08:16	-	
REA/	22-Jun-2023 13:54	-	
health/	26-Jul-2021 06:31	-	
misc/	26-Sep-2022 13:58	-	

Abbildung A.4.1.3: Auswahl von „observations_germany“

Index of /climate_environment/CDC/			
../			
derived_germany/	21-May-2019 13:05	-	
event_catalogues/	05-May-2021 15:05	-	
grids_europe/	27-Dec-2018 13:37	-	
grids_germany/	23-Nov-2018 10:22	-	
help/	08-Sep-2023 08:05	-	
observations_germany/	27-Oct-2020 12:28	-	
observations_global/	07-Apr-2022 08:05	-	
regional_averages_DE/	19-Nov-2018 08:30	-	
Announce_log_CDC_ftp.txt	27-Mar-2020 15:05	9132	
Change_log_CDC_ftp.txt	24-Jul-2023 09:08	77895	
Error_log_CDC_ftp.txt	20-Jun-2023 07:05	18656	
Liesmich_intro_CDC-FTP.pdf	11-Aug-2020 13:05	457763	
Liesmich_intro_CDC-FTP.txt	11-Aug-2020 13:05	13012	
Nutzungsbedingungen_German.pdf	25-Aug-2020 12:05	127316	
Nutzungsbedingungen_German.txt	25-Aug-2020 12:05	2402	
Readme_intro_CDC_ftp.pdf	11-Aug-2020 13:05	329423	
Readme_intro_CDC_ftp.txt	11-Aug-2020 13:05	11979	
Terms_of_use.pdf	25-Aug-2020 12:05	124455	
Terms_of_use.txt	25-Aug-2020 12:05	2847	

Abbildung A.4.1.4: Auswahl on „climate“

Index of /climate_environment/CDC/observations_germany/			
../			
climate/	21-Apr-2022 10:49	-	
climate_urban/	24-Oct-2018 08:40	-	
climate_urban_prov/	27-Oct-2020 12:28	-	
phenology/	24-Apr-2019 07:31	-	
radiosondes/	17-Jan-2019 13:23	-	

Abbildung A.4.1.5: Auswahl der zeitlichen Auflösung der Messwerte, hier „daily“

Index of /climate_environment/CDC/observations_germany/climate/			
../			
10_minutes/	13-Nov-2019 09:20	-	
1_minute/	05-Oct-2018 11:14	-	
5_minutes/	21-Apr-2022 10:49	-	
annual/	14-Oct-2021 06:31	-	
daily/	27-Oct-2021 09:14	-	
hourly/	06-Jan-2021 09:01	-	
monthly/	14-Oct-2021 06:31	-	
multi_annual/	20-Apr-2022 08:01	-	
subdaily/	03-Nov-2020 09:33	-	

Abbildung A.4.1.6: Auswahl „kl“

Index of /climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/			
../			
kl/	26-Apr-2021 07:39	-	
more_phenop/	26-Apr-2021 07:41	-	
more_weather_phenomena/	27-Oct-2021 09:14	-	
soil_temperature/	26-Apr-2021 07:41	-	
solar/	07-Sep-2023 08:40	-	
water_equiv/	26-Apr-2021 07:41	-	
weather_phenomena/	26-Apr-2021 07:41	-	

Wahl zwischen „historical“ und „recent“ Daten. Historische Daten wurden qualitätsgeprüft und sollten primär verwendet werden.

Abbildung A.4.1.7: Auswahl von „historical“

Index of /climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/kl/			
../			
historical/	07-Sep-2023 09:16	-	
recent/	07-Sep-2023 09:16	-	
timeseries_overview/	15-May-2023 12:10	-	

Jetzt öffnet sich eine Übersicht aller Wetterstationen und der verfügbaren Daten. Die Wetterstation am Köln/Bonner Flughafen hat die ID: 02667, das Datum im Dateinamen gibt die zeitliche Abdeckung der Messdaten an. Ein Klick auf den Stationseintrag startet den Download der zip.-Datei.

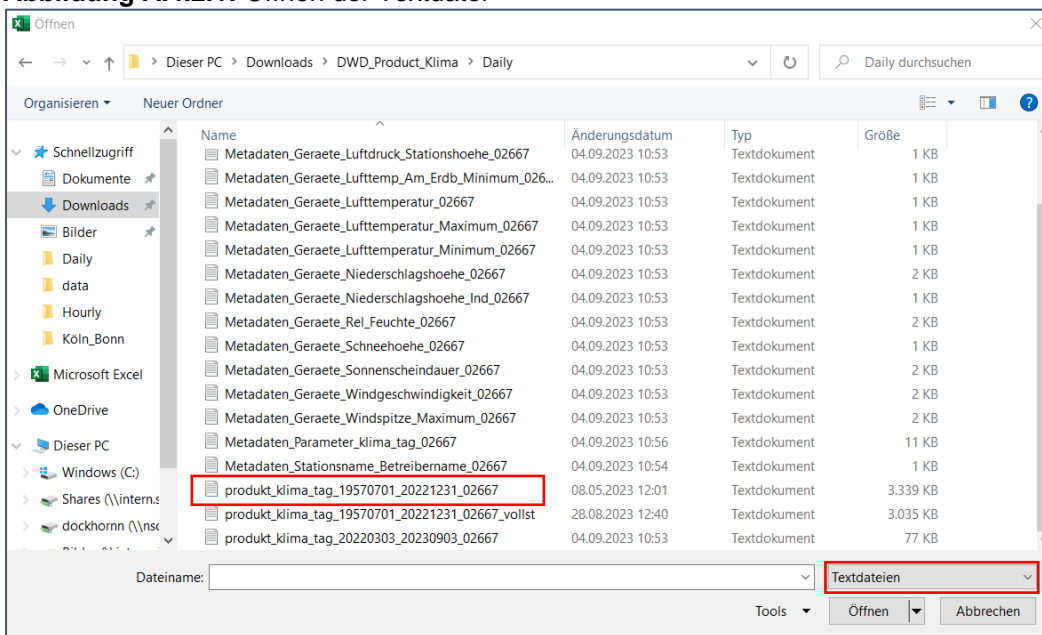
Abbildung A.4.1.8: Auswahl der Station und Start des Downloads

tageswerte_KL_02656_19700701_19891231_hist.zip	08-May-2023 13:05	49001
tageswerte_KL_02657_19510101_20080131_hist.zip	08-May-2023 13:05	373962
tageswerte_KL_02665_19360101_19841231_hist.zip	08-May-2023 13:05	337603
tageswerte_KL_02667_19570701_20221231_hist.zip	08-May-2023 13:05	636772
tageswerte_KL_02680_19510101_20221231_hist.zip	08-May-2023 13:05	478893
tageswerte_KL_02689_19500101_19601231_hist.zip	08-May-2023 13:05	93285
tageswerte_KL_02691_19940401_20081231_hist.zip	08-May-2023 13:05	118881

Anhang 4.2: Anleitung zum Einlesen der Textdatei in Excel

Nach dem Entpacken der zip.Datei liegen die Messdaten als Textdatei vor. Damit diese ausgewertet werden können, muss die Textdatei in Excel eingelesen werden. Dazu wird das Programm gestartet und unter „Datei“ – „Öffnen“ ausgewählt. Die entsprechende Datei wird ausgewählt und von Excel eingelesen. Es öffnet sich der Textkonvertierungs-Assistent.

Abbildung A.4.2.1: Öffnen der Textdatei



Im Textkonvertierungs-Assistenten sind die Angaben wie folgt auszuwählen:

Abbildung A.4.2.2: Textkonvertierungs-Assistent (1 von 3)

Textkonvertierungs-Assistent - Schritt 1 von 3

Der Textkonvertierungs-Assistent hat erkannt, dass Ihre Daten eine feste Breite haben.
Wenn alle Angaben korrekt sind, klicken Sie auf 'Weiter', oder wählen Sie den korrekten Datentyp.

Ursprünglicher Datentyp

Wählen Sie den Dateityp, der Ihre Daten am besten beschreibt:

Getrennt - Zeichen wie z.B. Kommas oder Tabstopps trennen Felder (Excel 4.0-Standard).

Feste Breite - Felder sind in Spalten ausgerichtet, mit Leerzeichen zwischen jedem Feld.

Import beginnen in Zeile: Dateiusprung:

Die Daten haben Überschriften.

Vorschau der Datei C:\Users\dockhornn\Downloads\DWD_Product_Klima\Daily\produkt_klima_tag_19570701_20221231_02667.txt.

1	STATIONS_ID	MESS_DATUM	QN_3	FX	FM	QN_4	RSK	RSKF	SDK	SHK_TAG	NM	VPM	PM	TMK	UPM	TXK
2	2667	19570701	5	16.0	2.9	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
3	2667	19570702	5	4.7	1.8	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
4	2667	19570703	5	10.3	3.5	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
5	2667	19570704	5	9.6	3.4	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
6	2667	19570705	5	10.4	2.9	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999

Abbrechen < Zurück Weiter > Fertig stellen

Als Trennzeichen ist üblicherweise bei DWD-Dateien das „Semikolon“ auszuwählen.

Abbildung A.4.2.3: Textkonvertierungs-Assistent (2 von 3)

Textkonvertierungs-Assistent - Schritt 2 von 3

Dieses Dialogfeld ermöglicht es Ihnen, Trennzeichen festzulegen. Sie können in der Vorschau der markierten Daten sehen, wie Ihr Text erscheinen wird.

Trennzeichen

Tabstopp

Semikolon

Komma

Leerzeichen

Andere:

Aufeinanderfolgende Trennzeichen als ein Zeichen behandeln

Textqualifizierer:

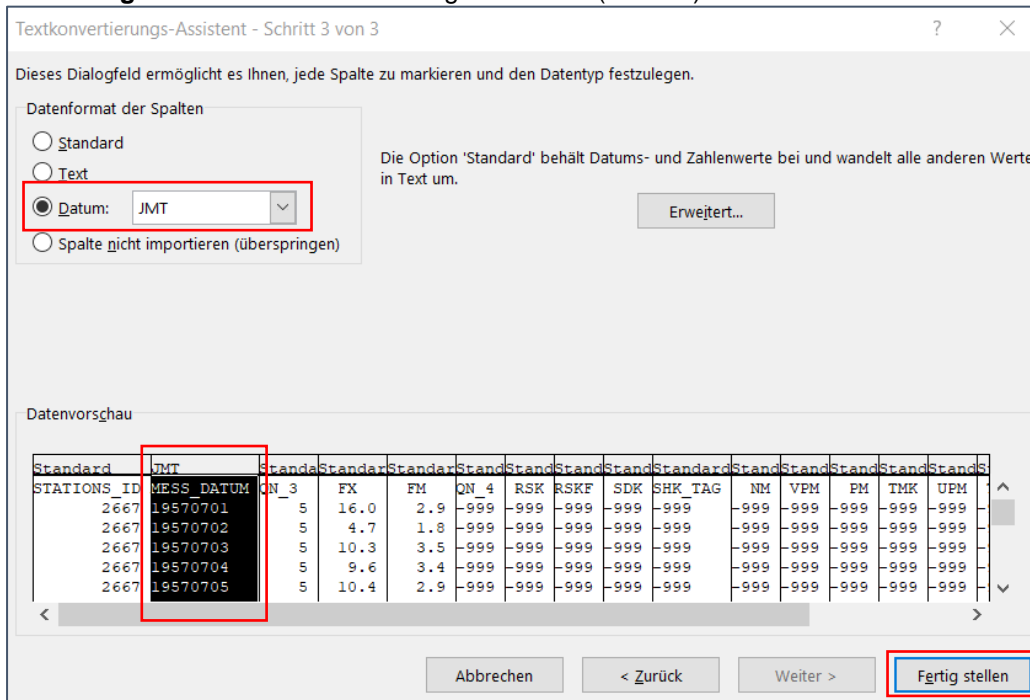
Datenvorschau

STATIONS_ID	MESS_DATUM	QN_3	FX	FM	QN_4	RSK	RSKF	SDK	SHK_TAG	NM	VPM	PM	TMK	UPM
2667	19570701	5	16.0	2.9	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2667	19570702	5	4.7	1.8	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2667	19570703	5	10.3	3.5	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2667	19570704	5	9.6	3.4	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2667	19570705	5	10.4	2.9	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999

Abbrechen < Zurück Weiter > Fertig stellen

In der folgenden Ansicht können noch weitere Einstellungen vorgenommen werden, üblicherweise ist das nicht notwendig. Das Format in der Spalte „MESS_DATUM“ sollte allerdings in „Datum“ mit dem Format „JMT“ geändert werden.

Abbildung A.4.2.4: Textkonvertierungs-Assistent (3 von 3)



In der Datei ist das Dezimaltrennzeichen mit „.“ hinterlegt, das ist unter den Standardeinstellungen in Excel anders voreingestellt. Die Messwerte werden deshalb nur als Text erkannt. Das Problem kann entweder dadurch gelöst werden, dass die Einstellungen („Datei“-„Optionen“-„Erweitert“, Abbildung A.4.2.5) vor Beginn des Einlesens angepasst werden oder die Werte (ohne Datum) nach dem erfolgreichen einlesen in ein neues Tabellenblatt kopiert werden und der Punkt mit Hilfe des Befehls „Suchen und Ersetzen“ (Strg + H, Abbildung A.4.2.6) durch ein Komma ersetzt wird.

Abbildung A.4.2.5: Anpassung des Dezimaltrennzeichens in den Einstellungen

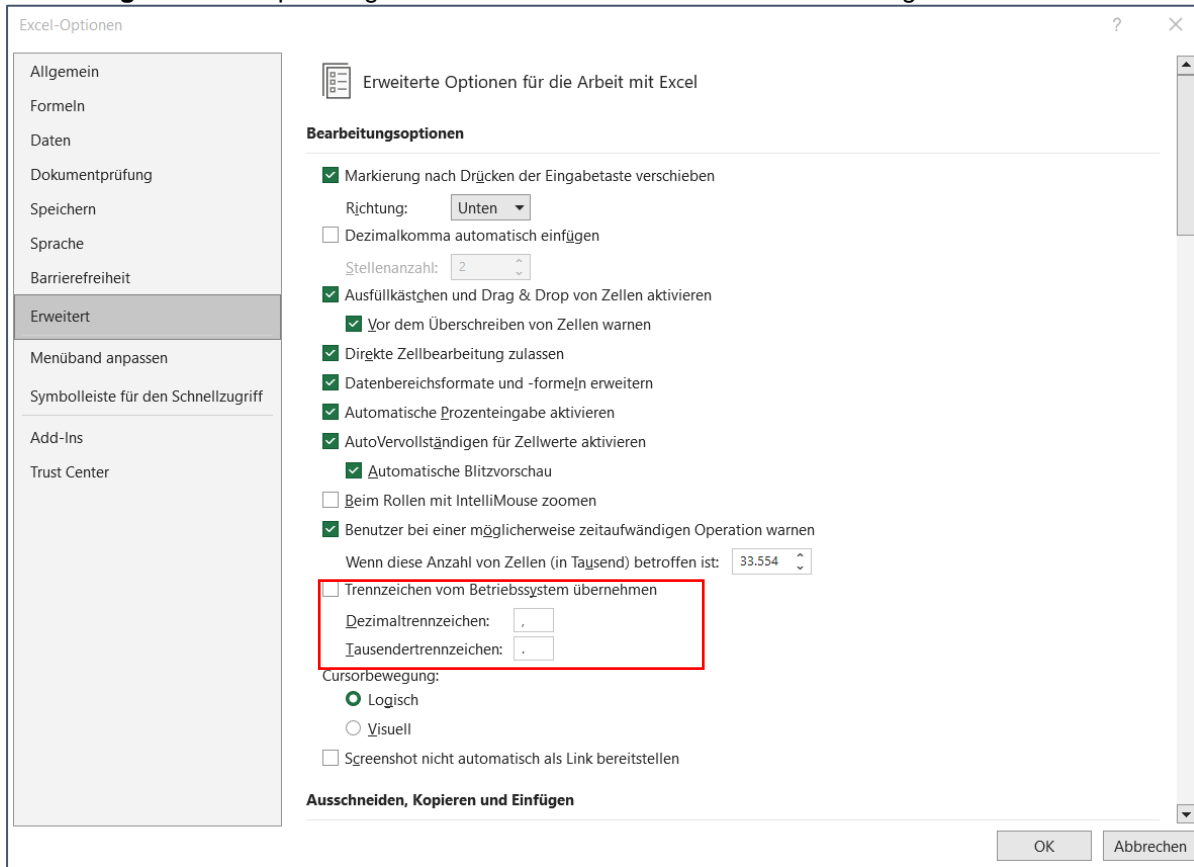
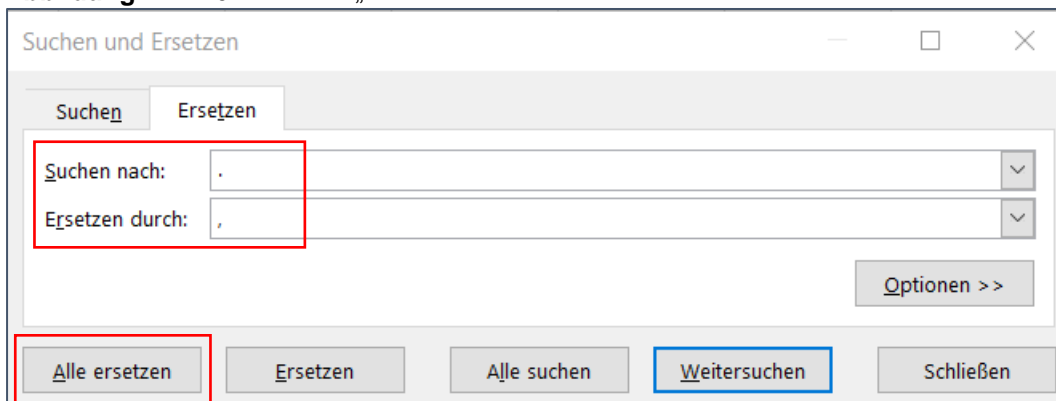


Abbildung A.4.2.6: Funktion „Suchen und Ersetzen“



Variablen, die auszuwerten sind, sind die mittlere Windgeschwindigkeit, die Sonnenscheindauer, die relative Luftfeuchtigkeit und die Maxima der Lufttemperatur auf 2 Metern Höhe. In der DWD-Datei sind sämtliche Variablen nur mit Abkürzungen hinterlegt. Eine vollständige Beschreibung der Variablen findet sich in der Datei

„Metadaten_Parameter_klima_tag_02667“, welche ebenfalls in der zip.Datei enthalten ist. Die auszuwertenden Variablen werden wie folgt abgekürzt:

Tabelle A.4.1: Abkürzungen und vollständiger Variablenname

Abkürzung	Variable
FM	Mittlere Windgeschwindigkeit
SDK	Sonnenscheindauer
UPM	Relative Luftfeuchte
TXK	Tägliche Maxima der Lufttemperatur auf zwei Metern Höhe

Die Messdaten für den gewünschten Zeitraum sind zu kopieren und in die Exceldatei „Internes Monitoring_HAP“ auf dem Tabellenblatt „Fortschreibung_Messwerte“ in das entsprechende Jahr und Monat zu übertragen (Abbildung A.4.2.7). Zur Berechnung der Anzahl der heißen Tage und Sommertage sind Formeln hinterlegt. Zur Fortschreibung muss die Tabelle des Vorjahres nur kopiert und die Messwerte ersetzt werden. Die Darstellung der Messwerte in Diagrammen findet sich im Tabellenblatt „Diagramme“. Für das Jahr 2024 sind die Diagramme bereits „vorprogrammiert“, sodass diese automatisch bei Eintragen der Messwerte in die Tabelle gefüllt werden. Für die Folgejahre muss die Darstellung in Diagrammen manuell erfolgen.

Abbildung A.4.2.7: Beispielauszug aus der Tabelle zur Auswertung der Messwerte

2023																				
Zeitstempel	Jahr	Monat	Tag	Tmax	Heiße Tage	Sommer tage	Sonnenschein- dauer	Rel. Luft- feuchtigkeit	Windgesch- windigkeit	Zeitstempel	Jahr	Monat	Tag	Tmax	Heiße Tage	Sommert age	Sonnenschein- dauer	Rel. Luft- feuchtigkeit	Windgesch- windigkeit	
01.06.2023	2023	6	1	22,5	0	0	14	63,42	4	01.07.2023	2023	7	1	22,1	0	0	0,3	74,21	3,9	
02.06.2023	2023	6	2	20,7	0	0	11,2	57,46	3,7	02.07.2023	2023	7	2	23	0	0	2,9	61,25	4,6	
03.06.2023	2023	6	3	23,6	0	0	15,2	41,46	3,9	03.07.2023	2023	7	3	22,9	0	0	5,2	54,25	4,9	
04.06.2023	2023	6	4	25,3	0	1	15,3	42,67	2,9	04.07.2023	2023	7	4	24,4	0	0	9,4	56,5	3,4	
05.06.2023	2023	6	5	26,7	0	1	15	47,5	2,3	05.07.2023	2023	7	5	21,3	0	0	5,3	65,08	6,2	
06.06.2023	2023	6	6	27	0	1	9,6	54,04	2,4	06.07.2023	2023	7	6	24,7	0	0	13,2	58,71	2,3	
07.06.2023	2023	6	7	22,2	0	0	3	79,08	2,5	07.07.2023	2023	7	7	30,4	1	1	14,6	48	2,7	
08.06.2023	2023	6	8	26,3	0	1	10,4	73,58	2,1	08.07.2023	2023	7	8	34,5	1	1	10,7	48,33	3,3	
09.06.2023	2023	6	9	29	0	1	12,8	58,83	3,1	09.07.2023	2023	7	9	35,9	1	1	8,3	70,21	2,7	
10.06.2023	2023	6	10	30,9	1	1	14,4	47,17	2,9	10.07.2023	2023	7	10	27,5	0	1	7,1	67,33	2,9	
11.06.2023	2023	6	11	30,1	1	1	14,8	43,71	4,2	11.07.2023	2023	7	11	33,7	1	1	12,8	55,29	2,8	
12.06.2023	2023	6	12	29,8	0	1	14,6	42,63	3,3	12.07.2023	2023	7	12	25,7	0	1	7,4	55,96	4,6	
13.06.2023	2023	6	13	27,8	0	1	15,4	38,92	3,5	13.07.2023	2023	7	13	24,3	0	0	7,7	59,58	3,5	
14.06.2023	2023	6	14	25,3	0	1	14,8	44,75	3,3	14.07.2023	2023	7	14	28,7	0	1	10,7	51,54	3,3	
15.06.2023	2023	6	15	27,7	0	1	11,7	50,5	2,3	15.07.2023	2023	7	15	26,3	0	1	2,2	62,38	3,7	
16.06.2023	2023	6	16	27,8	0	1	13,3	49,25	2,3	16.07.2023	2023	7	16	25	0	1	8,7	51,92	4,8	
17.06.2023	2023	6	17	28,8	0	1	14,1	48,25	2,2	17.07.2023	2023	7	17	25,5	0	1	8,9	60,08	3,3	
18.06.2023	2023	6	18	31,1	1	1	9	49,46	2,7	18.07.2023	2023	7	18	26,8	0	1	12,1	59,67	2,1	
19.06.2023	2023	6	19	29,5	0	1	10	53,42	2,7	19.07.2023	2023	7	19	25,5	0	1	4,3	64,67	3,3	
20.06.2023	2023	6	20	31,4	1	1	6,8	60,92	3,5	20.07.2023	2023	7	20	24,2	0	0	6,1	62,33	3	
21.06.2023	2023	6	21	28,3	0	1	7,5	65,88	2,5	21.07.2023	2023	7	21	21,8	0	0	1,9	71,83	2,6	
22.06.2023	2023	6	22	26,9	0	1	2,9	78,54	3,7	22.07.2023	2023	7	22	25,6	0	1	7,2	54,75	2,7	
23.06.2023	2023	6	23	26,2	0	1	7,5	68,54	4,8	23.07.2023	2023	7	23	22,3	0	0	0,1	69,04	4,3	
24.06.2023	2023	6	24	28,9	0	1	14,3	62,25	2,2	24.07.2023	2023	7	24	24,7	0	0	2,5	78,38	3,4	
25.06.2023	2023	6	25	31,3	1	1	15,5	54,33	2,6	25.07.2023	2023	7	25	19,4	0	0	2,1	75,33	3	
26.06.2023	2023	6	26	25,3	0	1	8,5	57,5	4,5	26.07.2023	2023	7	26	21,8	0	0	6	71,33	2,6	
27.06.2023	2023	6	27	23,4	0	0	5	61,88	3,1	27.07.2023	2023	7	27	19,2	0	0	0	88,46	3	
28.06.2023	2023	6	28	22,5	0	0	0,4	66,04	1,8	28.07.2023	2023	7	28	23,6	0	0	2,2	88,33	2,4	
29.06.2023	2023	6	29	24,9	0	0	0,1	68,08	2,1	29.07.2023	2023	7	29	22,1	0	0	1,6	86,25	2,1	
30.06.2023	2023	6	30	22,7	0	0	8,6	66,38	3,6	30.07.2023	2023	7	30	23,1	0	0	3	72,42	3,8	
										31.07.2023	2023	7	31	21,3	0	0	0,1	81,83	4,2	
					Gesamt	5	22								Gesamt	4	13			