

## 2. BESTANDSANALYSE: VERÄNDERUNGEN DES KLIMAS IN DER STADT BRÜHL

Um die Handlungserfordernisse vor dem Hintergrund sich verändernder klimatischer Rahmenbedingungen in der Stadt Brühl ableiten zu können, erfolgt zunächst eine Einordnung in die übergeordneten klimatologischen Zusammenhänge auf regionaler Ebene. Es wird anhand verschiedener Klimaparameter (s. Tabelle 1) dargestellt, inwieweit sich das Klima in Nordrhein-Westfalen und in Brühl bereits verändert hat. Die Tabelle stellt eine Auswahl an Klimaparametern dar, die im Folgenden für die Stadt Brühl genauer betrachtet werden.

Anschließend werden die klimatischen Verhältnisse mittels Klimaanalysedaten des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), der Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn (2019) und der Klimafunktions- und Planungshinweiskarte für die Stadt Brühl (2018) auf kommunaler Ebene genauer betrachtet. Dies ermöglicht die Ermittlung sensibler Bereiche im Stadtgebiet.

Tabelle 2-1: Definition einer Auswahl von klimatologischen Parametern (energielecker projects auf Grundlage des DWD, 2018).

KLIMAPARAMETER	
Jahresmitteltemperatur	Die durchschnittliche Lufttemperatur bezeichnet die gemittelte bodennahe Temperatur (in 1 – 2 Meter über dem Erdboden) in einem Jahr.
Gesamtniederschlag	Bezeichnet die mittlere Niederschlagssumme pro Jahr
Auswahl Klimatologischer Kenntage	„Ein "Klimatologischer Kenntag" ist ein Tag, an dem ein definierter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht beziehungsweise über- oder unterschritten wird [...] oder ein Tag, an dem ein definiertes meteorologisches Phänomen auftrat (z. B. Gewittertag als Tag, an dem irgendwann am Tag ein Gewitter (hörbarer Donner) auftrat)“ (DWD, 2018).
Eistag	Eistag bezeichnet einen Tag, an dem das Lufttemperaturmaximum unterhalb des Gefrierpunktes (→ unter 0°C) liegt, d. h. dass durchgehend Frost herrscht. Die Anzahl der Eistage ist somit eine Teilmenge der Anzahl der Frosttage und beschreibt über die Anzahl der Eistage sehr gut die Härte eines Winters.
Heißer Tag	Heißer Tag bezeichnet einen Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur $\geq 30$ °C beträgt.

**Hinweis:** Da sich die vorliegende Analyse auf bereits vorhandene Datengrundlagen unterschiedlicher Aktualität bezieht, kommt es vor, dass verschiedene Referenzperioden (30-jährige Zeiträume) genannt werden. Gemäß den Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ist es üblich, zur Erfassung des Klimas und seiner Änderungen Mittelwerte über einen Zeitraum von 30 Jahren zu bilden, um den Einfluss der natürlichen Variabilität aus der statistischen Betrachtung des Klimas auszuklammern. Hierfür kamen in der Vergangenheit häufig die Zeiträume 1951 bis 1980 und 1961 bis 1990 zum Einsatz. Viele Anwendungen benötigen aber eine statistische Beschreibung des aktuellen Klimas, wofür daher in den letzten Jahren die Klimanormalperiode 1981-2010 verwendet wurde. Die klimatischen Bedingungen eines vergleichsweise aktuellen Zeitraums entsprechen auch dem „erlebten“ Klima der Bevölkerung. Mit Ende des Jahres 2020 wurde die Referenzperiode für aktuelle klimatologische Bewertungen durch die Periode 1991 bis 2020 ersetzt. Generell sollen

Klimareferenzperioden ermöglichen, den aktuellen Witterungszustand sowohl zum gegenwärtigen Klimazustand einer Region als auch zur langfristigen Entwicklung des Klimas in der Region in Beziehung zu setzen. In einem stabilen Klima können diese beiden Zwecke durch eine gemeinsame Referenzperiode erfüllt werden (DWD, 2021).

## 2.1 Bisherige Klimaveränderungen in Brühl

Im Bundesland Nordrhein-Westfalen herrscht ein warm-gemäßigtes Regenklima vor, bei dem die mittlere Temperatur des wärmsten Monats unter 22 °C und die des kältesten Monats über -3 °C bleibt. Somit liegt NRW in einem überwiegend maritim geprägten Bereich mit allgemein kühlen Sommern und milden Wintern.

Für die Stadt Brühl ergibt sich für den 30-jährigen Messzeitraum 1991 – 2020 eine durchschnittliche Jahresmitteltemperatur von 10,8 °C. Damit liegt sie über dem landesweiten Durchschnitt von 10 °C. Im Vergleich zur Klimanormalperiode (KNP)<sup>1</sup> 1951 – 1980 ist ein Anstieg von 1,1 °C für Brühl zu verzeichnen.

Tabelle 2-2: Jahresmitteltemperaturen verschiedener Messperioden im Vergleich (LANUV NRW, Klimaatlas NRW, o.J.)

Jahresmitteltemperatur	1951 – 1980	1961 - 1990	1971 - 2000	1981 - 2010	1991 - 2020
Nordrhein-Westfalen	8,9 °C	9,0 °C	9,3 °C	9,6 °C	10,0 °C
Stadt Brühl	9,7 °C	9,9 °C	10,1 °C	10,6 °C	10,8 °C

Besonders kalte oder warme Perioden im Jahr werden über sogenannte Temperaturkentage charakterisiert. Die jährliche Summe der Kentage in Form von Eis- bzw. Heißen Tagen gibt einen Eindruck von der Wärmebelastung bzw. vom Kältereiz in NRW.

Für die Stadt Brühl wurden im Zeitraum 1991 – 2020 durchschnittlich 6,3 Eistage pro Jahr gezählt. Damit liegt sie deutlich unterhalb der mittleren Anzahl von 12 Eistagen pro Jahr im Bundesland NRW. Verglichen mit der KNP 1951 – 1980 ist eine deutliche Abnahme der Eistage zu beobachten.

Tabelle 2-3: Anzahl der Eistage pro Jahr in verschiedenen Messperioden im Vergleich (LANUV NRW, Klimaatlas NRW, o.J.)

Eistage	1951 – 1980	1961 - 1990	1971 - 2000	1981 - 2010	1991 - 2020
Nordrhein-Westfalen	17 Tage	17,2 Tage	13,8 Tage	14 Tage	12 Tage
Stadt Brühl	10,5 Tage	11 Tage	8,5 Tage	8 Tage	6,3 Tage

Die nachfolgenden Abbildungen dienen zur Veranschaulichungen der Veränderungen auf regionaler Ebene. Die Darstellungen entstammen aus der Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn

<sup>1</sup> KNP = Klimanormalperiode. Die statistischen Kenngrößen der Klimadaten werden für einen 30-jährigen Zeitraum berechnet, die dann als Referenz für die Auswertung und Betrachtung des Klimas auf internationaler Ebene herangezogen werden. Die Definition einer KNP dient zudem der Vergleichbarkeit von klimatologischen Auswertungen.

(2019), die Daten wurden vom LANUV NRW bereitgestellt und vom Deutschen Wetterdienst (DWD) berechnet. Da die Klimawandelvorsorgestrategie im Jahr 2019 erarbeitet worden ist, konnte die aktuellste Messperiode (1991 – 2020) noch nicht berücksichtigt werden.

Die Karte links zeigt die Eistage in der Periode 1981 bis 2010. Rechts wird die Abnahme an Eistagen mit Bezug zur KNP 1951 – 1980 dargestellt. So liegt Brühl in dem Bereich, wo eine Abnahme von durchschnittlich -4 bis -2 Eistagen pro Jahr stattgefunden hat. Anhand der folgenden Karten wird jedoch deutlich, dass sich die Klimaveränderungen räumlich unterscheiden. Insbesondere die Höhenlagen beeinflussen die Werte der Temperaturkenntage. Die Stadt Brühl (65 Meter über dem Meeresspiegel) liegt in der Niederrheinischen Bucht und weist daher im Allgemeinen höhere Temperaturen als das höhergelegene Bergische Land oder die Eifel auf.

## Eistage

1981-2010

Änderungen  
bezogen auf 1951 - 1980

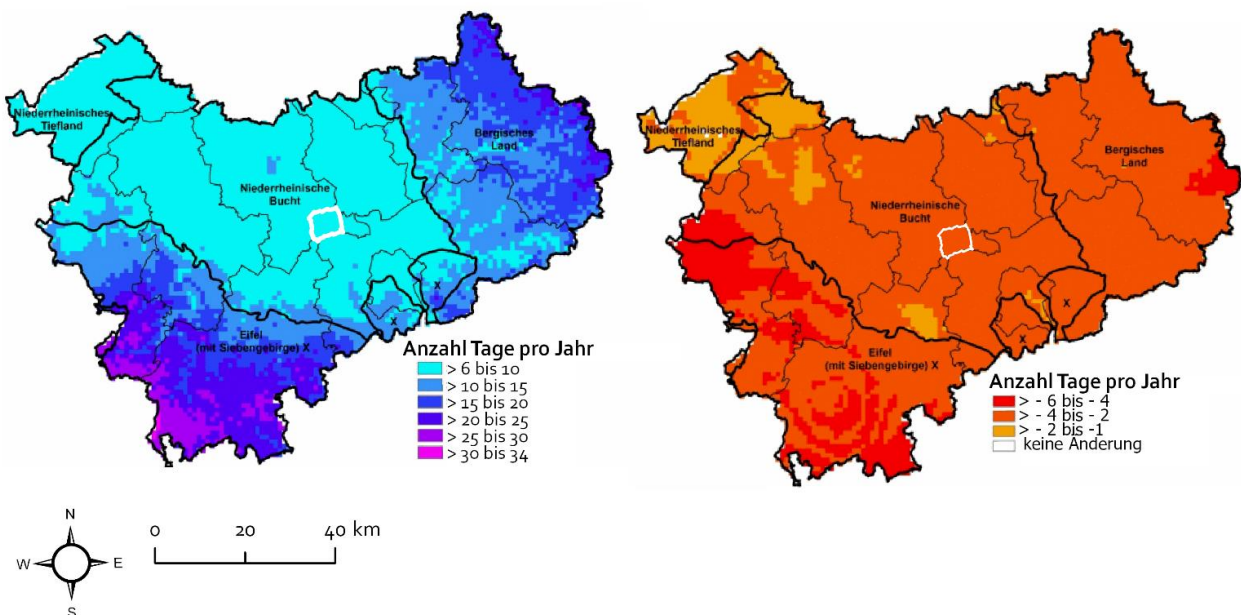


Abbildung 2-1: Durchschnittliche Anzahl der Eistage in NRW in der KNP 1981-2010 sowie Veränderung relativ zur KNP 1951-1980 (energielenker projects nach LANUV NRW, 2018).

Der Klimaparameter Heiße Tage zeigt ebenfalls, dass die Stadt Brühl im regionalen Vergleich eine höhere Anzahl an Tagen mit über 30 °C pro Jahr aufweist. Der Mittelwert für NRW liegt in der Periode 1991 bis 2020 bei 8 Tagen und in Brühl bei mehr als 10 Tagen. Im Vergleich zur KNP 1951-1980 ist eine deutliche Zunahme an Heißen Tagen in der Stadt Brühl zu verzeichnen. Dies verdeutlicht ebenso die nachfolgende Kartendarstellung der Heißen Tage in der Region Köln/ Bonn. Die linke Karte zeigt die Anzahl der Heißen Tage pro Jahr für die Region Köln/ Bonn und die rechte Karte die Zunahme an Tagen mit Bezug auf die Klimanormalperiode (1951 -1980).

Tabelle 2-4: Anzahl der Heißen Tage pro Jahr in verschiedenen Messperioden im Vergleich (LANUV NRW, Klimaatlas NRW, o.J.)

Heiße Tage	1951 - 1980	1961 - 1990	1971 - 2000	1981 - 2010	1991 - 2020
Nordrhein-Westfalen	3 Tage	4 Tage	5,3 Tage	6 Tage	8 Tage
Stadt Brühl	4,5 Tage	6 Tage	7,5 Tage	9 Tage	10,6 Tage

## Heiße Tage

1981-2010

Änderungen  
bezogen auf 1951 - 1980

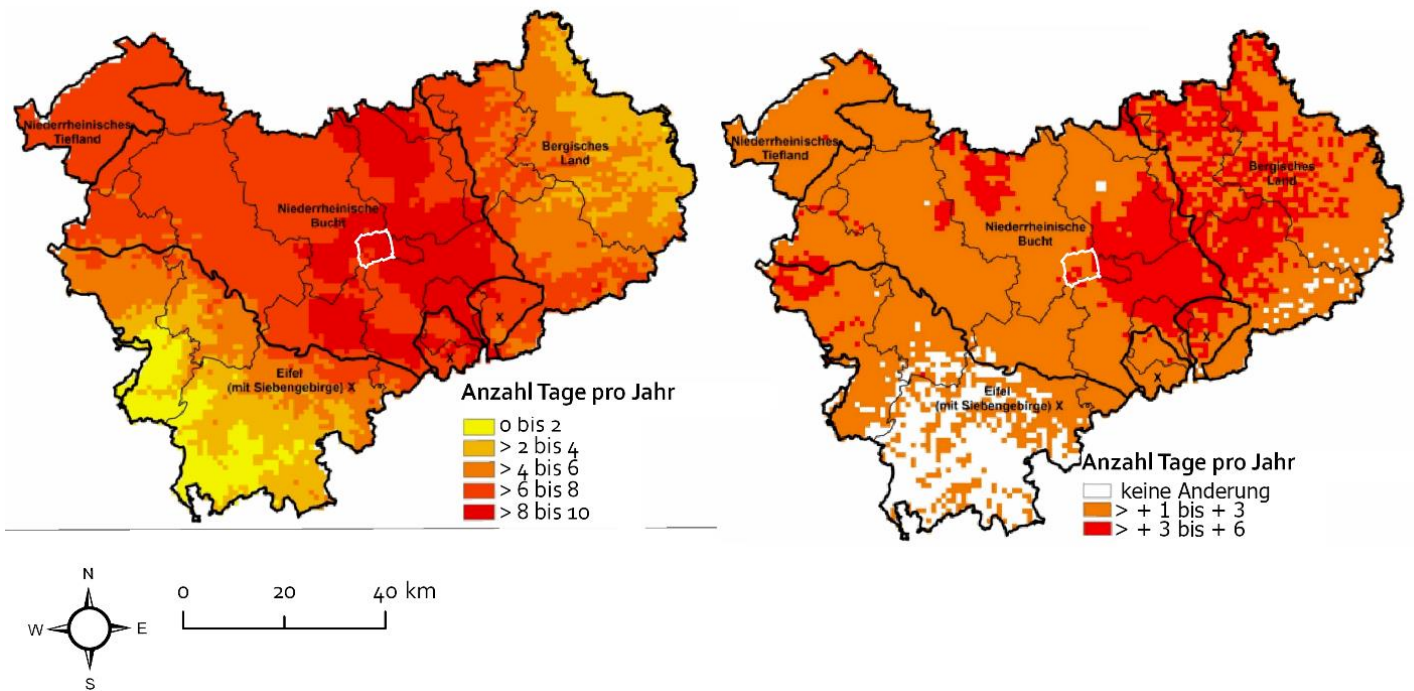


Abbildung 2-2: Durchschnittliche Anzahl der heißen Tage in NRW in der KNP 1981-2010 sowie Veränderung relativ zur KNP 1951-1980 (energieflexible projects nach LANUV NRW, 2018).

Der klimatische Parameter Niederschlag ist deutlich indirekter mit dem durch anthropogene Eingriffe verursachten Temperaturanstieg verknüpft. Eine wärmere Atmosphäre kann zwar mehr Wasserdampf aufnehmen, sodass insgesamt mehr Niederschlag fällt, jedoch gibt es weitere Faktoren, die die Menge, Häufigkeit und räumliche Verteilung beeinflussen. Beispielsweise das schmelzende Meereis in der Arktis sorgt dafür, dass der Polarfront-Jetstream<sup>2</sup> insgesamt instabiler wird, infolgedessen sich besonders trockene oder nasse Witterungslagen festsetzen können. Wenngleich die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme eher zunimmt als abnimmt, so kann es dennoch zu ausgedehnten Trockenperioden im Jahr kommen.

Die Niederschlagssumme fasst alle fallenden Niederschläge sowohl in flüssiger als auch in fester Form (Schnee) zusammen. Sie wird als Niederschlagshöhe in Millimetern (mm) angegeben. Eine Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht dabei einem Liter Wasser pro Quadratmeter Bodenfläche (l/m<sup>2</sup>).

Für die Stadt Brühl lässt sich für den Zeitraum 1991 bis 2020 im Vergleich zur KNP 1951 – 1980 eine leichte Abnahme erkennen. Allgemein wird jedoch mit fortschreitendem Klimawandel eher mit einer Zunahme des jährlichen Niederschlags gerechnet, der sich u. a. in Form von Starkregenereignissen unregelmäßiger über das Jahr verteilen wird (Umweltministerium, o.J.).

Tabelle 2-5: Mittlerer Jahresniederschlag verschiedener Messperioden im Vergleich (LANUV NRW, Klimaatlas NRW, o.J.).

Mittlerer Jahresniederschlag	1951 – 1980	1961 - 1990	1971 - 2000	1981 - 2010	1991 - 2020
Nordrhein-Westfalen	856 mm	875 mm	873 mm	918 mm	869 mm
Stadt Brühl	709 mm	709 mm	698 mm	742 mm	969 mm

<sup>2</sup> Dabei handelt es sich um ein „wetterbestimmendes Starkwindband auf der Nordhalbkugel. Durch die Erwärmung der Atmosphäre schwächen sich die Temperaturgefälle zwischen Äquator und den Polen ab und es ändert sich die Luftzirkulation. Die durch den Klimawandel bedingte Abnahme der Temperaturdifferenz zwischen Subtropen und Pol führt zu einer Abschwächung des Jet Streams. In der Folge bilden sich sogenannte quasistationäre Wellen. Diese blockieren den sonst für unsere Breiten typischen Wechsel zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten. Je nachdem, ob dadurch ein Hoch- oder Tiefdruckgebiet über Wochen vorherrscht, kommt es zu anhaltender Trockenheit oder aber zu beständigen Regenfällen und Hochwasser“ (Umweltministerium, o.J.).

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass sich auch die Niederschlagsmengen in NRW regional unterscheiden. Der Niederschlag nimmt in allen Gebieten mit der Höhe des Geländes zu, dabei treten jedoch deutliche Unterschiede zwischen den windzugewandten Mittelgebirgslagen (Luv) und den windabgewandten Seiten (Lee) auf. Das Wettergeschehen in NRW ist vor allem durch Wetterlagen aus West bis Südwest geprägt, so dass sich die Luftmassen an den (Süd-)Westhängen der Mittelgebirge stauen und zum Aufstieg gezwungen werden. Dies führt an diesen Stellen zu einer stärkeren Bewölkung, wodurch hier mehr Niederschlag fällt. An den Ost- und Nordostseiten der Mittelgebirge sinkt die ohnehin schon trockenere Luft ab, weniger Bewölkung und Niederschlag sind die Folge. Die Niederrheinische Bucht, in der die Stadt Brühl liegt, ist daher eine der niederschlagsärmsten Gebiete in NRW.

### Mittlerer Jahresniederschlag

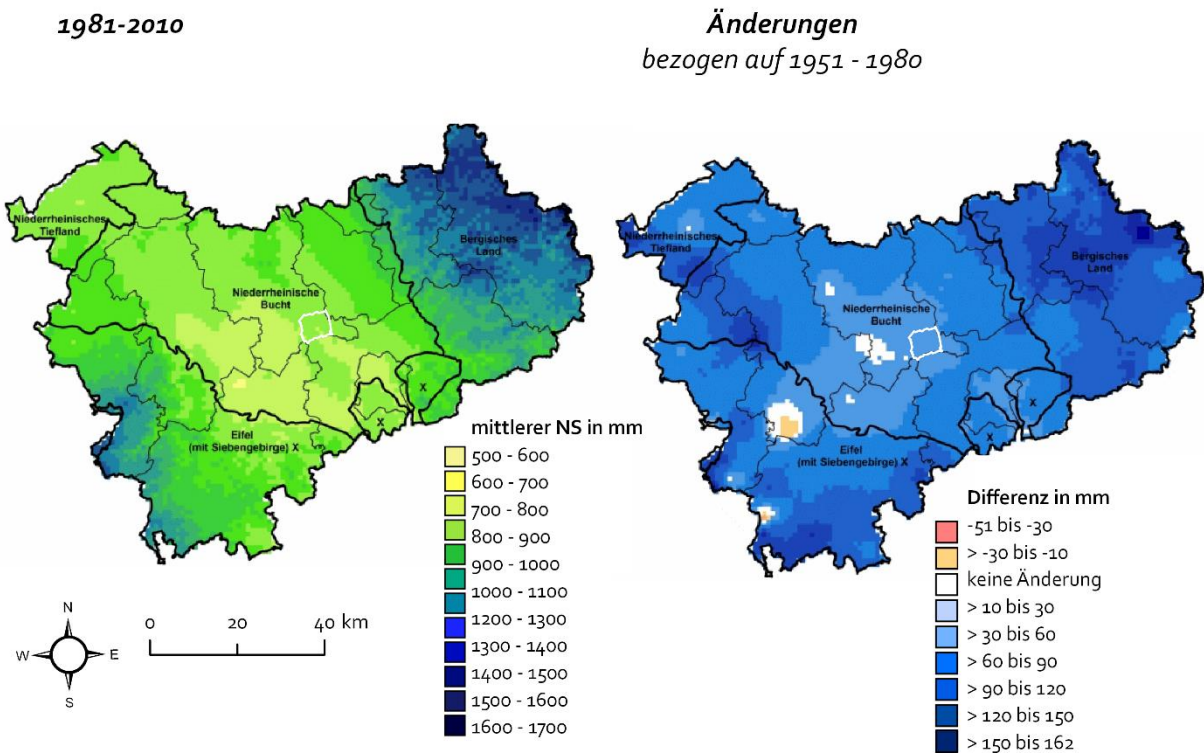


Abbildung 2-3: Vergleich der mittleren Jahresniederschläge in NRW für 1981-2010 und Änderungen im Vergleich zur KNP 1951 - 1981 (energielenker projects nach LANUV NRW, 2018).

## 2.2 Lokalklima in Brühl

Im Rahmen der Stadtklimaanalyse für die Stadt Brühl wurden thermische Belastungsräume (Wärmebelastung) sowie Luftaustauschbahnen<sup>3</sup> und schadstoffbelastete Bereiche speziell für die Stadt Brühl ermittelt. Der Ist-Zustand der stadtklimatischen Gegebenheiten Brühls wurde in einer Klimafunktionskarte (Klimatopkarte) dargestellt, die folgende wesentliche Ergebnisse enthält (Stadt Brühl, 2018, S. 46 ff):

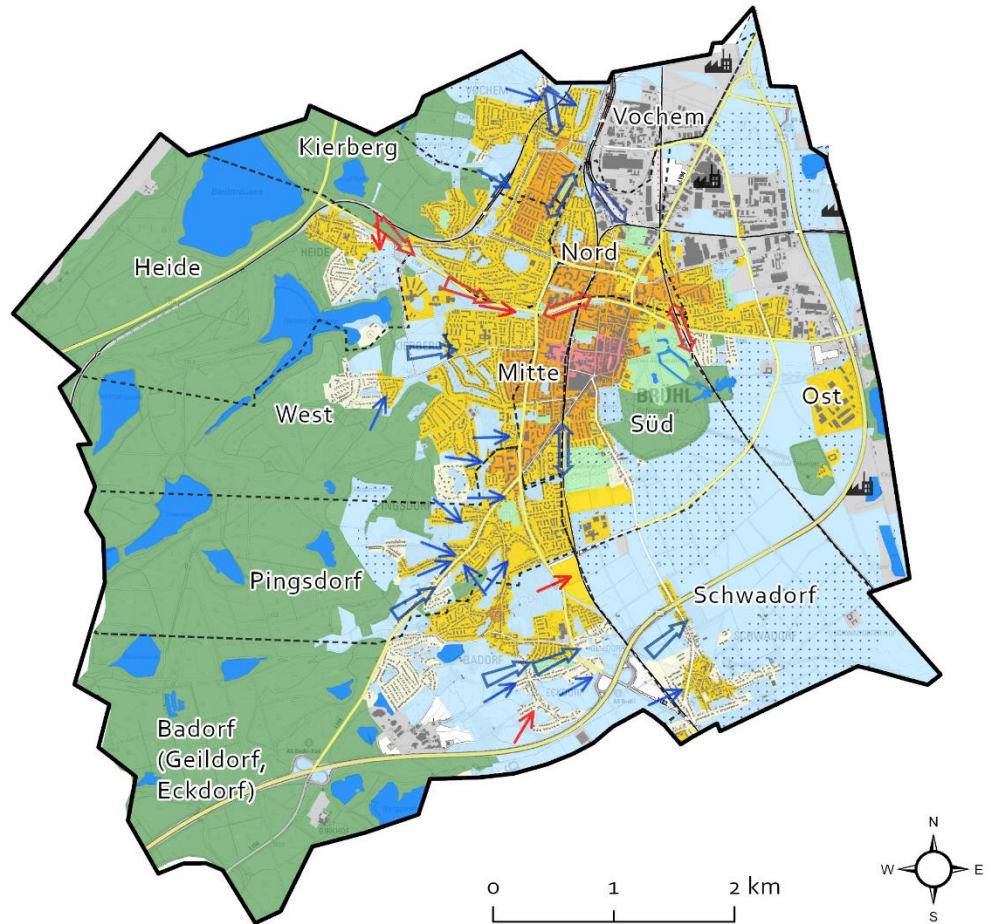
- › Im Süden des Stadtgebietes herrschen günstigere klimatische Verhältnisse als im nördlichen Bereich aufgrund aufgelockerter Bebauung und Durchgrünung. Auch die Schadstoffbelastung (u. a. mit Stickstoffdioxid) ist in den südlichen Stadtteilen überwiegend geringer. Aufgrund der zukünftigen Klimaänderungen wird jedoch auch dort der Hitzestress zunehmen.
- › Im Ortskern von Badorf tritt ein Wärmeinseleffekt<sup>4</sup> (Innenstadt-Klimatop<sup>5</sup>) auf, da dort eine vergleichsweise hohe Bodenversiegelung vorliegt und die thermische Entlastung durch Begrünung fehlt (insbesondere im südlichen Bereich der Innenstadt). Auch die nächtliche Abkühlung fehlt in diesem Bereich aufgrund der kompakten Bebauung und infolgedessen mangelnder Durchlüftung.
- › Im Vergleich zu größeren Städten ist das Stadtgebiet Brühl bezüglich der Durchlüftung dennoch eher bevorteilt. Frischluft (schadstoffunbelastete Kaltluft) gelangt vor allem entlang der Stadtbahnlinie 18 „Köln-Bonn“ in die westlich gelegenen Teile der Innenstadt.

---

<sup>3</sup> Bereiche, in denen sich der regionale Windeinfluss, insbesondere bezüglich der Hauptwindrichtung, unbehindert entfalten kann.

<sup>4</sup> Die klimatischen Verhältnisse in der Innenstadt unterscheiden sich gegenüber dem Umland aufgrund von Bebauung und Emissionen. Es entsteht eine Lufttemperaturdifferenz zwischen der wärmeren Stadt und ihrem kühleren Umland von bis zu 10 Grad. Vor allem bei wolkenfreien und windschwachen Wetterbedingungen tritt ein ausgeprägter städtischer Wärmeinseleffekt auf. In den Sommermonaten erhöht sich für Stadtbevölkerung die Gefahr für Hitzestress (DWD, o.J.a).






<sup>5</sup> „Klimatope beschreiben Gebiete mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen. Diese unterscheiden sich vornehmlich vor allem nach der Art der realen Flächennutzung, der Bebauungsdichte bzw. dem Versiegelungsgrad, nach der Oberflächenstruktur und der Rauigkeit. Des Weiteren spielen das Relief, die Vegetationsart und -struktur sowie die Lage im Stadtgebiet eine wichtige Rolle“ (Stadt Brühl, 2018, S. 46).



### Luftaustausch

-  Luftleitbahn, unbelastet
-  Luftleitbahn, klimatisch und/oder lufthygienisch belastet
-  Talwind, unbelastet
-  Talabwind, klimatisch und/oder lufthygienisch belastet
-  Kaltluftabfluss, unbelastet
-  Kaltluftabfluss, lufthygienisch belastet
-  Kaltluftbarriere
-  Kaltluftstau, -see oder Talnebel

### Klimatope

-  Gewässer-, Seenklima: thermisch ausgleichend, hohe Feuchtigkeit, windoffen
-  Freilandklima: ungestörter, stark ausgeprägter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, sehr geringe Windströmungsveränderungen, starke Frisch- und Kaltluftproduktion
-  Waldklima: stark gedämpfter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, Frisch-/ Kaltluftproduktion, Filterfunktion
-  Klima innerstädtischer Grünflächen: ausgeprägter Tagesgang der Temperatur und Feuchte, klimatische Ausgleichsfläche in der Bebauung, lokale Verschattungen durch Baumbestand, Frisch- und Kaltluftproduktion
-  Vorstadtklima: geringer Einfluss auf Temperatur, Feuchte und Wind







-  Stadtrandklima: wesentliche Beeinflussung von Temperatur, Feuchte und Wind, Störung lokaler Windsysteme
-  Stadtklima: starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, Herausbildung einer Wärmeinsel, Luftschadstoffbelastung
-  Innenstadtklima: Intensiver Wärmeineleffekt, geringe Feuchte, starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, Luftschadstoffbelastung
-  Gewerbe-/ Industrieklima: starke Veränderung aller Klimaelemente, Ausbildung des Wärmeineleffektes, teilweise hohe Luftschadstoffbelastung
-  ohne Bewertung (Straßenraum etc.)
-  Straße mit hoher Verkehrsbelastung (DTV > 10 000 Kfz/ 24h und < 30 000 Kfz/ 24h)

Abbildung 2-4: Klimafunktionskarte für die Stadt Brühl (Stadt Brühl, 2017a).



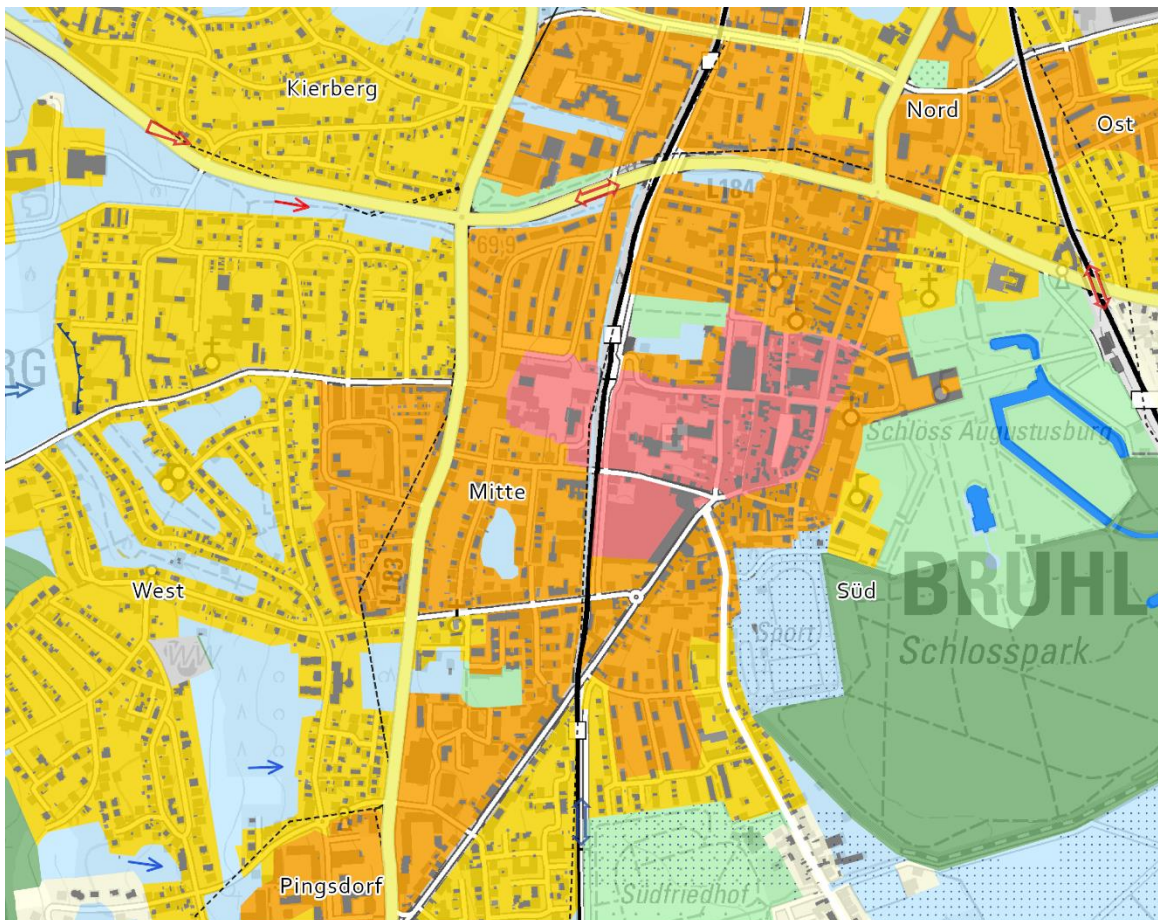


Abbildung 2-5: Auszug aus der vollständigen Klimafunktionskarte Stadt Brühl (Stadt Brühl, 2018, S. 58).

Auf Grundlage der Klimafunktionskarte wurde außerdem eine Planungshinweiskarte (s. Abb. 2-6 und 2-7) erarbeitet, die verschiedene Bereiche der Stadt Brühl bezüglich ihrer lokalklimatischen Bedeutung bewertet und ihre Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung oder -änderung (z. B. Bebauung von Freiflächen) einschätzt (siehe Stadtklimaanalyse S. 66 ff). Folgende wesentliche Ergebnisse können herausgestellt werden:

- › Als aus klimatischer Sicht sanierungsbedürftiger Bereich (violett gefärbt; verdichtete Siedlungsräume, die klimatisch-lufthygienisch stark belastet sind) zählt die laut Klimafunktionskarte als Innenstadt-Klimatop ausgewiesene Fläche im Innenstadtbereich. Das Gebiet reicht im Norden bis zu den Straßen Carl-Schurz-Straße/An der Bleiche/Kirchstraße/Bahnhofstraße, im Westen bis zur Straße „An der alten Brauerei“ bzw. in Teilbereichen (zwischen Clemens-August-Straße und Schlaunstraße) darüber hinaus, im Osten bis über den Bereich der Uhlstraße und den Marktplatz und im Süden schließt es die Giesler-Galerie zwischen der Uhlstraße und der Straße „An der alten Brauerei“ mit ein. In dem gekennzeichneten Sanierungsbereich sind aufgrund der hohen klimatischen und/oder lufthygienischen Belastung dringend Maßnahmen zur Verbesserung der klimatisch-lufthygienischen Situation anzuraten. Dieser Hotspotbereich wird im Rahmen der vorliegenden Analyse im Kapitel 3.5 genauer untersucht.
- › An die Sanierungszonen im Innenstadtbereich schließen etwas lockerer bebaute und besser durchlüftete Siedlungsräume (rot gefärbt) an. Eine Nutzungsintensivierung dieser Gebiete

würde zu einer Ausweitung der klimatischen Sanierungszone im Innerstadtbereich führen und sollte deshalb vermieden werden. Im Innenstadtbereich reichen die rot gefärbten Bereiche auf der Ostseite bis zum Schlosspark bzw. zum Schloßparkstadion heran. Dies soll gewährleisten, dass die Luftzufuhr in die Innenstadt hinein möglichst nicht durch weitere Bebauung stärker eingeschränkt wird. Aus den gleichen Gründen sollte auch eine Intensivierung der Bebauung südlich des Alten Friedhofes sowie nördlich des Südfriedhofes vermieden werden. Weitere rot gefärbte Bereiche befinden sich in Gebieten, die überwiegend als Stadtklimatop ausgewiesen wurden. Dies sind beispielsweise stärker versiegelte Flächen in den Ortsteilen um die Innenstadt herum, in Teilbereichen beidseitig der Bahnschienen nördlich des Bahnhofes Brühl, aber auch Teilbereiche der Ortsteile Kierberg, Vochem und Badorf.

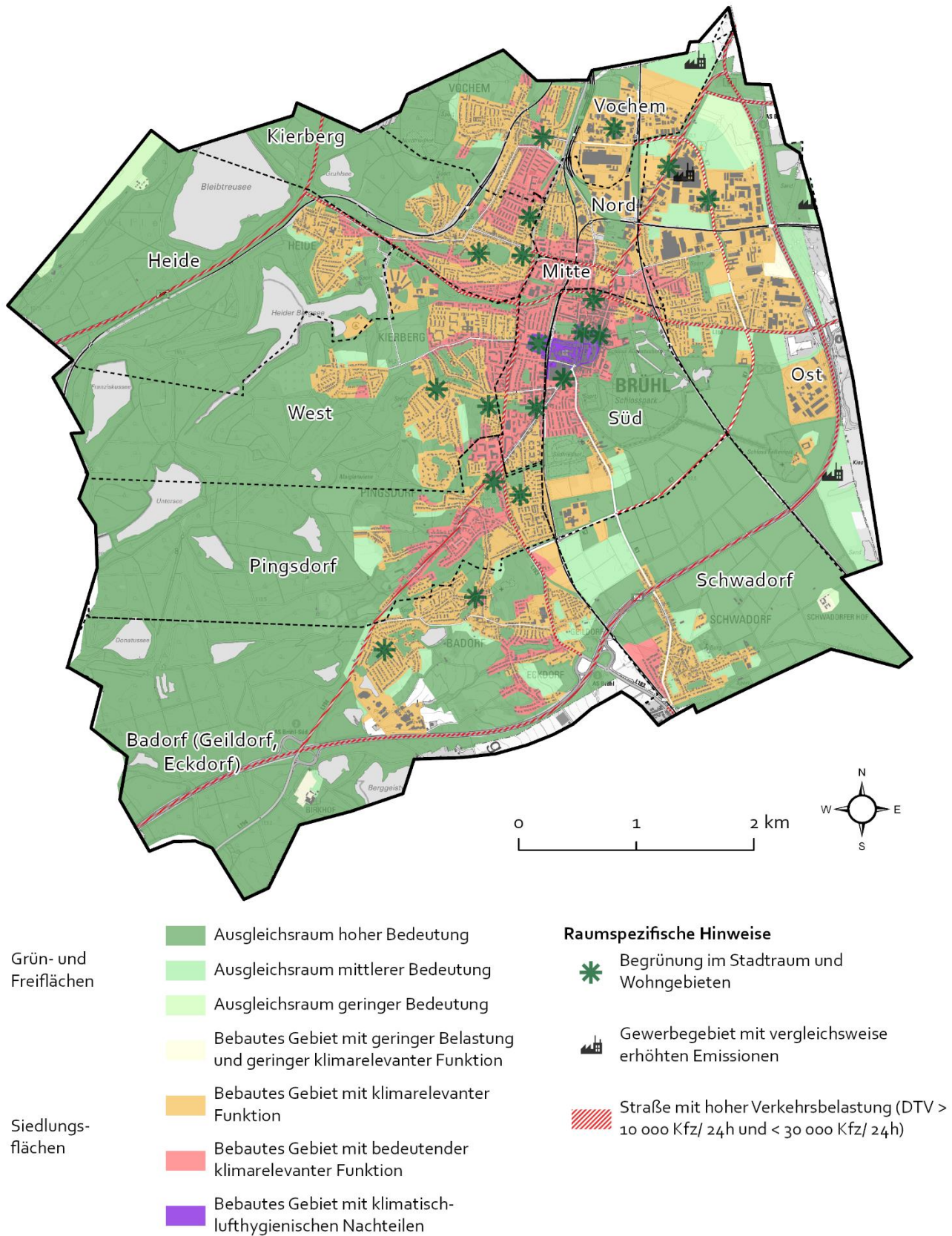


Abbildung 2-6: Planungshinweiskarte für die Stadt Brühl (Stadt Brühl, 2017b).

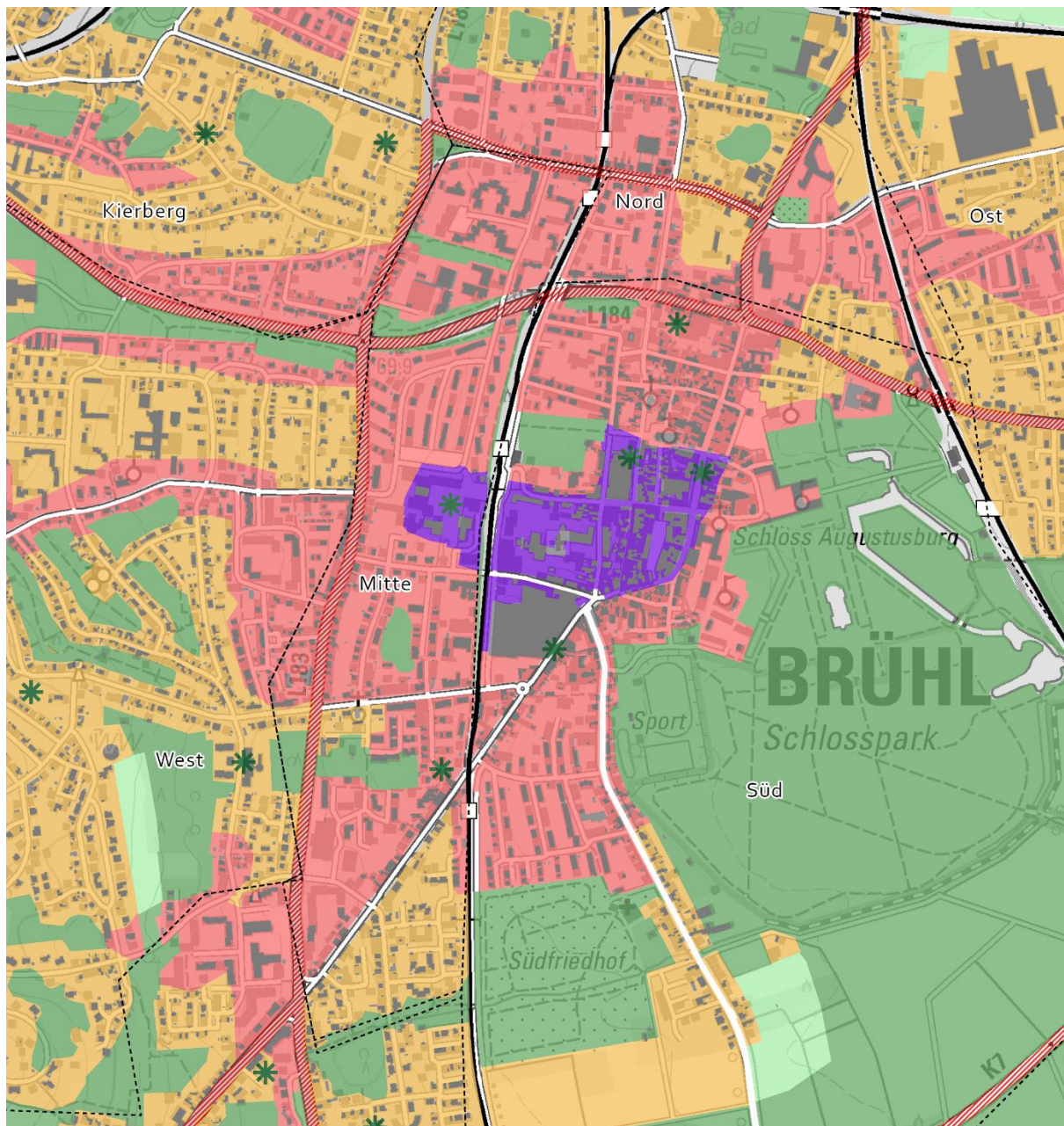


Abbildung 2-7: Auszug aus der vollständigen Planungshinweise für die Stadt Brühl (Stadt Brühl, 2018, S. 76).

### 2.3 Bestandsanalyse: Zukünftige klimatische Veränderungen in der Stadt Brühl

Um die zu erwartenden Änderungen besser einordnen zu können, werden zunächst die wichtigsten zu erwartenden Klimaveränderungen übergeordnet für NRW und im Vergleich dazu in Brühl dargestellt.

Diese Klimaveränderungen für NRW können wie folgt zusammengefasst werden (LANUV NRW, o.J.): Für die Entwicklung der mittleren Lufttemperatur zeigen Auswertungen der regionalen Klimaprojektionen einen zukünftigen Anstieg der Lufttemperaturen in ganz Nordrhein-Westfalen an. Regionale Differenzierungen lassen sich dabei nicht feststellen. So werden Zunahmen der Jahresmitteltemperatur von 1,4 °C bis 2,2 °C für die nahe Zukunft (2031 – 2060) projiziert, für die ferne Zukunft (2071 – 2100) bis zu 2,7 °C. Die Steigerungen der Temperaturen fallen für die Herbst- und Wintermonate etwas höher aus, für den Frühling etwas geringer (LANUV NRW, o.J.). Wichtig sind des Weiteren besonders warme oder kalte Perioden eines Jahres. Diese werden durch sogenannte Temperaturkenntage charakterisiert: So wird die Summe aller Tage pro Jahr gebildet, an denen eine definierte maximale Temperatur überschritten oder eine minimale Temperatur unterschritten wird (s. Kap. 2, Tabelle 1). Für die Stadt Brühl werden folgende Änderungen für die nahe und ferne Zukunft erwartet<sup>6</sup>:

Tabelle 2-6: Klimaparameter: prognostizierte Änderungen in der nahen und fernen Zukunft (LANUV NRW, Klimaatlas NRW, o.J.)

Klimaparameter	Für die Stadt Brühl prognostizierte Änderungen in der nahen Zukunft (2031 – 2060) bezogen auf 1971 – 2000	Für die Stadt Brühl prognostizierte Änderungen in der fernen Zukunft (2071 – 2100) bezogen auf 1971 – 2000
Mittlere Lufttemperatur	+ 1,9 °C	+ 2,7 °C
Eistage	- 1,8 Tage	- 3 Tage
Heiße Tage	+ 13,1 Tage	+ 14,5 Tage
Mittlerer Jahresniederschlag	+ 7,5 %	+ 11,8 %

<sup>6</sup> Aussagen zu möglichen zukünftigen Klimaentwicklungen lassen sich über physikalische Rechenmodelle ableiten. Die Ergebnisse dieser Simulationen werden als Klimaprojektionen bezeichnet. Den Daten im vorliegenden Konzept wird das RCP 4.5-Szenario (moderates Szenario) zu Grunde gelegt und es wird auf das 85. Perzentil zurückgegriffen. Um eine Spannweite aufzuzeigen, in dem die zu erwartenden Klimaveränderungen bei Annahme Szenarios in NRW wahrscheinlich eintreten werden, werden Perzentile dargestellt. 50. Perzentil: repräsentiert den Wert, für den jeweils die Hälfte der Modellberechnungen höhere bzw. niedrigere Abweichungen anzeigen; 85. Perzentil: gibt den Wert an, für den 85 Prozent der Simulationen höhere Änderungen oder erreichen diesen Wert genau; 15. Perzentil: gibt den Wert an, für den 15 Prozent der Modellergebnisse niedrigere Änderungen zeigen oder diesen Wert genau erreichen. Über dieses Vorgehen kann eine gewisse Bandbreite von verschiedenen Modellergebnissen dargestellt werden, während Extremwerte keine Berücksichtigung finden (LANUV NRW, o.J.). Die Projektionen werden vom LANUV nur mit Bezug auf den Messzeitraum 1971 – 2000 bereitgestellt.

Dies wird zusätzlich durch die Abbildung 3.1 bestätigt, da die Stadt Brühl laut dieser Prognose zukünftig mit einer sehr hohen Zunahme an Hitzewellen betroffen sein wird. Das Auftreten von drei aufeinanderfolgenden heißen Tagen (>30 °C) wird als Hitzewellentag definiert. Die Berechnung der Hitzewellentage erfolgte mithilfe des STAR Modells (Szenario)<sup>7</sup>. Die Kalkulation wurde dabei für zwei Zeitperioden durchgeführt: die Periode 1961-1990 und die Zukunftsperiode 2031-2060. Dabei lässt sich festhalten, dass aufgrund der hohen Anzahl und Dichte von Einwohnenden in NRW ein großer Anteil der Bevölkerung betroffen sein wird. Durch den Klimawandel könnten sich daher Hitzewellen und somit Perioden mit einer hohen thermischen Belastung für die Bevölkerung in der Stadt Brühl noch verstärken bzw. häufiger auftreten.

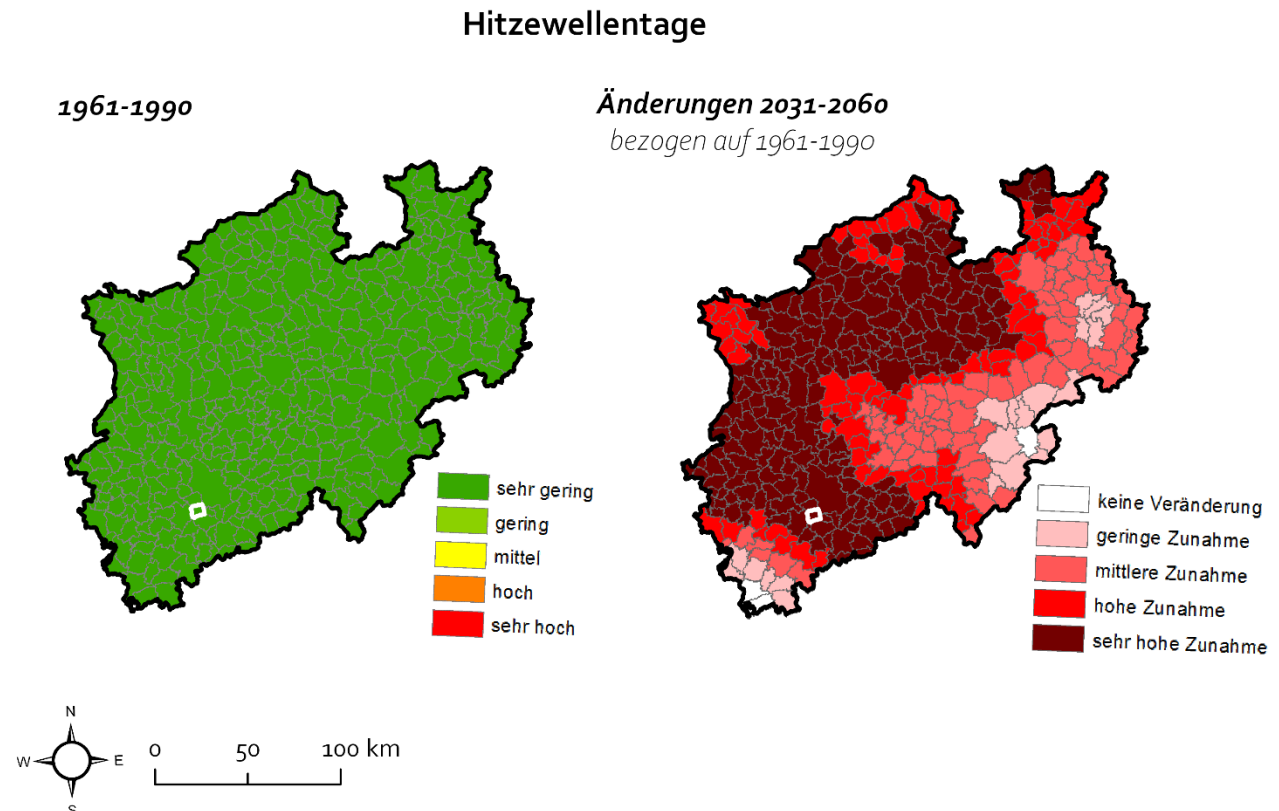


Abbildung 2-8: Anzahl der Hitzewellentage und Anzahl der prognostizierten Hitzewellentage (LANUV NRW).

Sowohl die projizierten Temperatur- als auch Niederschlagsentwicklungen sind vor dem Hintergrund vorhandener Modellunsicherheiten vorsichtig zu interpretieren. Die abgeleiteten Werte stellen somit eher richtungsweisende Änderungen der klimatischen Verhältnisse in NRW und Brühl dar und sind mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden. Insbesondere die möglichen zukünftigen Entwicklungen der Jahresniederschläge zeigen sich je nach Region, Perzentil, Zeitraum und Szenario sehr variabel. Bei dem in Tabelle 6 betrachteten Szenario wird für die Stadt Brühl eine Zunahme der jährlichen Niederschlagssumme erwartet. Hierbei muss beachtet werden, dass die bereits in der Vergangenheit beobachteten jahreszeitlichen Niederschlagsverschiebungen sich voraussichtlich zukünftig fortsetzen werden, d. h. die

<sup>7</sup> Für Deutschland gibt es gegenwärtig vier relevante regionale Klimamodelle. Das STAR Modell ist ein statistisches Regionalmodell vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Statistische Regionalmodelle nutzen die statistischen Zusammenhänge zwischen den beobachteten großräumigen Zirkulationsmustern und dem lokalen und regionalen Wettergeschehen. Die gegenwärtigen Zusammenhänge werden von Messdaten übernommen. Die künftigen Änderungen der großräumigen Strukturen stammen aus globalen Klimamodellen, wobei die heutigen statistischen Beziehungen auf die künftigen Verhältnisse übertragen und daraus die regionalen Änderungen abgeleitet werden (Wiki Klimawandel, o.J.).

Niederschläge im Frühjahr und Winter werden sehr wahrscheinlich zunehmen, während sie in den Sommermonaten abnehmen werden (LANUV NRW, o.J.).

Prognosen zu Windgeschwindigkeiten in der nahen und der fernen Zukunft liegen für die Stadt Brühl nicht vor. Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland zeigt jedoch, dass keine wesentlichen Änderungen der Windgeschwindigkeiten zu identifizieren sind. Tendenziell gibt es eine Zunahme der Intensität von Starkwindereignissen im Winter, während die Intensität von Starkwindereignissen im Sommer leicht abnehmen wird. Im Vergleich zu anderen Variablen (Temperatur, Niederschlag) sind die zukünftigen Veränderungen für den Wind insgesamt verhältnismäßig klein. Insgesamt gilt jedoch, dass über die Entwicklung von Wind nur recht ungenaue Aussagen getroffen werden können (Umweltbundesamt, 2021).

## 2.4 Zusammenfassung Bestandsanalyse

Aus den vorherigen Kapiteln lässt sich festhalten, dass sich die klimatischen Verhältnisse in der Stadt Brühl in der Vergangenheit bereits verändert haben. Für die **Jahresmitteltemperatur** ist in der Periode 1991 – 2020 im Vergleich zum Zeitraum 1951 – 1980 ein **Anstieg von 1,1 °C** verzeichnet worden. In Bezug auf den jährlichen Niederschlag können keine eindeutigen Entwicklungen festgestellt werden und auch die zukünftigen Klimaprojektionen sind diesbezüglich sehr variabel. Dem in Tabelle 6 dargestellten Szenario nach wird grundsätzlich jedoch mit einer **leichten Zunahme der Jahresniederschlags** gerechnet. Bei diesen Klimafaktoren handelt es sich um langsam eintretende Veränderungen, die im Alltag kaum bemerkbar sind. Von größerer Relevanz für die Klimawandelanpassung im städtischen Kontext sind die Folgen **voraussichtlich häufiger auftretender und intensiverer Extremereignisse**. Aus den Szenario-Berechnungen geht hervor, dass die Stadt Brühl vor allem durch einen **hohen Anstieg an heißen und Sommertagen sowie Hitzewellen** geprägt sein wird. Schon innerhalb der nächsten 40 Jahre (2031 -2060) ist damit zu rechnen, dass etwa 13 Tage pro Jahr zusätzlich eine Lufttemperatur von über 30 Grad Celsius erreichen werden (bezogen auf die Periode 1971 – 2000). Die Klimafunktions- und Planungshinweiskarte aus dem Jahr 2018 verdeutlicht in diesem Zusammenhang, dass der **Hitzestress insbesondere im städtischen und innerstädtischen Bereich** zunehmen wird. Gleichzeitig ist mit einer **Verschiebung der jährlichen Niederschläge** zu rechnen. Das bedeutet, die Niederschläge werden vermehrt in den kälteren Jahreszeiten fallen, während die Sommermonate durch **länger anhaltende Trockenperioden** gekennzeichnet sein werden (LANUV NRW, o.J.). Zu den Entwicklungen von Windgeschwindigkeiten und Sturmereignissen gibt es für die Stadt Brühl keine Daten, daher wird dieser Bereich in der folgenden Betrachtung außenvorgelesen.

Auf Grundlage dieser Rahmenbedingungen wird nachfolgend der Fokus auf 1) Hitzebelastung, 2) Trockenheit und 3) Extremniederschläge/ Hochwasser (im Folgenden als „Problemfelder“ bezeichnet) gelegt. Dafür wird die jeweilige Betroffenheit der Stadt Brühl analysiert und auf Basis dessen werden Handlungserfordernisse ermittelt.