

Klimaanpassungsstrategie 2021

Monitoringbericht und 1. Fortschreibung

Teil 1: Klimaentwicklung und Folgen des Klimawandels



Inhalt

Vorwort	4
1. Anpassung an den Klimawandel	5
2. Klimaanpassungsstrategie 2021 – Rahmenbedingungen, Erarbeitungsprozess, Entwicklungspotentiale	6
Schwerpunkte und Ziele	6
Rahmenbedingungen	6
Synergien und Zielkonflikte	8
Erarbeitung der Klimaanpassungsstrategie 2021	8
Beteiligungsprozess	8
Ergebnisse aus der Beteiligung	9
Grundlagen für die Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe	11
Monitoring und Evaluation der Maßnahmenumsetzung, Quantifizierung der Wirkung von Maßnahmen, Kosten-Nutzen-Bewertung	12
Entwicklungspotentiale	13
3. Das Karlsruher Klima und Indikatoren zur Klimaentwicklung	15
3.1 Klimaentwicklung in Karlsruhe seit 1876	15
Temperatur	16
Niederschlag	17
3.2 Klimatologische Einordnung der Jahre 2013 bis Mitte 2020	18
Temperatur	18
Niederschlag	20
Sonnenschein	22
3.3 Stadtklima in Karlsruhe	24
3.4 Zukunftsprojektionen	27
4. Indikatoren zu den Folgen des Klimawandels und zur Anpassung in Karlsruhe	31
4.1 Indikatoren, die die Auswirkungen von Klimaänderungen beschreiben („Impact-Indikatoren“)	31
Subjektiv empfundene Hitzebelastung (Handlungsfeld Gesundheit)	31
Flächen mit Vorkommen der Ambrosie und Meldungen aus der Bevölkerung (Handlungsfeld Gesundheit)	33
Tigermückenfunde im Rahmen der Tigermückenbekämpfung (Handlungsfeld Gesundheit)	34
Schadensbedingte Holzmengen (Handlungsfeld Wald)	34
Grundwasserstand (Handlungsfeld Grundwasserbewirtschaftung und Trinkwasserversorgung)	35
Trinkwasserabgabe in Abhängigkeit von der Temperatur (Handlungsfeld Grundwasserbewirtschaftung und Trinkwasserversorgung)	35

4.2 Anpassungsindikatoren („Response-Indikatoren“)	36
Index „Kommunale Klimaanpassung“	36
Umsetzungsstand der Maßnahmen	37
Zukünftig vorgesehene Ausgestaltung der Maßnahmen	38
Presseanfragen (Handlungsfeld Übergreifendes).....	39
Tage mit Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes (Handlungsfeld Gesundheit).....	39
Temperaturmonitoring Gebäude (Handlungsfeld Gebäude)	40
Festsetzungen zur Grünordnung in Bebauungsplänen (Handlungsfeld Stadtgrün).....	41
Grünflächen (Handlungsfeld Stadtgrün)	42
Stadtbäume und Baumpatenschaften (Handlungsfeld Stadtgrün).....	42
Straßenbahnstrecken mit Rasengleis (Handlungsfeld Verkehr)	42

Vorwort



Klimawandel in Karlsruhe – welches Bild sehen Sie als Erstes vor Ihrem inneren Auge? Ich denke an Hitze in der Stadt, an ausgedorrte Grünflächen und von Trockenheit geschädigte Bäume. Gleichzeitig wünsche ich mir schattige, grüne Plätze als Zuflucht bei hohen Temperaturen, sprudelnde Brunnen und vielleicht noch ein Eis zur Abkühlung.

In den letzten Jahren ist der Klimawandel auch in Karlsruhe spürbarer und sichtbarer geworden. Mehrere Jahre zählten zu den wärmsten seit dem Beginn der Temperaturmessungen in Karlsruhe. Auch einige sehr heiße Sommer haben wir erlebt, in denen an mehr als 30 Tagen die Temperaturen über 30°C kletterten. Außerdem gab es in den Jahren 2018, 2019 und 2020 außergewöhnlich wenig Regen. Erschwerend kommt hinzu, dass Bebauung und Flächenversiegelung dazu führen, dass die Innenstadt in den Abend- und Nachtstunden bis zu sieben Grad wärmer ist als das Karlsruher Umland.

Auch wenn ein einzelner, besonders heißer Sommer oder ein besonders trockenes Jahr noch kein alleiniger Beweis für den Klimawandel sind, so erfahren wir doch genau die Entwicklung, die die langjährigen Klimamessungen und die Modelle der Klimaforschung vorhergesagt hatten und auch für die Zukunft erwarten lassen. Auf globaler Ebene wird das durch den Rückgang des Eises in der Arktis besonders deutlich. Inzwischen sehen wir die lokalen Auswirkungen aber auch vor unserer Haustür: Absterbende Bäume im Wald und im städtischen Grün erfordern umfassende Fällmaßnahmen und führen zu großräumigen Sperrungen von Stadtquartieren. Auch Niedrigwasserstände sowie die Erwärmung von Gewässern nehmen zu, und die Hitzewellen beeinträchtigen unser Wohlbefinden und können zur Belastung für die Gesundheit werden.

Darauf müssen wir als Stadt reagieren. Karlsruhe tut dies auf zweifache Weise: Ein Handlungsbereich ist der Klimaschutz, mit dem wir die CO₂-Emissionen senken, um zur Begrenzung der globalen Erwärmung beizutragen. Der zweite Handlungsbereich ist die Klimaanpassung, um die unabwendbaren Auswirkungen des Klimawandels heute und in Zukunft abzumildern und das Stadtklima zu verbessern.

Wie begegnen wir den Folgen des Klimawandels? Wie passen wir uns an? Wie gestalten wir unsere Stadt klimaresilient? Diesen Fragen geht die Stadt Karlsruhe schon seit vielen Jahren nach. Dabei hat die Klimaanpassung, ebenso wie der Klimaschutz, für die Stadt an Bedeutung gewonnen. Die Anpassung an Klimaveränderungen ist eine Aufgabe für ganz verschiedene Bereiche der Stadtverwaltung und eine Aufgabe für Jahrzehnte.

Die Klimaanpassungsstrategie 2021 ist die erste Fortschreibung der Karlsruher Klimaanpassungsstrategie 2013. Der Maßnahmenkatalog beschreibt und dokumentiert insgesamt 85 geplante Maßnahmen – 30 mehr als 2013. Viele Maßnahmen davon sind bereits zwischen 2013 und 2020 in Umsetzung gekommen. Ein Beispiel ist die Anpassung von Pflegemaßnahmen in Schutzgebieten an ein geändertes Klima. Das heißt, mit diesen Maßnahmen hat die Stadtverwaltung auf neue Herausforderungen oder Bedarfe reagiert. Weitere Maßnahmen wurden im Prozess der Fortschreibung der Klimaanpassungsstrategie neu entwickelt und geplant, darunter die Konzeption und Aufstellung eines Hitzeaktionsplans für die Bevölkerung. Besonders hervorheben möchte ich, dass von den 85 Maßnahmen bereits rund die Hälfte kontinuierlich umgesetzt wird. Diese Maßnahmen sind also bereits Teil der normalen Arbeitsabläufe geworden und haben sich damit im Handeln der Stadtverwaltung etabliert.

An der Klimaanpassungsstrategie 2021 haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus einer Vielzahl städtischer Dienststellen und Gesellschaften sowie Vertreterinnen und Vertreter von externen Institutionen mitgewirkt. Allen Beteiligten danke ich herzlich für ihre Arbeit. Sie trägt dazu bei, dass sich Karlsruhe auf die Herausforderungen des Klimawandels einstellt und auf zukünftige Entwicklungen vorbereitet.

Bettina Lisbach

Bettina Lisbach
Bürgermeisterin

1. Anpassung an den Klimawandel

Der Anpassung an den Klimawandel liegen Strategien und Entscheidungsprozesse auf ganz unterschiedlichen Ebenen – international, national, regional lokal und persönlich – zugrunde. Kommunen haben für die Klimaanpassung eine Schlüsselrolle inne, denn sie übersetzen übergeordnete Anpassungsstrategien in konkrete lokale Maßnahmen.

Auf europäischer Ebene hat die Europäische Union bereits 2009 ein Weißbuch mit dem Titel „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“ mit ersten strategischen Ansätzen veröffentlicht. Die „EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ aus dem Jahr 2013 verfolgt die Ziele, die EU-Mitgliedsstaaten zu fördern, eigene Anpassungsstrategien zu entwickeln, in Feldern der EU-Politik, beispielsweise im Agrarsektor, konkrete Maßnahmen zu unterstützen, und eine fundierte Wissensgrundlage für Entscheidungen zu bieten. Ein wichtiges Instrument ist dabei die Internet-Plattform „CLIMATE-ADAPT“¹. Sie bietet auch für Städte unter anderem Leitfäden zur Erstellung von Klimaanpassungsstrategien, Informationen zu umgesetzten Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Ländern, Regionen, Städten und Wirtschaftszweigen sowie für jedes Land der EU einen Überblick zu den nationalen Aktivitäten im Bereich der Klimaanpassung. EU-Förderprogramme für Anpassungsmaßnahmen in Städten sind beispielsweise LIFE, INTERREG, URBACT und die Urban Innovative Actions Initiative.

In Deutschland hat die Bundesregierung 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen, die, ergänzt durch Fortschrittsberichte, die Folgen des Klimawandels in 15 Bereichen beleuchtet. Sie gibt den nationalen Rahmen für eine mittelfristige Anpassung an den Klimawandel vor und verankert so das Politikfeld Klimaanpassung in Deutschland. Zwei Monitoring-Berichte aus den Jahren 2015 und 2019 dokumentieren zum einen die Klimaentwicklung in Deutschland und zum anderen anhand so genannter *Impact*-Indikatoren die Auswirkungen des Klimawandels und mit *Response*-Indikatoren die Anpassungen in den vom Klimawandel betroffenen Handlungsfeldern. Zur Förderung von Klimaanpassung existiert das Programm „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ des Bundesumweltministeriums. Erfolgreiche Maßnahmen, auch aus Städten, werden in der „Tatenbank“ des Umweltbundesamtes² präsentiert. Des Weiteren bietet der online-Leitfaden „Klimalotse“³ des Umweltbundesamtes Unterstützung für Kommunen bei der Anpassung an den Klimawandel.

Parallel zu den Initiativen des Bundes entwickeln die Bundesländer eigene Anpassungsaktivitäten. Die Landesregierung Baden-Württembergs hat 2015 eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel veröffentlicht. Sie stellt landesweit Risiken und Chancen der Folgen des Klimawandels dar und leitet hieraus Empfehlungen für mögliche Anpassungsmaßnahmen ab. Die Monitoring-Berichte zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg fassen die Entwicklung der Klimakennwerte, die Klimafolgen- und die Anpassungsindikatoren im Land zusammen und beschreiben den Umsetzungsstand der Anpassungsstrategie. Forschungs- und Förderprogramme unterstützen auch auf der Landes-Ebene die Forschung zu den Folgen des Klimawandels in einzelnen Sektoren und die Umsetzung von Maßnahmen vor Ort. Die Förderrichtlinie KLIMOPASS („Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“⁴) adressiert vor allem die Zielgruppe Kommunen.

Die Stadt Karlsruhe hat bereits 2008 einen ersten Bericht „Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe“ als Zusammenfassung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und möglicher Folgen der Klimaänderungen im Karlsruher Raum erstellt. Im Jahr 2013 wurde die Anpassungsstrategie „Anpassung an den Klimawandel – Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe“ erarbeitet und nach dem politischen Beschluss im Gemeinderat veröffentlicht. Sie hat für insgesamt 16 Handlungsfelder als umfassende Bestandsaufnahme die Folgen des Klimawandels dokumentiert und bis dahin umgesetzte Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sowie strategische Ansätze für weitere lokale Maßnahmen dargestellt. Die Karlsruher Strategie war eine der ersten städtischen Konzepte zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland. Erkennbar war bereits damals, dass viele Maßnahmen schon seit langem durchgeführt wurden, aber unter dem Klimawandel einen neuen Stellenwert bekommen haben. Des Weiteren wurden damals 55 neue Maßnahmen benannt.

¹ <https://climate-adapt.eea.europa.eu> (Zugriff: 30. März 2021)

² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank> (Zugriff: 30. März 2021)

³ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/klimalotse#Einführung> (Zugriff: 30. März 2021)

⁴ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimawandel/klimawandel-in-baden-wuerttemberg/klimaforschung/klimopass> (Zugriff: 30. März 2021)

2. Klimaanpassungsstrategie 2021 – Rahmenbedingungen, Erarbeitungsprozess, Entwicklungspotentiale

Inhalt der Klimaanpassungsstrategie 2021 ist es, den Stand der Klimaanpassung sowie die zukünftigen Handlungsansätze umfänglich und differenziert zu dokumentieren. Wichtiger Teil ist zudem das Monitoring sowohl der Klimaentwicklung als auch der Klimafolgen und der Maßnahmenumsetzung.

Schwerpunkte und Ziele

Ein Schwerpunkt der Klimaanpassungsstrategie 2021 ist die Vorsorge vor Hitze. Dies umfasst sowohl die Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit als auch die fachlich-inhaltliche Arbeit, Stichworte hierzu sind Stadt- und Grünplanung genauso wie Nachbarschaftshilfe und neue Formate der Öffentlichkeitsarbeit. Wichtigste neue Maßnahme in diesem Bereich ist die Konzeption und Erstellung eines Hitzeaktionsplans (GE-8).

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Umgang mit Trockenheit und deren Folgen, vor allem im Wald (siehe Maßnahme W-1: Umsetzung des Konzepts zur Klimaanpassung für den Stadtwald) sowie mit Blick auf die Stadtbäume (siehe Maßnahmen im Handlungsfeld 5.8 Stadtgrün). Die Vorsorge vor Starkregen und der Hochwasserschutz sind weitere wichtige Anliegen, die vor allem durch die Maßnahmen im Handlungsfeld 5.12 Stadtentwässerung und 5.10 Oberflächengewässer umgesetzt werden.

Während einige Maßnahmen stadtweit ausgerollt werden, beispielsweise im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit, werden andere, insbesondere in Stadtplanung und Städtebau und in Bereich des Stadtgrüns fallbezogen und ortskonkret ausgestaltet. Sie müssen für jeden Einzelfall im Gefüge anderer Ziele und damit einhergehender Zielkonflikte ausgerichtet werden. Die Umsetzung der im Städtebaulichen Rahmenplan Klimaanpassung (siehe Maßnahme SP-4) formulierten Maßnahmenvorschläge ist dabei das zentrale Anliegen. Hierzu sollen die stadtklimatischen Belange zukünftig in den verschiedenen Planungsinstrumenten noch stärker einbezogen und verankert werden und entsprechende Vorschläge zur Klimaanpassung deutlicher formuliert werden – auch, um den politischen Entscheidungsträgern eine noch bessere Entscheidungsgrundlage für die politische Prioritätensetzung vorzulegen.

Übergeordnetes Ziel aller Maßnahmen ist es, dass Karlsruhe weiterhin ein Wohnort mit hoher Lebensqualität und eine grüne Stadt ist.

Karlsruhe hat als eine der wärmsten Städte Deutschlands schon heute eine besondere stadtklimatische Position. Der Belang Klimaanpassung muss gestärkt werden. Im Vordergrund dürfen nicht nur die Reaktion auf Klimaänderungen und das Management der Folgen stehen, sondern es bedarf einer proaktiven, antizipierenden Maßnahmenumsetzung.

Rahmenbedingungen

Die Anpassung an den Klimawandel ist ein hochgradig interdisziplinäres Thema. Entsprechend ist eine Vielzahl von städtischen Dienststellen und Gesellschaften an der Umsetzung von Maßnahmen beteiligt. Naturgemäß ist in einer Strategie eine Strukturierung der Inhalte notwendig, daher erfolgt die Zusammenfassung in Handlungsfeldern. Diese werden weit aufgespannt, da selbst in einzelnen Handlungsfeldern oft ganz unterschiedliche Herausforderungen adressiert werden müssen und damit verbunden ganz unterschiedliche Aktivitäten darin zusammengefasst sind. Ein Beispiel hierfür ist das Handlungsfeld Stadtgrün: Maßnahmen zur Begrünung und Beschattung sind ein zentrales Element der klimaangepassten Stadtgestaltung. Gleichzeitig sind städtische Bäume und Grünflächen aber auch von Klimaänderungen betroffen, weil Hitze und Trockenheit Schäden verursachen. Dieses Handlungsfeld beinhaltet folglich alle Ansätze zu Erhalt, Weiterentwicklung und Neuschaffung von Stadtgrün ebenso wie die Themen Klimaangepasste Bäume und Bewässerungskonzepte. Genauso können mehrere unterschiedliche Stellen an der Umsetzung einer einzigen Maßnahme beteiligt sein. Das gilt zum einen für Maßnahmen mit hohem Abstimmungsbedarf und unterschiedlichen fachlichen Zuständigkeiten, beispielsweise im Bereich der Bauleitplanung oder der Verkehrsinfrastruktur. Zum anderen

betrifft es Maßnahmen, die die eigenständige Umsetzung durch mehrere Stellen für ihren jeweiligen Arbeitsbereich umfassen, beispielsweise im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit.

Die Verzahnung zwischen den Handlungsfeldern und die dienststellenübergreifende Zusammenarbeit ist daher ein wichtiges Charakteristikum der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Eng verbunden damit sind der Umgang mit Zielkonflikten und die Intention, Synergien zu nutzen (s. unten).

Für die erfolgreiche Bearbeitung des Querschnittsthemas Klimaanpassung ist allerdings nicht nur die Verankerung und Akzeptanz des Themas sowie die Vernetzung und Koordination innerhalb der Stadtverwaltung erforderlich. Übergeordnete Voraussetzung sind die entsprechenden Vorgaben der Politik. Es bedarf über die Äußerung des politischen Willens zur Klimaanpassung hinaus einer Prioritätensetzung bei der Abwägung unterschiedlicher Ziele bei konkreten Entscheidungen genauso wie einer ausreichenden finanziellen und personellen Ausstattung für die Maßnahmenumsetzung. Das gilt sowohl für die Investition, vor allem aber auch für die Folgekosten, die beispielsweise für Bäume, Grünflächen und Rasengleise für Pflege und Bewässerung entstehen. Damit geht einher, Klimaschutz und Klimaanpassung als Zielsetzung in alle Vorhaben der Stadt zu integrieren.

Für die Erstellung eines Konzeptes zur Klimaanpassung und die Umsetzung von Maßnahmen hat die Stadt Stuttgart⁵ folgende Erfolgsfaktoren identifiziert:

- „Der politische Wille von Gemeinderat und Bürgermeister zur Klimaanpassung muss sich eindeutig in den Beschlüssen zum Konzept (finanzielle und personelle Ressourcen, Zuständigkeiten) widerspiegeln.“
- „Bei der jeweiligen Institution (Amt, Eigenbetrieb) muss die Klimaanpassung ebenfalls eine hohe Priorität haben, ein fester Ansprechpartner (inkl. Zeit) für das Thema ist zu benennen.“
- „Die Zuständigkeiten und die interne Abstimmung zwischen den Ämtern müssen klar definiert sein, insbesondere bei Maßnahmen, die mehrere Ämter betreffen. Zielkonflikte sind durch eine übergeordnete Stelle zu entscheiden.“
- „Die Bewusstseinsbildung zum Thema ist innerhalb der Verwaltung, aber auch außerhalb (Bürgerschaft) durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit und -beteiligung laufend zu gewährleisten.“

Unabdingbar für alle Maßnahmenumsetzung ist die Rechtsgrundlage. Derzeit ist Klima Teil der Abwägung. Eine rechtliche Stärkung der Position der Städte müsste von übergeordneter Stelle durch Bund oder Land erfolgen. Denn bisher existiert kein Fachgesetz zum Klima und keine Grenzwerte, bei deren Überschreitung Maßnahmen zu ergreifen oder bauliche Eingriffe zu unterlassen wären. Dann wäre beispielsweise die Klimawirksamkeit von Flächen für die Nutzungsabwägung in der Stadt stärker zu berücksichtigen und ein entsprechender Ausgleich erforderlich.

Die bisherigen Instrumente im Planungsrecht werden schon genutzt (Flächennutzungsplan, Landschaftsplan, Bebauungspläne; siehe Kapitel 5.6 Stadtplanung und Städtebau). Sie sind aber beispielsweise im privaten Baurecht oder bei der Kontrolle der Umsetzung noch unzureichend.

Daher sind bei gewünschten Klimaanpassungsmaßnahmen auf bestimmten Flächen die Eigentumsverhältnisse entscheidend. Für private Flächen und Gebäude ist die Einflussmöglichkeit der Stadt begrenzt und auf Informationsangebote beschränkt.

Die Klimaanpassung in der Stadt bewegt sich somit in der Spannbreite zwischen gesetzlichen Vorgaben und informellen Prozessen sowie – in Richtung der Bürgerinnen und Bürger – zwischen dem Aussprechen von Verboten und Geboten durch die Stadt auf Basis einer Rechtsgrundlage und der Motivation, Sensibilisierung und Förderung zur Verbreitung freiwilliger Maßnahmen.

Die beschriebenen Maßnahmen sind dabei entweder solche, die die Stadt Karlsruhe ohne gesetzliche Verpflichtung freiwillig zur Klimaanpassung durchführt (beispielsweise im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit) oder solche, in denen die bestehenden gesetzlichen Möglichkeiten genutzt werden, um die Klimaanpassung einzubringen (beispielsweise im Bereich der Bauleitplanung). Nicht mit eigenen Steckbriefen benannt werden Maßnahmen, die aufgrund von gesetzlichen Vorgaben ohnehin von der Kommune zu erbringen sind und zusätzlich zur Anpassung an den Klimawandel beitragen – beispielsweise im Bereich des Hochwasserschutzes.

Die Maßnahmen haben dabei ganz unterschiedliche Schwerpunkte, Zielsetzungen und Wirkungskreise. So erzielen einige Maßnahmen im gesamten Stadtgebiet direkte Effekte für die Klimaanpassung. Dazu zählen

⁵ Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie (2019): Studie zur Umsetzung von kommunalen Klimawandel-Anpassungsmaßnahmen in der Stadt Stuttgart. KLIMOPASS-Berichte, herausgegeben von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

beispielsweise die systematische Berücksichtigung von Stadtklima und Überflutungsgefährdung durch Starkregen in Planungsprozessen oder Begrünungsmaßnahmen im öffentlichen Raum. Auf der anderen Seite gibt es Maßnahmen, die eher auf eine Sensibilisierung der Bevölkerung abzielen und so indirekt die Klimaanpassung unterstützen. Dies geschieht durch verschiedene, zum Teil quartiersbezogene Maßnahmen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit, beispielsweise zu invasiven Arten, zur Gesundheitsvorsorge bei Hitze oder im Bevölkerungsschutz.

Synergien und Zielkonflikte

Entscheidungen zu Anpassungsmaßnahmen insbesondere in den Handlungsfeldern Stadtplanung und Städtebau und Stadtgrün bewegen sich immer im Spannungsfeld zwischen Nachverdichtung und Klimaanpassung, weil Karlsruhe eine wachsende Stadt ist. Da Raum gerade im verdichteten Stadtbereich knapp ist, treten Zielkonflikte auf. Ein weiteres Konfliktfeld liegt zwischen Erholungsfunktionen der Grünflächen und erforderlichen Restriktionen zu ihrem Schutz. In Bezug auf die Biodiversität können mehr Grünflächen zur klimaangepassten Stadtgestaltung auch eine positive Wirkung für die Biodiversität haben. Gleichzeitig leiden die heimischen Arten auch unter den Klimaänderungen. Insbesondere im Stadtwald gibt es gesellschaftlichen Diskussionsbedarf über die Zielwaldökosysteme und ob und welche nicht-heimischen Baumarten eingebracht werden dürfen, die zwar als trocken- und hitzeresistenter gelten, aber aus Naturschutzsicht kritisch bewertet werden.

Zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung bestehen sowohl Synergien, beispielsweise zwischen Wärmedämmung und Wärmeschutz bei Gebäuden, als auch Konflikte, beispielsweise der Verschattung von potentiellen Solaranlagen durch Bäume oder der Entscheidung, ob Fassaden für Photovoltaik oder für Fassadenbegrünung genutzt werden sollen.

Grundsätzlich gilt es, die Synergien noch stärker zu nutzen, beispielsweise die Doppelnutzung von Gründächern mit Photovoltaikanlagen, die durch niedrigere Dachttemperaturen eine höhere Effizienz erreichen.

Wichtig ist es grundsätzlich immer, Themen zusammen zu denken, und so beispielsweise bei der Transformation von Straßenräumen auch Aspekten der Klimaanpassung Rechnung zu tragen.

Erarbeitung der Klimaanpassungsstrategie 2021

Die Frage, wie die Stadt Karlsruhe mit dem Klimawandel und seinen Folgen umgeht, wird schon seit vielen Jahren bearbeitet. Dabei hat die Klimaanpassung, ebenso wie der Klimaschutz, für die Stadt an Bedeutung gewonnen. Ein neues Klimaschutzkonzept hat Karlsruhe 2020 verabschiedet, 2021 wurde die Fortschreibung der Klimaanpassungsstrategie vorgenommen.

Dazu wurden zunächst die Klimaentwicklung in Karlsruhe und die Folgen des Klimawandels anhand verschiedener Indikatoren dokumentiert. Die Maßnahmen wurden in Bezug auf ihren Umsetzungsstand dokumentiert und die wichtigsten Informationen zur Maßnahme in Steckbriefen zusammengefasst. Innerhalb der Stadtverwaltung wurden darüber hinaus neue Maßnahmen abgestimmt, die in Zukunft angegangen werden.

Der Entwurf wurde in zwei Beteiligungsveranstaltungen einem Expertenkreis sowie ehrenamtlichen Gruppen der Karlsruher Stadtgesellschaft vorgestellt und die Möglichkeit zur Kommentierung gegeben.

Beteiligungsprozess

Am 12. Februar 2021 wurde ein digitaler Ideen- und Erfahrungsaustausch mit 45 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Wissenschaft, Praxis und Verwaltung organisiert. An einer Online-Umfrage „Aus welchem Arbeitsbereich kommen Sie“ zum Veranstaltungsbeginn nahmen 33 Personen teil. Sie ordneten sich dem Bereich Wissenschaft (14 Personen), Ingenieur-/Planungs-/Gutachterbüros (3), der Stadtverwaltung Karlsruhe (12) und der öffentlichen Verwaltung (4 Personen) zu.

Ziele der Veranstaltung waren: einen professionellen Blick von außen auf den Entwurf der Klimaanpassungsstrategie zu erhalten; die Handlungsfelder und Maßnahmen zu identifizieren, die aus Expertensicht in Karlsruhe am wichtigsten sind und für welche die größten Potentiale gesehen werden; Kenntnis über bestehende Forschungsergebnisse und gute Beispiele zu erhalten, die auch für Karlsruhe die Wissensgrundlage zu konkreten Maßnahmen erweitern können; auch Hemmnisse bei der Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse in die städtische Praxis sowie offene Forschungsfragen zu diskutieren.

Folgende Fragen wurden im Anschluss an eine Information zur Karlsruher Klimaanpassungsstrategie und den verfolgten Schwerpunkten in Kleingruppen diskutiert:

1. Was gefällt Ihnen an der Strategie? Fehlt etwas?
2. Was ist das Innovativste, dass Sie zur Klimaanpassung kennen? Was darf in keiner Stadt fehlen (Datengrundlagen, Maßnahmen)?
3. Welche bestehenden wissenschaftlichen Ergebnisse kann/sollte Karlsruhe (verstärkt) nutzen?
4. Kommen wissenschaftliche Ergebnisse in Städten noch zu selten in die Umsetzung? Wenn ja, warum?
5. Welche offenen Forschungsfragen zur Anpassung an den Klimawandel in Städten gibt es, speziell mit Blick auf Karlsruhe?

Neben der Rückmeldung von Personen, die beruflich mit der Klimaanpassung in Berührung sind, sind auch die Ideen der Bürgerschaft aufgenommen worden. Denn Klimaanpassung ist kein alleiniges Thema von Stadtverwaltung, Politik und Wissenschaft, sondern braucht die gesamtgesellschaftliche Unterstützung. Entsprechend ist der Wunsch, dass auch die Klimaanpassungsstrategie von den Karlsruher Bürgerinnen und Bürgern mitgetragen wird.

Am 8. März 2021 fand eine digitale Veranstaltung mit Vertreterinnen und Vertretern ehrenamtlicher Gruppen aus der Karlsruher Bürgerschaft statt. 72 Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten sich dafür angemeldet. An der Online-Umfrage „Welchem Bereich ordnen Sie sich zu“ zum Veranstaltungsbeginn nahmen 40 Personen teil. Die Antworten entfielen auf Stadtgesellschaft und Bürgervereine (7 Personen), Naturschutzverbände und Umweltgruppen (9), Klima-Gruppierung (8), Stadtverwaltung Karlsruhe (9) und sonstige (7 Personen). Die Gruppen sind vor allem in der Gesamtstadt aktiv, aber auch Gruppen aus einzelnen Stadtteilen waren vertreten. Ziele des Abends waren die Information über den Entwurf der Klimaanpassungsstrategie und die Möglichkeit zur Kommentierung. In Kleingruppenarbeit hatten die Ehrenamtlichen die Möglichkeit, Ihre Belange einzubringen, insbesondere zu den Fragen

1. Wo sehen Sie sich vom Klimawandel betroffen? Ist Klimaanpassung für Sie ein Thema?
2. Adressieren die vorgesehenen Maßnahmen diese Betroffenheit?
3. Wie können Sie mit Ihrer Gruppe die Umsetzung konkreter Maßnahmen unterstützen?

Ergebnisse aus der Beteiligung

In beiden Beteiligungsveranstaltungen wurde die Frage „In welchem Handlungsfeld gibt es für Karlsruhe das größte Anpassungspotential?“ online zur Abstimmung gestellt.

Die Ergebnisse (Abbildung 1) zeigen, dass sowohl die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Expertenworkshop als auch die ehrenamtlichen Gruppen die Handlungsfelder Stadtplanung und Städtebau, Gebäude und Stadtgrün als die wichtigsten bewerteten. Insgesamt sind die Einschätzungen relativ ähnlich, auch wenn sie sich für einzelne Handlungsfelder deutlich unterscheiden.

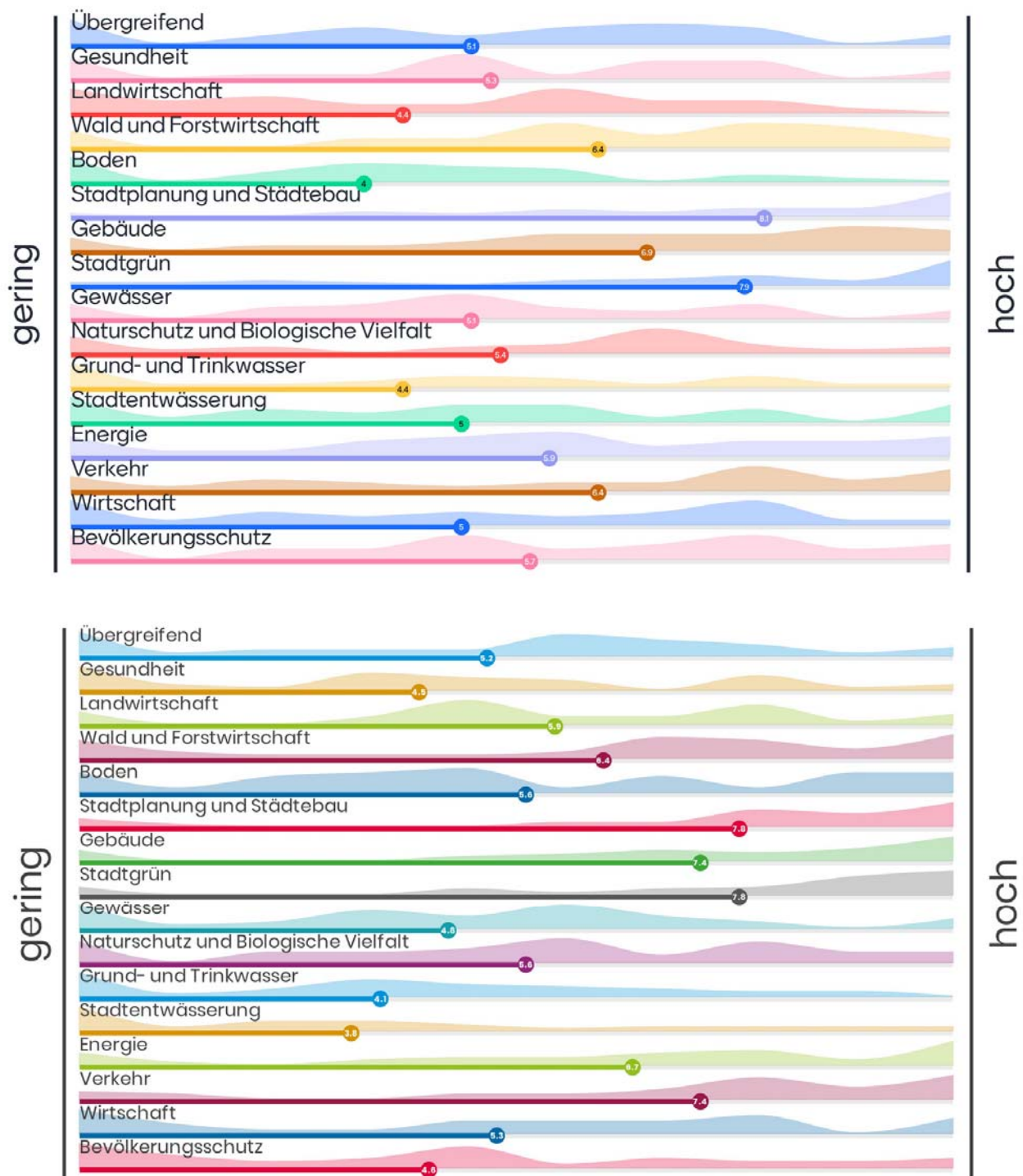


Abbildung 1: Antworten auf die Frage „In welchem Handlungsfeld gibt es für Karlsruhe das größte Anpassungspotential?“ der Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Expertenworkshop (oben, n=31) und am Workshop mit ehrenamtlichen Gruppen (unten, n=39). Für jedes Handlungsfeld konnte eine Zahl zwischen 1 (gering) und 10 (hoch) ausgewählt werden. Dargestellt sind sowohl die Verteilungen der Antworten für jedes Handlungsfeld als Fläche als auch der Mittelwert als Punkt.

Insbesondere der Blick aus der Wissenschaft und Praxis war eine wichtige Bestätigung, dass die verfolgten Ansätze der Klimaanpassungsstrategie als richtig und sinnvoll bewertet werden. Darüber hinaus hat der Workshop wertvolle Ergänzungen zur Gesamtdarstellung der Strategie, Monitoring und Evaluation sowie Ansätze zur Positionierung der Klimaanpassung auch gegenüber anderen Zielen der Stadtverwaltung erbracht. Ebenso wurden zahlreiche Entwicklungspotentiale, Beispiele aus anderen Städten sowie offene Fragen in Bezug auf die Klimaanpassung in Städten benannt, die die Stadtverwaltung in Hinblick auf zukünftige Ansätze und die zukünftige strategische Weiterentwicklung mitnehmen und im Blick behalten wird.

In der Veranstaltung mit Vertreterinnen und Vertretern der ehrenamtlichen Gruppen wurde die eigene Betroffenheit vor allem in Bezug auf Belastungen durch Hitze und Wirkungen auf Pflanzen, Tiere und Ökosysteme beschrieben. Konkrete Nennungen bezogen sich unter anderem auf folgende Aspekte:

- „mehr Hitze – weniger Lebensqualität“
- Hitze in Gebäuden und Stadtvierteln, insbesondere mit enger Bebauung und prekärer Wohnsituation;
- Konflikte zwischen Hitze und Lärm: durch Bahnlinie Lüften nicht möglich
- Belastung durch Hitze in Hinblick auf vulnerable Personen, für Ältere und Menschen mit Behinderung; Ziel muss sein, den Personen trotzdem die Möglichkeit zu geben, aus ihrer Wohnung und unter Menschen kommen (beispielsweise wohnungsnah kühle Räume; wohnungsnah Grünflächen)
- Wie kann trotz Hitze die gesellschaftliche Teilhabe funktionieren? Zielkonflikte beispielsweise bei Bewegungsförderung von Kindern an heißen Tagen
- Hitze im ÖPNV, heiße Straßenbahnen
- Mitarbeiter-Gesundheit bei Personen, die im Freien arbeiten
- Schlechte Luftqualität im Sommer in der Stadt (vor allem am Abend)
- zunehmende Versiegelung und Vorrang des Autoverkehrs; Bauvorhaben und Straßen(bahn)bau fallen viele Bäume zum Opfer, keine Rücksicht auf Baumerhaltung bei Stadtplanung
- Verlust von Bäumen wird nicht ausreichend ersetzt, Ersatzbäume brauchen 50 Jahre, um gleiche Wirkung entfalten zu können
- "natürliche" Grünflächen unbedingt erhalten und nicht umnutzen und zusätzlich ausbauen, da sie vielfältige wichtige Funktionen haben
- Bestehendes Verbot von Schottergärten in Kleingärten; Empfehlungen für grüne Gärten
- Marktplatz als Negativbeispiel für Klimaanpassung
- Abnahme der Artenvielfalt, zum Beispiel in der Alb, ebenso werden keine Kiebitze mehr beobachtet; Vegetationsveränderungen,
- Baumschäden durch Dürreperioden im Sommer
- Bodenzustand verschlechtert sich durch zunehmende Trockenheit/Dürre
- Kleingärten sollten als Orte für Biodiversität und wichtige Luft-Verbesserer gefestigt werden
- Wasserknappheit, Wassermanagement: bevorraten für Bewässerung, um Transport zu vermeiden
- „Extreme nehmen zu“

Es wurde deutlich, dass bei vielen Entscheidungen, insbesondere bei der Stadtentwicklung der Klimaanpassung nach Einschätzung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu wenig Gewicht eingeräumt wird. Kritik wurde außerdem daran geäußert, dass die Umsetzung der Maßnahmen nicht schnell genug vorankomme und diese zudem kontrolliert werden müsse.

Konkrete Anregungen und Unterstützungsangebote der ehrenamtlichen Gruppen für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sind in Maßnahme „Ü-5: Neue Informationsformate zu Themen der Klimaanpassung vor Ort“ aufgenommen worden.

Grundlagen für die Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe

Für Entscheidungen zum Erhalt eines angenehmen Stadtklimas und zur Anpassung an den Klimawandel ist Karlsruhe bereits breit aufgestellt. Neben der Klimaanpassungsstrategie von 2013 bilden Klimafunktionskarte und Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung hierfür die Grundlage.

Die Klimafunktionskarte des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe (Abbildung 2) gibt Aufschluss über das heutige Karlsruher Lokalklima. Sie enthält die Quantifizierung von Kaltluftflüssen im Stadtgebiet und die bioklimatische Belastung der einzelnen Stadtquartiere. Die Karte zum Schutzgut Klima bietet zusätzlich Informationen über die Empfindlichkeit des Schutzgutes Klima gegenüber Nutzungsintensivierung und Bebauung.⁶

⁶ Die Klimafunktionskarte und die Karte zum Schutzgut Klima sind online einsehbar: <https://geoportal.karlsruhe.de/nvk/> (Zugriff: 8. Dezember 2020)

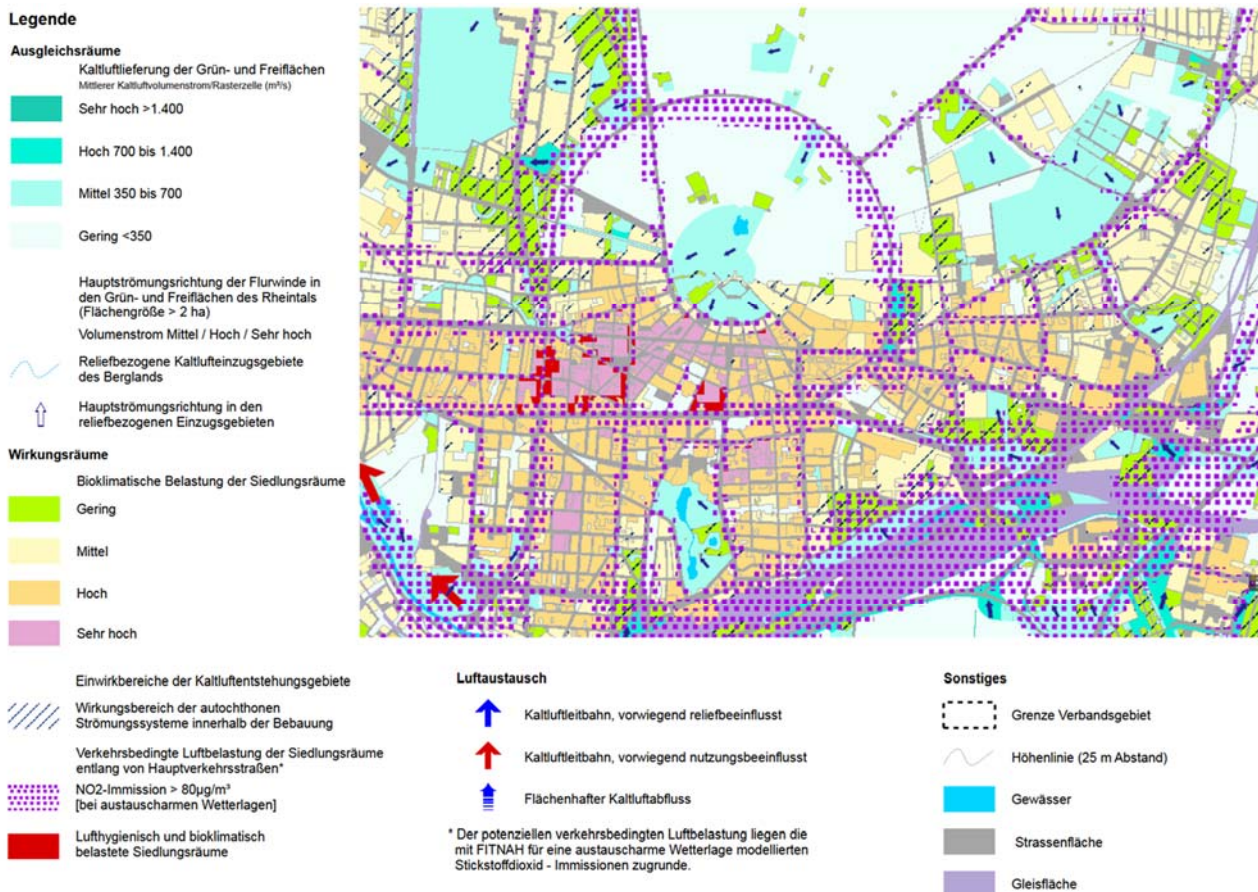


Abbildung 2: Klimafunktionskarte des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe. Quelle: www.geoportal.karlsruhe.de/nvk

Mit konkreter Zielsetzung der Klimaanpassung weist der Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung aus dem Jahr 2015 für die verschiedenen Stadtstrukturtypen im Karlsruher Stadtgebiet jeweils geeignete Maßnahmen zur Klimaanpassung im Handlungsfeld Stadtplanung und Städtebau aus. Er wurde als „sonstige städtebauliche Planung“ nach Baugesetzbuch § 1 Abs. 6, Nr. 11 vom Gemeinderat beschlossen und findet damit bei der Abwägung im Rahmen der Bauleitplanung genauso wie bei städtebaulichen Sanierungsvorhaben und Wettbewerben Berücksichtigung (siehe Maßnahme SP-4: Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung). Der Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung ist beispielhaft auch für andere Städte. Ähnliche Pläne wurden in Freiburg und Zürich erstellt. Rahmenplan und Klimaanpassungsstrategie schaffen, mit den jeweils zugehörigen Gemeinderatsbeschlüssen, Verbindlichkeit.

Die Anpassung an den Klimawandel wird darüber hinaus in verschiedenen weiteren Strategien und Konzepten der Stadt Karlsruhe berücksichtigt. Dazu gehören das Räumliche Leitbild Karlsruhe, das Höhenentwicklungskonzept, quartiersbezogene Rahmenpläne (siehe Kapitel 4.6 Handlungsfeld Stadtplanung und Städtebau), der Freiraumentwicklungsplan (Kapitel 4.8 Handlungsfeld Stadtgrün), das Biodiversitätskonzept (Kapitel 4.9 Handlungsfeld Naturschutz und Erhaltung und Förderung der Biologischen Vielfalt) und das Konzept zur Klimaanpassung für den Stadtwald (Kapitel 4.4 Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft). Denn bei vielen Maßnahmen zur Klimaanpassung bestehen Synergien zu anderen Zielsetzungen, beispielsweise mit der Biodiversität, dem Klimaschutz und der Erhöhung der Lebensqualität durch mehr städtisches Grün. All diese Konzepte und Planwerke erlauben im Stadtgebiet die am besten geeigneten Maßnahmen zur Klimaanpassung zu definieren, zu verorten und zu priorisieren.

Monitoring und Evaluation der Maßnahmenumsetzung, Quantifizierung der Wirkung von Maßnahmen, Kosten-Nutzen-Bewertung

Wichtiger Teil der Klimaanpassungsstrategie 2021 ist das Monitoring wie auch die Fortschrittsdokumentation bei der Maßnahmenumsetzung. Denn fundierte Daten sowohl zur Klimaentwicklung (Das Karlsruher Klima und Indikatoren zur Klimaentwicklung) als auch zu auftretenden Auswirkungen in Karlsruhe unterstreichen die Notwendigkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen und liefern eine Argumentationsgrundlage für ihre Umsetzung (siehe Kapitel 4. Indikatoren zu den Folgen des Klimawandels und zur Anpassung in Karlsruhe). Die Anpassungsindikatoren erlauben eine Bewertung der bisherigen Aktivitäten. Ebenso enthalten die Steckbriefe des Maßnahmenkatalogs die Beschreibung von Beteiligten, Zeitbedarf, Kosten, notwendigen Schritten/Abstimmungen/Beschlüssen, Hindernissen, Erfolg und Bewertung (siehe Klimaanpassungsstrategie 2021, Teil 2: Umsetzungsstand der Maßnahmen und Ausblick). Um die „Kommunale Klimaanpassung“ insgesamt zu bewerten, wurde der gleichnamige Indikator zu den Nachhaltigkeitszielen (*Sustainable Development Goals*) der Vereinten Nationen erhoben (siehe Kapitel 4. Indikatoren zu den Folgen des Klimawandels und zur Anpassung in Karlsruhe).

Hinsichtlich des Monitorings und der Evaluation zum Erfolg der Klimaanpassungsstrategie und der einzelnen Maßnahmen beruht die Bewertung jeder Maßnahme häufiger auf einer qualitativen Einschätzung aufgrund von fachlicher Erfahrung als auf einer quantitativen Messung. Die Evaluation der Klimaanpassungsmaßnahmen adressiert daher eher den Prozess der Anpassung und benennt Zielgrößen für die Umsetzung. Dies liegt an der generellen Problematik einer Erfolgsmessung von Klimaanpassung. Die Zielsetzung von Klimaanpassung besteht grundsätzlich darin, negative Folgen einer Klimaänderung zu vermeiden, das heißt auch hier kann nur schwierig eine Zielgröße für die Wirksamkeit im Sinne einer Änderung zum jetzigen Zustand benannt werden. Normalerweise besteht keine Möglichkeit, die Situation mit und ohne eine Maßnahme in der Realität zu vergleichen. Einschätzungen über die Wirksamkeit einer Maßnahme sind daher, wenn überhaupt, nur durch Modellsimulationen zu treffen.

Nichtsdestotrotz ist eine Quantifizierung der Wirkung von Maßnahmen und eine anschließende Priorisierung – im Sinne einer Kosten-Nutzen-Abschätzung und Bilanzierung – wünschenswert. Dabei sind kurz-, mittel- und langfristige Wirkungen zu berücksichtigen. Indikatoren hierzu fehlen in der kommunalen Praxis bisher oder sind ungenau.

Insbesondere die Erkenntnisse zur Monetarisierung von positiven Wirkungen auf das Klima wie auch den anschließenden Aspekten Gesundheit und Lebensqualität können bisher aufgrund fehlender Methoden für die kommunale Anwendung nicht berücksichtigt werden. So unterliegen die Belastungsfaktoren keiner objektiven Bewertung, denn die Auswirkungen vieler Maßnahmen sind schwer messbar, aber dennoch vorhanden. Hier sind Standards erforderlich, die auf Landes- und Bundesebene zu entwickeln wären.

Wichtig wäre dabei, die vermiedenen Klimawandelkosten als bessere Entscheidungsgrundlage für politische Entscheidungsträger auf kleinere Strukturen und lokale Ebenen herunterzubrechen.

Ansätze für die Zukunft könnten sein, noch stärker eine wissenschaftliche und/oder fachliche Begleitung von Maßnahmen unter den Gesichtspunkten Monitoring und Evaluation in die Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen einzubeziehen. Lokale wissenschaftliche Projekte und Messungen an bestimmten Orten könnten die Ableitung von Handlungsempfehlungen unterstützen.

Entwicklungspotentiale

Nachstehend werden Fragestellungen und Themenfelder benannt, die zukünftig im Blick behalten werden und möglicherweise in die Entwicklung zukünftiger Maßnahmen münden werden. Manche wurden bisher noch nicht konkret diskutiert, sondern sind lediglich aus anderen Städten oder wissenschaftlichen Publikationen bekannt, manche sind schon konkreter angedacht und nur noch nicht weit genug, um sie zum jetzigen Zeitpunkt in eine eigene Maßnahme zu fassen. Die Auswahl ist weder als vollständig noch als abschließend zu verstehen.

Wichtige Punkte sind die oben benannten Aspekte Wirkungsanalyse von Maßnahmen, beispielsweise die Quantifizierung verschiedener Grünformen anhand ihrer Effekte zur Kühlung und Klimaanpassung, Kosten-Nutzen-Betrachtungen und Maßnahmeevaluation.

Darüber hinaus wurden insbesondere in der Beteiligung der Fachexperten zahlreiche Themen für die zukünftige Entwicklung der Klimaanpassungsstrategie benannt, die von Seiten der Stadtverwaltung im Blick behalten werden sollen, darunter:

- Hitze und Trockenheit gemeinsam denken: Bewässern oder Pflanzen, die besser angepasst sind, verwenden? Naturnahes Speichern von Wasser nach Starkregenereignissen, Böden als Wasserspeicher entwickeln
- „der Natur Räume zurückgeben“
- Biomassenutzung
- Klimaangepasste Gebäude: Gebäudetechnik, Grauwassernutzung, Regenwasserspeicherung, Verdunstungsleistung fördern
- Klimaanpassung und Luftqualität: Baumpflanzungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf Luftqualität bedenken, Schadstoffsituation unter Bäumen betrachten
- Resiliente Infrastruktur
- Verbindung Forschung – Anwendung stärken: bessere Rückkoppelung von kommunalen Fragestellungen und Wissenschaft, Übersetzungsleistung zum Transfer von Wissenschaftsergebnissen in die Gesellschaft; Reallabore; Umsetzung von Ideen aus der Forschung bei nicht normierten Verfahren und Bauweisen, Großbauprojekte mit wissenschaftlichen Begleitgremien durchführen; finanzielle Förderung für die wissenschaftliche Begleitung von Maßnahmen, bisher kein Landes- oder Bundes-Förderprogramm
- Klimamonitoring: gefühlte Temperatur berücksichtigen; Klimamessstation in der Stadt einrichten, kontinuierliche Messungen, auch von Bodenwassergehalt und Baumzuständen, Einsatz einfacherer, dafür flächendeckender Messsysteme
- Klimaprojektionen/Klimaszenarien: verschiedene Varianten der zukünftigen Stadtstruktur in Klimaszenarien; Klimaentwicklung in der Stadt bis 2100; Tag- und Nachtsituationen bei Maßnahmenentscheidung betrachten, da zum Teil gegenläufige Wirkungen, z.B. von dichten Baumpflanzungen; stadtweite kleinräumige Simulation
- Lernen von mediterranen Regionen, angepasst an hiesige Wetterbedingungen: engere Straßen und hohe Häuser zur Beschattung, Sonnensegel zwischen Häusern, helle Oberflächen von Dächern und Straßen...
- Themenfeld Starkregen und Wasserspeicherung: „Schwammstadt“-Ansätze; Wasser in die Stadt bringen; Regenwassermanagement
- Verbindung von Klimaanpassung mit Nachhaltigem Bauen: Leuchtturmprojekt für öffentliche Sichtbarkeit, Fassadenbegrünung, grüne Architektur, nachhaltiger Baustoff Holz, hybride Bauweise
- Daten und ihre Darstellung und Veröffentlichung: Digitalisierung der Städte, Visualisierung bereits vorhandener Daten wünschenswert, Daten in größerem Umfang als bisher im Internet für Bürgerinnen und Bürger öffentlich darstellen

3. Das Karlsruher Klima und Indikatoren zur Klimaentwicklung

Im Folgenden wird ein ausführlicher Rückblick auf die Klimaentwicklung in Karlsruhe gegeben: zum einen für die gesamte Zeitreihe seit Beginn der Messungen, zum anderen für die Zeit seit Veröffentlichung der ersten Karlsruher Klimaanpassungsstrategie 2013. Außerdem werden die Besonderheiten des Stadtklimas und die Ausprägung der Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land sowie innerhalb der Stadt beschrieben. Den Blick in die Zukunft erlauben die Projektionen regionaler Klimamodelle, deren Ergebnisse analysiert wurden.

Für die klimatologischen Zustände der Atmosphäre spielen neben den großräumigen Strömungsverhältnissen immer auch die Besonderheiten in der unmittelbaren Umgebung der Messgeräte eine wichtige Rolle; eine Hang-, Berg- oder Muldenlage nimmt über die dort charakteristischen lokalen Windzirkulationen direkt Einfluss auf die Messergebnisse. Es liegt auf der Hand, dass auch innerstädtische Standorte eine andere Beeinflussung erfahren als Stationen am Stadtrand oder in ganz unbebauter Umgebung. Die Erfassung meteorologischer Zustände reicht in Karlsruhe zurück bis ins 18. Jahrhundert. Vollständige Datensätze der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen liegen für die letzten rund 150 Jahre vor. Die Wetterstation wechselte während dieses Zeitraums mehrmals ihren Standort, bevor sie ihren Platz schließlich von 1977 bis 2008 in der Nordweststadt (Hertzstraße) fand. Durch die zunehmende Bebauung in der Umgebung erfüllte der Standort schließlich nicht mehr die Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Aufstellung repräsentativer meteorologischer Messstationen. Nach diesen Vorgaben muss eine Wetterstation nämlich repräsentativ für eine größere Umgebung sein und darf daher nicht durch Ortsspezifika wie Bebauung oder auch Bäume beeinflusst sein. Die routinemäßigen Messungen in der Hertzstraße wurden schließlich am 31. Oktober 2008 eingestellt. 7,5 Kilometer weiter im Südwesten erfolgte in der Nähe von Rheinstetten eine Neueinrichtung der Wetterstation, die seit dem 1. November 2008 die offiziellen Wetterdaten für Karlsruhe erfasst; auch bereits von 1948 bis 1985 befand sich dort eine Station. Weitere Messstationen in Karlsruhe mit kürzeren Zeitreihen betreiben die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) in der Nordweststadt und das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) für Agrarstandorte. Für alle diese Messstationen sind die Messdaten online frei verfügbar^{7,8,9}. Auch die Heinrich-Hübsch-Schule in der Innenstadt verfügt ebenso wie das Karlsruher Institut für Technologie auf dem Campus Süd über Messstationen. Diese sind allerdings beide auf Dächern installiert und unterliegen den besonderen Umgebungsbedingungen einer dicht bebauten innerstädtischen Lage. Die Messwerte sind daher nicht mit Messungen in Bodennähe vergleichbar, können aber für den Fall der Heinrich-Hübsch-Schule beispielsweise einen Hinweis auf die meteorologischen Bedingungen an den oberen Stockwerken der umgebenden Wohnbebauung geben. Die aktuellen Messwerte von der Messstation Heinrich-Hübsch-Schule sind auf der Webseite der Stadt Karlsruhe¹⁰ einsehbar.

3.1 Klimaentwicklung in Karlsruhe seit 1876

Zur Darstellung der Klimaentwicklung in Karlsruhe wird die kombinierte Zeitreihe herangezogen. Sie besteht zum einen aus den Messdaten der von 1876 bis 2008 im Stadtgebiet an einem jeweils unterschiedlichen Standort befindlichen Messstation und zum anderen aus den Messdaten der Station Rheinstetten von Ende 2008 bis 2019. Die Station in Rheinstetten im Monats- und Jahresmittel weist etwa 3 bis 4 Zehntelgrad niedrigere Temperaturen auf als die Station im Stadtgebiet von Karlsruhe. Dieser Unterschied ergibt sich insbesondere aus den häufig deutlich kühleren Nächten. Der Standort in Rheinstetten ist darüber hinaus im Mittel an allen Monaten rund 10 Prozent feuchter als ein Standort im Stadtgebiet Karlsruhe. Diese Besonderheiten sind bei der Interpretation der Messdaten zu berücksichtigen. Die klimatologischen Mittelwerte, die die Referenz für Vergleiche bilden, stammen jeweils aus dem Zeitraum 1961 bis 1990.

⁷ DWD-Messstationen: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html> (Zugriff: 30. März 2021)

⁸ LUBW-Messstation: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/> (Zugriff: 30. März 2021)

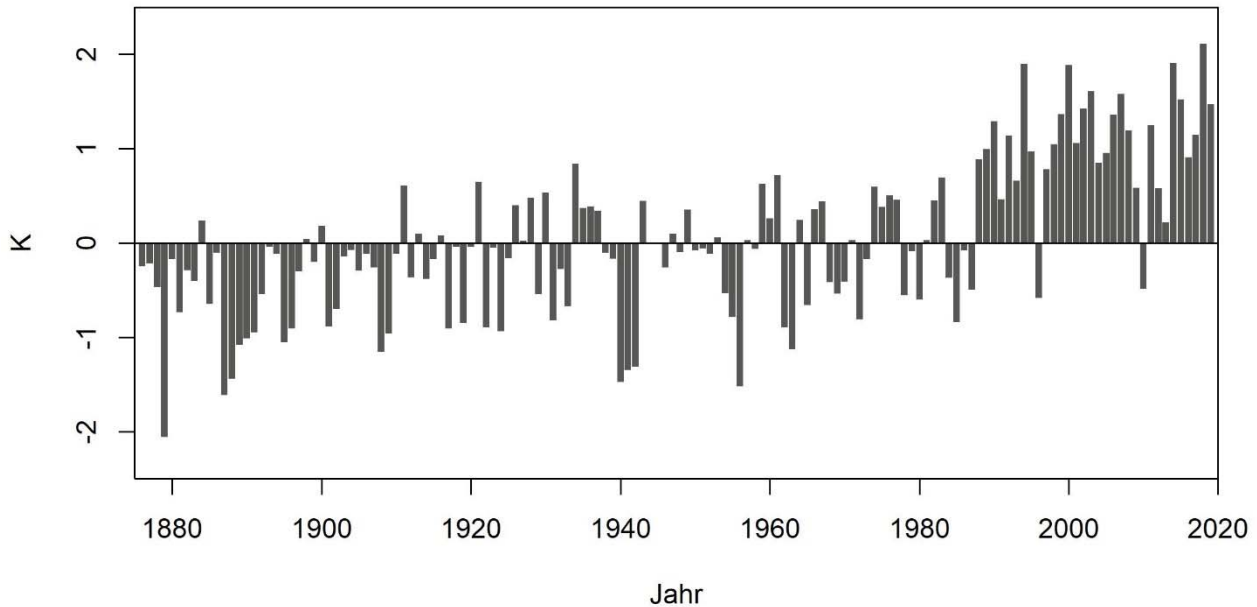
⁹ LTZ-Messstationen: www.wetter-bw.de (Zugriff: 30. März 2021)

¹⁰ <https://www.karlsruhe.de/b3/wetter> (Zugriff: 30. März 2021)

Temperatur

Der Oberrheingraben ist die wärmste Region Deutschlands. Daher ist es auch in Karlsruhe durchschnittlich wärmer als in den meisten anderen Städten. Bis zum Jahr 2015 hielt Karlsruhe zusammen mit Freiburg den Hitzerekord für Deutschland mit einer gemessenen Temperatur von 40,2°C im August 2003.

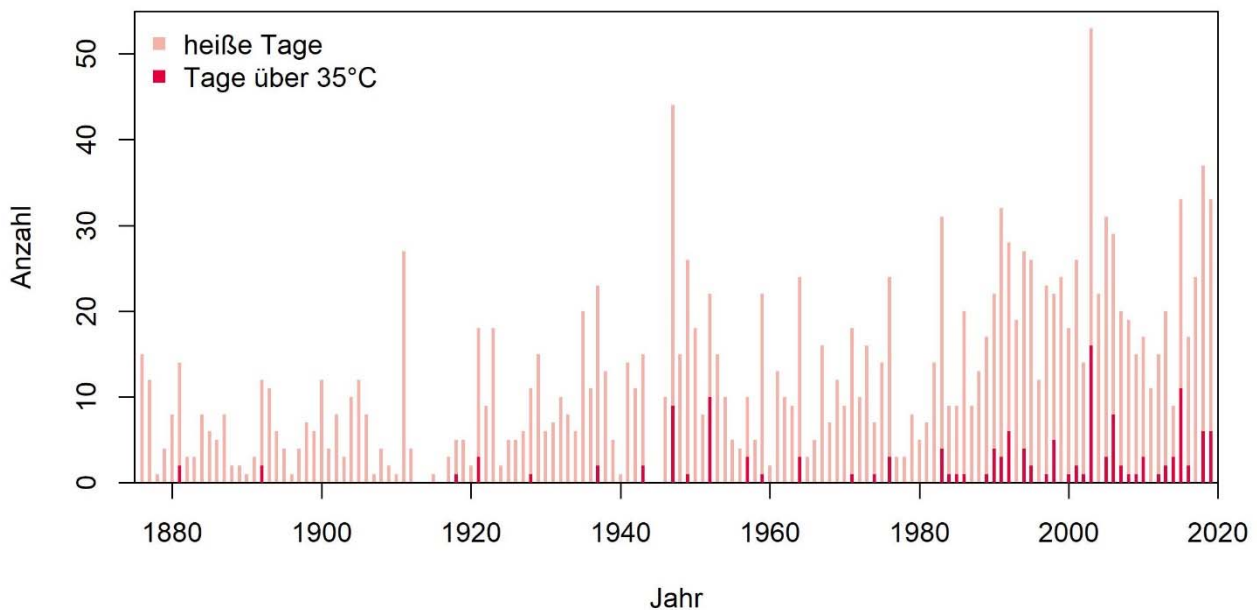
jährliche Temperaturabweichung gegenüber 1961 - 1990



Datenquelle: DWD, Messtation Karlsruhe (DWD) 1876-2008, Messtation Rheinstetten (DWD) 2009-2019

Abbildung 3: Abweichung der Jahresmitteltemperatur gegenüber dem klimatologischen Mittelwert der Jahre 1961 bis 1990 von 10,3°C. Seit 1990 waren nur die Jahre 1996 und 2010 kühler als der Mittelwert. Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Heiße Tage und Tage über 35°C in Karlsruhe



Datenquelle: DWD, Messtation Karlsruhe (DWD) 1876-2008, Messtation Rheinstetten (DWD) 2009-2019

Abbildung 4: Anzahl der Tage mit Temperaturen über 30°C (heiße Tage) und davon über 35°C pro Jahr. Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen lässt sich eine Temperaturzunahme beobachten. Die Jahresmitteltemperatur ist in den vergangenen 30 Jahren (1990 bis 2019) gegenüber dem klimatologischen Referenzzeitraum (1961 bis 1990) um mehr als 1°C gestiegen und betrug 11,4°C gegenüber 10,3°C. Die wärmsten Jahre waren 2018, 2014, 2000 und 1994 mit Jahresmitteltemperaturen von über 12°C (Abbildung 3). Mit der generellen Temperaturerhöhung geht eine höhere Anzahl von Tagen mit Temperaturen über bestimmten Grenzen, beziehungsweise eine niedrigere Anzahl von Tagen unter bestimmten Temperaturgrenzen einher. So hat sich die Anzahl der heißen Tage (Tage mit Höchsttemperatur über 30°C) von durchschnittlich zwölf Tagen pro Jahr im Zeitraum von 1961 bis 1990 auf durchschnittlich 23 im Zeitraum 1990 bis 2019 fast verdoppelt. Die Tage mit Temperaturen über 35°C haben sich zwischen beiden Zeiträumen vervielfacht (von durchschnittlich 0,7 auf 3,1) (Abbildung 4). Hitzeperioden sind sowohl häufiger als auch länger geworden. Auch die Zahl der Tropennächte (Tage mit einer Tiefsttemperatur nicht unter 20°C) hat sich erhöht. Im Stadtgebiet sind diese allerdings aufgrund der städtischen Wärmeinsel noch häufiger als an der repräsentativen Messstation. Zwischen den Jahren gibt es sehr große Unterschiede in Bezug auf die genannten Kennzahlen, die höchsten Werte wurden im Jahr 2003 verzeichnet, als 53 heiße Tage, 16 Tage mit Temperaturen über 35°C und sieben Tropennächte in Karlsruhe auftraten.

In der kalten Jahreszeit ist aufgrund der höheren Temperaturen entsprechend die Anzahl der Frosttage (Tage mit einer Tiefsttemperatur unter 0°C) und Eistagen (Tage mit einer Höchsttemperatur unter 0°C) zurückgegangen.

Niederschlag

Der Blick in die Vergangenheit zeigt für den Niederschlag kein so eindeutiges Bild wie für die Temperatur. Ein eindeutiger Trend lässt sich nicht erkennen, vielmehr ist die Schwankungsbreite der Niederschlagssummen von Jahr zu Jahr sehr hoch (Abbildung 5). Gegenüber dem klimatologischen Referenzzeitraum (1961 bis 1990) hat sich die durchschnittliche Jahressumme des Niederschlags in den vergangenen 30 Jahren (1990 bis 2019) leicht verringert, von 770 mm pro Jahr auf 752 mm. In den einzelnen Jahreszeiten gibt es Veränderungen um vier bis elf Prozent, mit einem Rückgang der mittleren Niederschlagsmengen im Frühjahr und Sommer und einen Anstieg im Herbst und Winter. Viel relevanter ist aber die hohe Variabilität der Niederschläge von Jahr zu Jahr. Ergänzend zu den Niederschlagssummen lässt die Anzahl der trockenen Tage, an denen weniger als 1 mm Niederschlag gefallen ist, Rückschlüsse über das Auftreten von Trockenperioden zu. Auch diese Zahlen zeigen starke Unterschiede von Jahr zu Jahr und auch zwischen den Jahreszeiten eines Jahres, aber keinen eindeutigen Trend über die gesamte Zeitreihe hinweg.

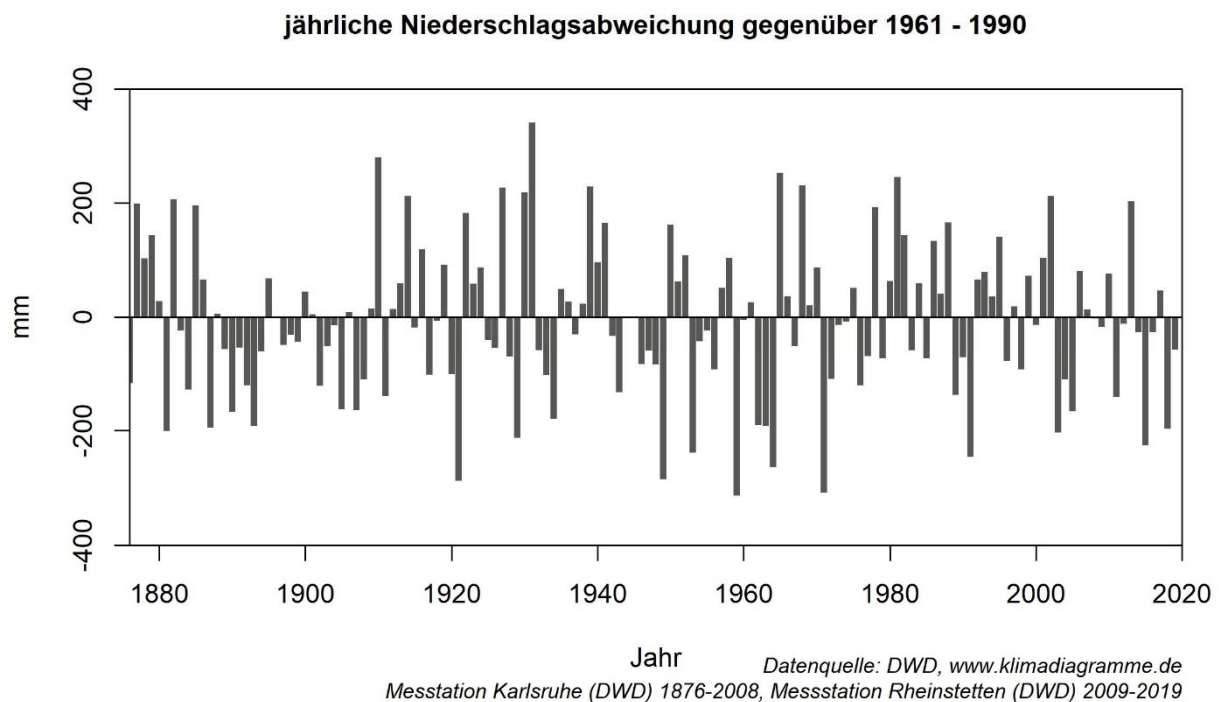


Abbildung 5: Abweichung der jährlichen Niederschlagssummen vom Mittelwert des klimatologischen Referenzzeitraums an der Messstation Karlsruhe 1961 bis 1990 (770 mm). Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Starkniederschläge mit Niederschlagssummen über 25 mm an einem Tag treten grundsätzlich in Karlsruhe selten auf. Aufgrund der seltenen Zahl an Ereignissen (meist höchstens fünf Ereignisse pro Jahr) ist hier ebenfalls kein eindeutiger Trend in der zeitlichen Entwicklung zu identifizieren (Abbildung 6).

Einhergehend mit weniger Frost- und Eistagen ist ein durchschnittlicher Rückgang der Tage mit Schneebedeckung zu beobachten. Die Unterschiede von Jahr zu Jahr sind dabei sehr groß und reichen von knapp 70 Tagen wie 1942, 1969 und 2010 bis zu keinem Tag, beispielsweise 1974.

Tage mit Starkniederschlag (> 25 mm) in Karlsruhe

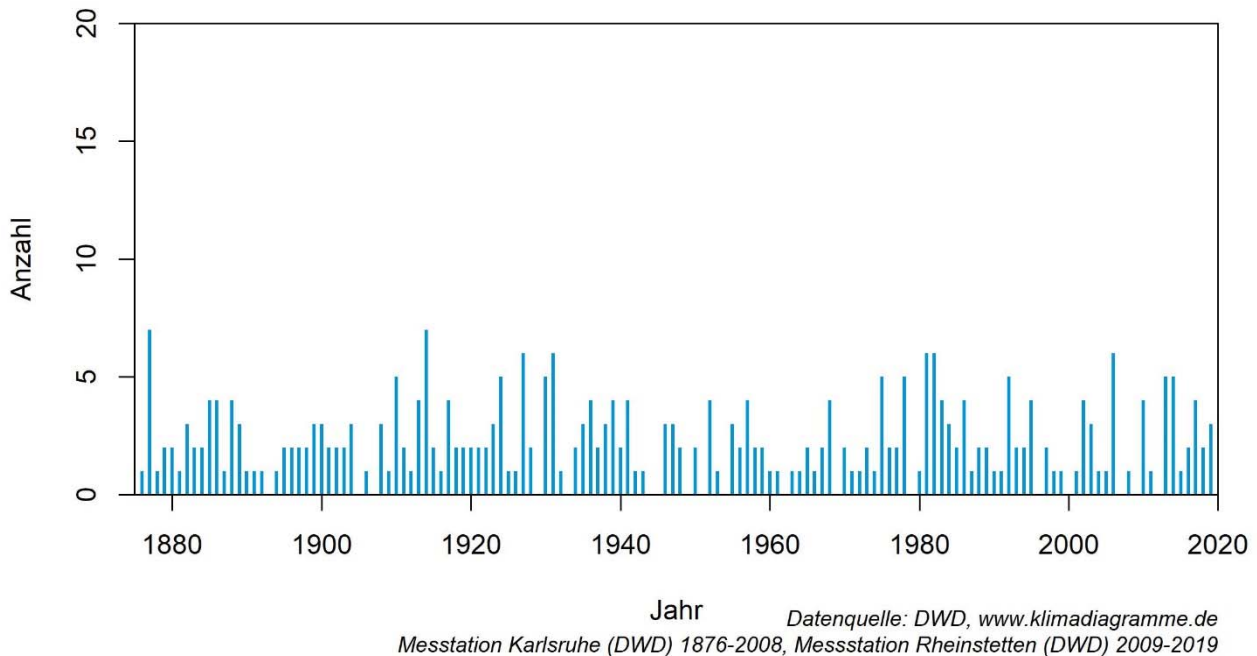


Abbildung 6: Anzahl der Tage mit Niederschlagssummen von mehr als 25 mm zwischen 1876 und 2019. Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

3.2 Klimatologische Einordnung der Jahre 2013 bis Mitte 2020

Beitrag von Bernhard Mühr, Lacunosa Wetterberatung

Im Folgenden werden die klimatologischen Kennwerte und Witterungsbesonderheiten im Zeitraum seit der ersten Veröffentlichung der Karlsruher Anpassungsstrategie im Jahr 2013 beleuchtet. Dies erlaubt eine Einordnung der Jahre 2013 bis Mitte 2020 im Vergleich zu den langjährigen klimatologischen Mittelwerten – beispielsweise zur Frage, wie außergewöhnlich ein einzelner Sommer einzuschätzen ist.

Temperatur

Seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im 18. Jahrhundert wurde in Karlsruhe nie zuvor ein wärmerer Zeitraum beobachtet als der von Januar 2013 bis Mai 2020. Die über die gut sechs Jahre gemittelte Temperatur übertraf die Norm um 1,8°C (Abbildung 7). Gleich zwei Jahre verdienten sich jeweils das Prädikat „wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn“. Zunächst stellte 2014 mit einer Durchschnittstemperatur von 12,2°C den bisherigen Rekord ein (Jahr 2000 mit ebenfalls 12,2°C). Lange Bestand hatte der Rekord allerdings nicht, mit dem Titel „wärmstes Jahr“ schmückt sich nun das Jahr 2018 mit einer Mitteltemperatur von 12,4°C.

75 der 89 untersuchten Monate fielen zu warm aus, kälter als üblich präsentierten sich lediglich 14 Monate. Insbesondere in den Wintermonaten traten zum Teil extreme positive Temperaturanomalien auf; der Januar 2018 geht als wärmster Januar im Raum Karlsruhe seit Beginn der offiziellen Messungen im Jahre 1876 in die

Wetterannalen ein, die Durchschnittstemperatur lag in Rheinstetten bei 6,7°C, der Wärmeüberschuss 5,8°C. Besondere Erwähnung verdient zudem der Dezember 2015, der mit extremen Temperaturverhältnissen aufwartete und im Raum Karlsruhe nie dagewesene Werte erreichte. Der Temperaturüberschuss betrug 5°C, die Monatsmitteltemperatur lag bei 6,9°C. Erst mit großem Abstand folgt der bisherige Spitzenreiter, der Dezember 1915, mit einer Temperaturabweichung von 4,1°C.

Rheinstetten konnte darüber hinaus mit einem neuen Stationsrekord der Höchsttemperatur aufwarten, als es am 25. Juli 2017 mit 39,2°C seinen bisherigen Rekord egalisierte; er datiert vom 31. Juli 1983. Der bisherige Rekord für den gesamten Raum Karlsruhe vom 08. und 13. August 2003 (40,2°C an der Karlsruher Hertzstraße) wurde allerdings nicht erreicht. Die Tatsache, dass es in einem Monat Juli im Raum Karlsruhe noch nie zuvor heißer war als am 25. Juli 2017, unterstreicht die Besonderheit der Temperatur an diesem Tag. Dieselbe Qualität hat der 30. Juni 2019, auch er markierte mit 37,3°C einen neuen Monatsrekord für den Monat Juni für den gesamten Raum Karlsruhe.

Tageshöchsttemperaturen jenseits der 37-Grad-Marke sind in Rheinstetten ein seltenes Ereignis, das bislang insgesamt nur zwölf Mal vorkam. Davon traten neun Tage seit 2010 auf, acht seit 2013.

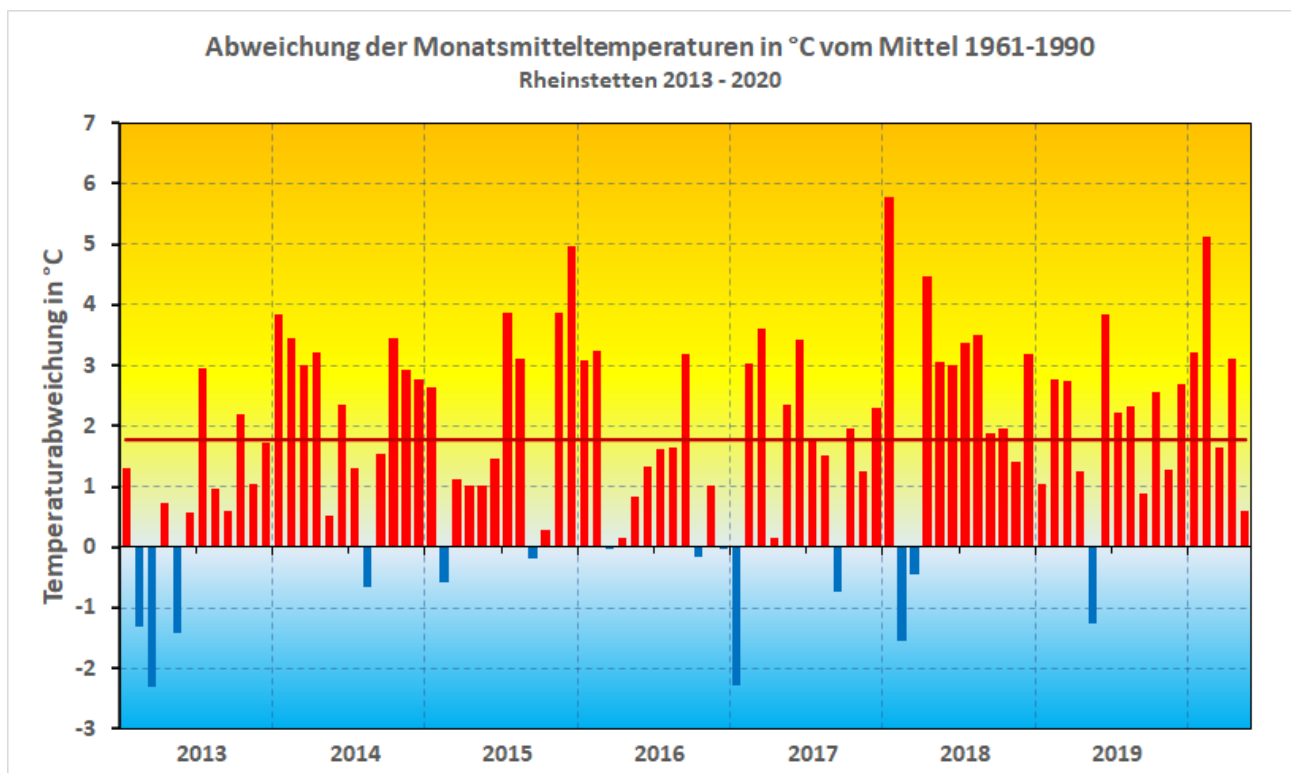


Abbildung 7: Abweichung der Monatsmitteltemperaturen in Rheinstetten vom langjährigen Mittelwert (1961-1990). Zeitraum: Januar 2013 bis Mai 2020. Datenquelle: DWD, Graphik: B. Mühr.

Kenntage

Mit der Anzahl von Tagen, an denen die Temperatur bestimmte Schwellenwerte über- oder unterschreitet, lassen sich klimatologische Besonderheiten von Monaten gut beschreiben (Tabelle 1).

Der gesamte Zeitraum von Januar 2013 bis Mai 2020 ließ die meisten winterlichen Attribute vermissen. In manchen Wintermonaten wurde selbst Nachtfrost zu einer Rarität, der Januar 2019 beispielsweise wies gerade einmal zwei Frosttage auf (Tage mit einer Tiefsttemperatur unter 0°C), dabei liegt der Monatsdurchschnitt in Karlsruhe bei 17 Frosttagen. Immer seltener wird auch strenger Frost von unter -10°C. In den Jahren 2013, 2016 und 2019 konnte kein einziger Tag mit strengem Nachtfrost registriert werden; im Jahre 2015 sank die tiefste Temperatur nicht unter -6,4°C. Eistage, das sind Tage mit einer Höchsttemperatur unter 0°C (Dauerfrost), treten im langjährigen Durchschnitt in Karlsruhe 15 Mal auf. Im Jahre 2015 konnte kein einziger Eistag gezählt werden, 2014 war es einer, 2013 derer drei.

Dass eine geringe Anzahl von Hitzetagen nicht zwangsläufig ein kühles Jahr repräsentiert, beweist der Blick auf das Jahr 2014. Obwohl das Jahr als das bis dahin wärmste Jahr aller Zeiten abschloss, wartete es doch mit einer unterdurchschnittlichen Anzahl von nur neun Hitzetagen auf.

Tabelle 1: Anzahl von Kenntagen in den Jahren 2013 bis 2019 an der Station Rheinstetten. (Eistag: Höchsttemperatur unter 0°C, Frosttag: Tiefsttemperatur unter 0°C, Sommertag: Höchsttemperatur mindestens 25°C, heißer Tag: Höchsttemperatur mindestens 30°C). Datenquelle: DWD, Graphik: B. Mühr.

Jahr	Eistage	Frosttage	Sommertage	Heiße Tage
2013	10	80	59	20
2014	1	43	58	9
2015	0	66	64	33
2016	8	60	71	17
2017	8	66	71	24
2018	5	55	107	37
2019	3	63	76	33
1961-1990	14.6	68.0	52.9	12.2
1981-2010	11.1	60.7	68.0	21.4

Niederschlag

Der Jahresniederschlag zeigte in Karlsruhe von Aufzeichnungsbeginn bis 2010 keine großen Auffälligkeiten, trotz einer teilweisen großen jährlichen Variabilität blieb der langjährige Durchschnittswert nahezu unverändert. Der Zeitraum von Januar 2013 bis Mai 2020 präsentierte sich allerdings insgesamt außerordentlich trocken (Abbildung 8).

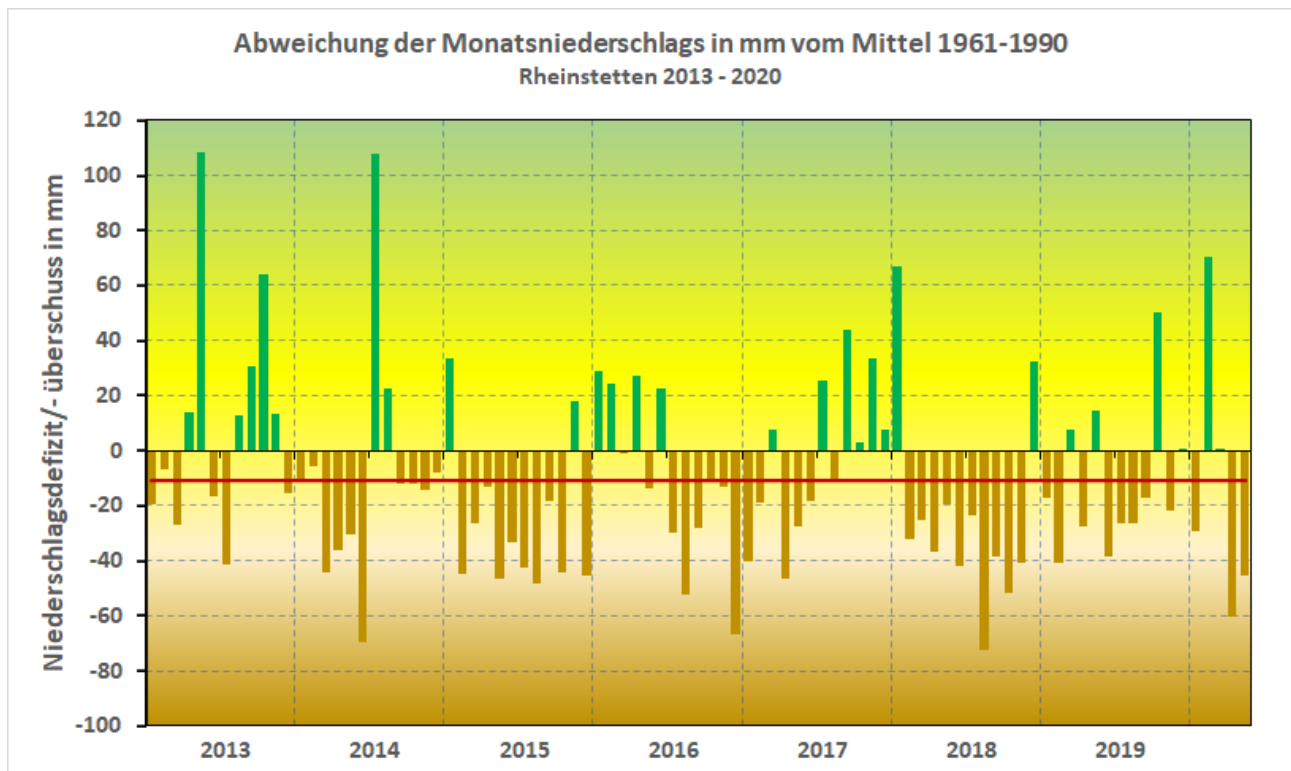


Abbildung 8: Abweichung (absolut in mm) des Monatsniederschlags in Rheinstetten vom langjährigen Mittel 1961-1990. Datenquelle: DWD, Graphik: B. Mühr.

Die meisten Monate verfehlten ihr Niederschlagsoll, über den gesamten Zeitraum hinweg ergibt sich ein monatliches Niederschlagsdefizit von 10,6 mm. Bei zwölf Monaten entsteht so ein Fehlbetrag von 127 mm für jedes Jahr, umgerechnet kam während des mehr als sechs Jahre langen Zeitraums nur 85 Prozent der üblichen

Menge zusammen. Im Jahr 2015 traten neun zu trockene Monate in Serie auf, 2018 waren es sogar zehn Monate.

Besonders trocken verlief das Jahr 2018, in dem nur der Januar und der Dezember überdurchschnittlich beregnet waren. Abbildung 9 zeigt die Niederschlagsbilanz für das Jahr 2018. Zu Beginn sorgte der nasse Januar zunächst für einen deutlichen Niederschlagsüberschuss. Der wurde aber mehr und mehr abgebaut und ab Anfang April begann sich ein Regendefizit einzustellen, das sich mit jedem folgenden zu trockenen Monat weiter vergrößerte. Ende November summierte sich der Fehlbetrag auf mehr als 300 mm, den erst der überdurchschnittlich feuchte Dezember zumindest etwas reduzieren konnte. Insgesamt kam im Jahr 2018 eine Niederschlagsmenge von 573,7 mm (67 Prozent der Norm) zusammen. Das bislang trockenste Jahr in der Region, 1959, wies lediglich eine Niederschlagsmenge von 456,1 mm auf.

Eine Niederschlagsmenge von mehr als dem Doppelten ihres langjährigen Vergleichswertes erzielten im Untersuchungszeitraum der Mai 2013, der Oktober 2013, der Juli 2014, der Januar 2018 sowie der Februar 2020. Weniger als 10 mm wurden im Dezember 2016, im August 2018 und im April 2020 verzeichnet.

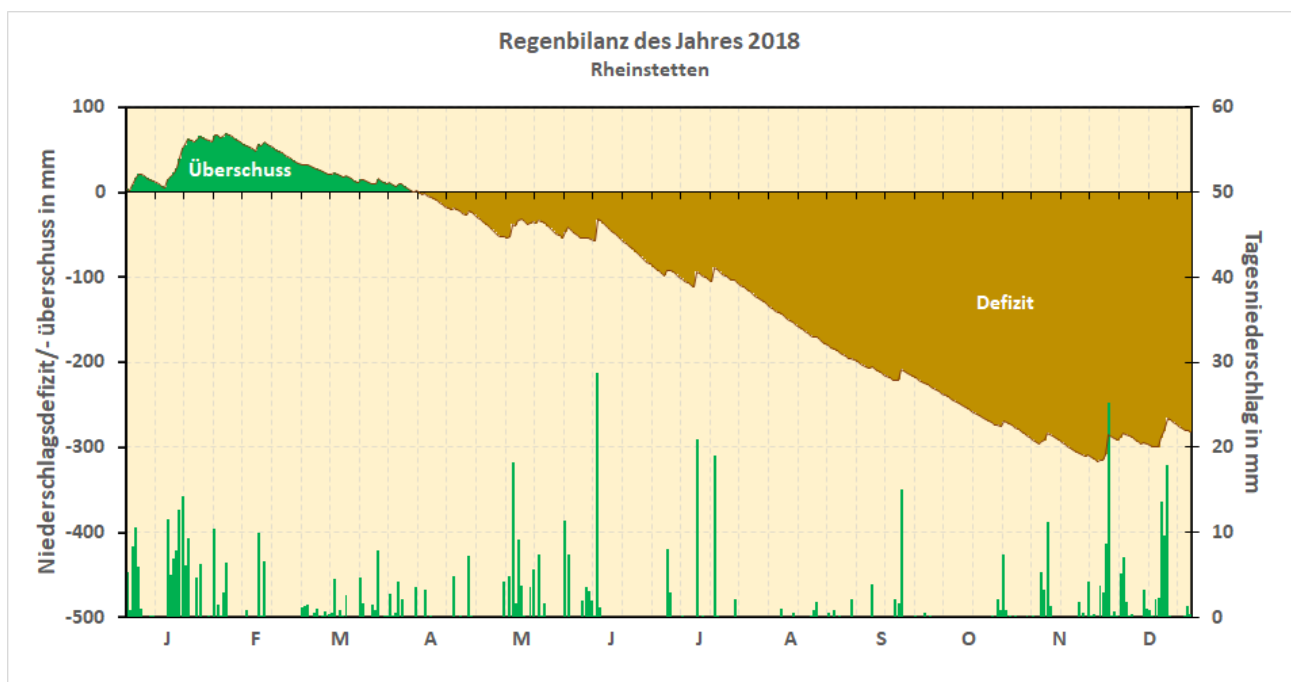


Abbildung 9: Verlauf der Niederschlagsbilanz (Überschuss/Defizit in mm) im Jahre 2018 in Bezug auf den langjährigen Mittelwert. Die Säulen repräsentieren die Tagesniederschläge des Jahres 2018 in mm (zugehörige Ordinate rechts).
Datenquelle: DWD, Graphik: B. Mühr.

In einem eigentlich immerfeuchten Klima machen sich Häufigkeit und Andauer niederschlagsarmer oder gänzlich trockener Zeiträume für den Wasserhaushalt der Böden und des nutzbaren Wassers besonders negativ bemerkbar. Tabelle 2 gibt Auskunft über die geringsten Niederschlagsmengen verschiedener monats- und jahresübergreifender Zeiträume mit einer Andauer von 30 Tagen bis 720 Tagen, wie sie vom 1. Januar 2013 bis zum 31. Mai 2020 in Rheinstetten gemessen wurden.

Tabelle 2: Die geringsten Niederschlagsmengen (RR) während verschieden langer Zeiträume (Januar 2013 bis Mai 2020) im Vergleich mit der gesamten Messreihe seit 1900. Datengrundlage: DWD, Zusammenstellung: B. Mühr.

Zeitraum:	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	180 Tage	360 Tage	720 Tage
ab Datum:	24.09.2018	23.07.2018	23.07.2018	23.07.2018	02.06.2018	05.03.2018	05.02.2018
RR in mm	0.8	14.3	33.8	67.0	166.2	470.7	1152.8
Rekord bisher:	0.0	5.2	REKORD	REKORD	124.8	414.6	983.2

Während in der Vergangenheit schon trockenere 30 bzw. 60 Tages-Perioden auftraten, präsentierten sich die 90 Tage ab dem 23. Juli 2018 so trocken wie kein anderer 90-Tages-Zeitraum seit 1900; insgesamt konnte nur eine

Niederschlagsmenge von 33,8 mm gemessen werden. Rekord-trocken verlief auch der längere 120-Tages-Zeitraum ab dem 23. Juli 2018 mit nur 67,0 mm.

Während sich Trockenheit und Dürre insbesondere auf das im Boden verfügbare Wasser, die Vegetation und langfristig auf den Grundwasserspiegel auswirken, können andererseits extreme Niederschlagsereignisse innerhalb kurzer Zeit zu großen Überschwemmungen und Schäden führen. Mit einer Monatsregenmenge von 131,0 mm zählt der Februar 2020 zu den zehn nassesten Februarmonaten im Raum Karlsruhe seit Aufzeichnungsbeginn. Auch wenn die Tagessummen keine extremen Werte aufwiesen, kam es doch zu größeren Ausuferungen und Überflutungen etlicher Flächen (Abbildung 8, links).

Auch der Blick auf den 13. September 2017 fördert einen bemerkenswerten Sachverhalt zu Tage: Mit einer Niederschlagsmenge von 62,3 mm war dieser Tag nicht nur für den durchschnittlichen Regen eines gesamten Septembermonats verantwortlich, sondern er avancierte gleichzeitig zum nassesten Septembertag seit Aufzeichnungsbeginn. Eine Regenmenge von 62,3 mm innerhalb von 24 Stunden kommt in Karlsruhe nur durchschnittlich alle acht Jahre einmal vor.

Der größte Niederschlagsstundenwert mit 20,8 mm konnte in der Nacht des 21. Juli 2014 aufgezeichnet werden, ein Ereignis, wie es in Karlsruhe durchschnittlich alle zwei Jahre einmal auftritt.

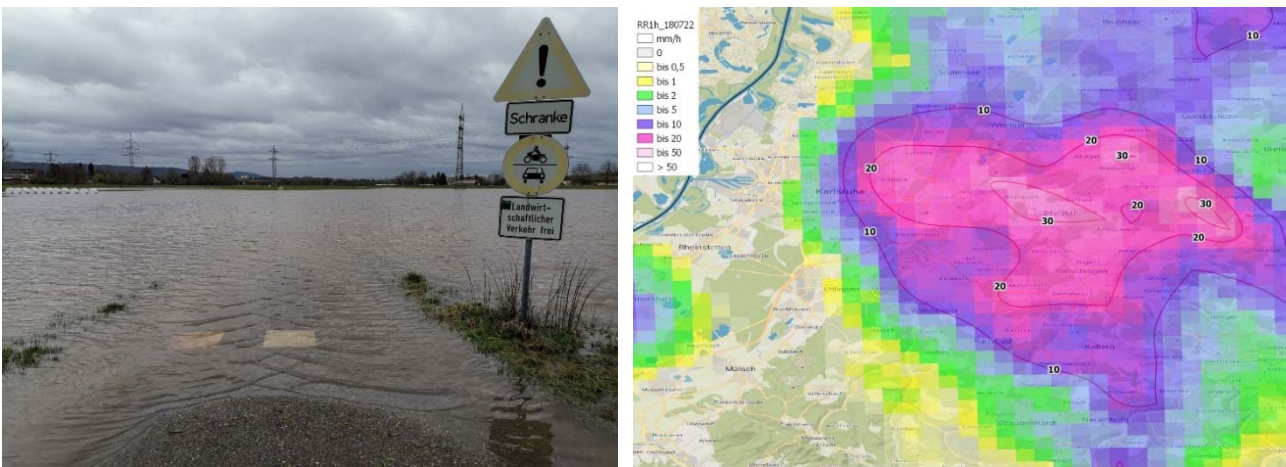


Abbildung 10, links: Überflutung größerer Wiesen und landwirtschaftlich genutzter Flächen in Karlsruhe-Rüppurr am 03. Februar 2020. Rechts: Niederschlagsmengen am 22. Juli 2018, 18 – 19 MESZ, aus Radardaten abgeleitet. Datengrundlage: DWD. Foto & Grafik: B. Mühr

Welche räumliche Variabilität gerade sommerliche, heftige Gewitterregen haben können, illustriert Abbildung 10 (rechts). Sie zeigt den Niederschlag, der innerhalb einer Stunde am Abend des 22. Juli 2018 in der Region Karlsruhe niedergegangen ist. Während der Westteil der Stadt Karlsruhe völlig trocken blieb, ging der Niederschlag mit großer Intensität und Stundenraten von 20 bis 35 mm über den östlichen Stadtteilen nieder und kann dort durchaus als seltenes Extremereignis bezeichnet werden. Bei solchen sommerlichen Gewitterlagen sind durchaus auch Regenmengen von 50 bis 100 mm innerhalb einer Stunde möglich – mit den entsprechenden Konsequenzen. Im Zeitraum 2013 bis 2020 traten in Karlsruhe allerdings keine extremen Gewitterregen oder schadenträchtiger großkörniger Hagel auf.

Sonnenschein

Mit einer jährlichen durchschnittlichen Sonnenscheindauer von 1.500 bis 1.800 Stunden gehört Deutschland nicht eben zu den besonders sonnenscheinreichen Regionen der Welt. In Karlsruhe liegt dieser Wert bei knapp 1.700 Stunden.

So trocken der Zeitraum von Januar 2013 bis Mai 2020, so sonnig präsentierte er sich aber auch. In 56 der 89 betrachteten Monate machte die Sonne Überstunden. Durchschnittlich schien unser Zentralgestirn an jedem Monat des gesamten Zeitraums 23 Stunden länger als üblich. Pro Jahr ergibt sich so ein Überschuss von 270 Stunden, das sind 17 Prozent des langjährigen Mittelwertes (Abbildung 11).

Ein Jahr mit einer Sonnenscheindauer von mehr als 2.000 Stunden kann als überaus sonnig angesehen werden und tritt entsprechend selten auf. Besonders sonnig ging es im Jahr 2018 mit 2.125 Sonnenstunden zu, der Rekord aus dem Jahre 2003 mit 2.321 Stunden blieb allerdings unangetastet.

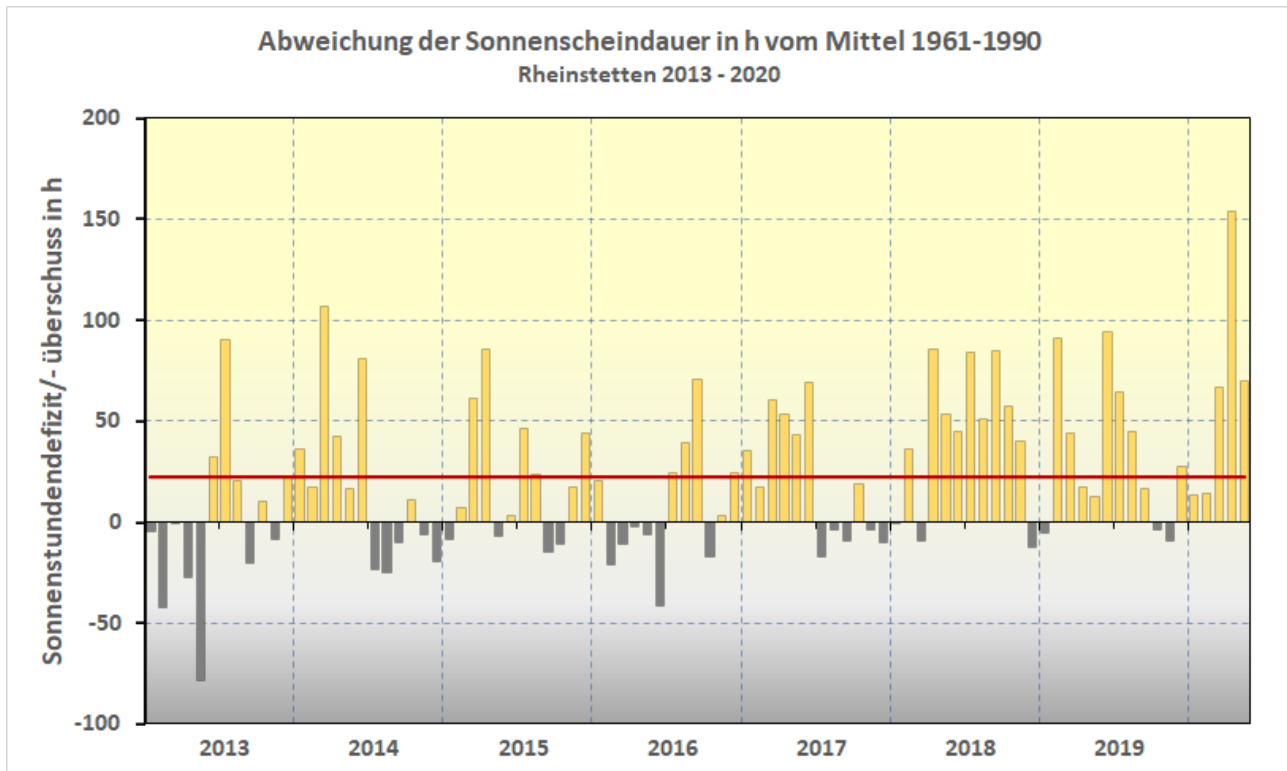


Abbildung 11: Abweichung der monatlichen Sonnenscheindauer in Rheinstetten (absolut in Stunden) des Zeitraums Januar 2013 bis Mai 2020 vom langjährigen Mittel 1961-1990. Datengrundlage: DWD, Grafik: B. Mühr.

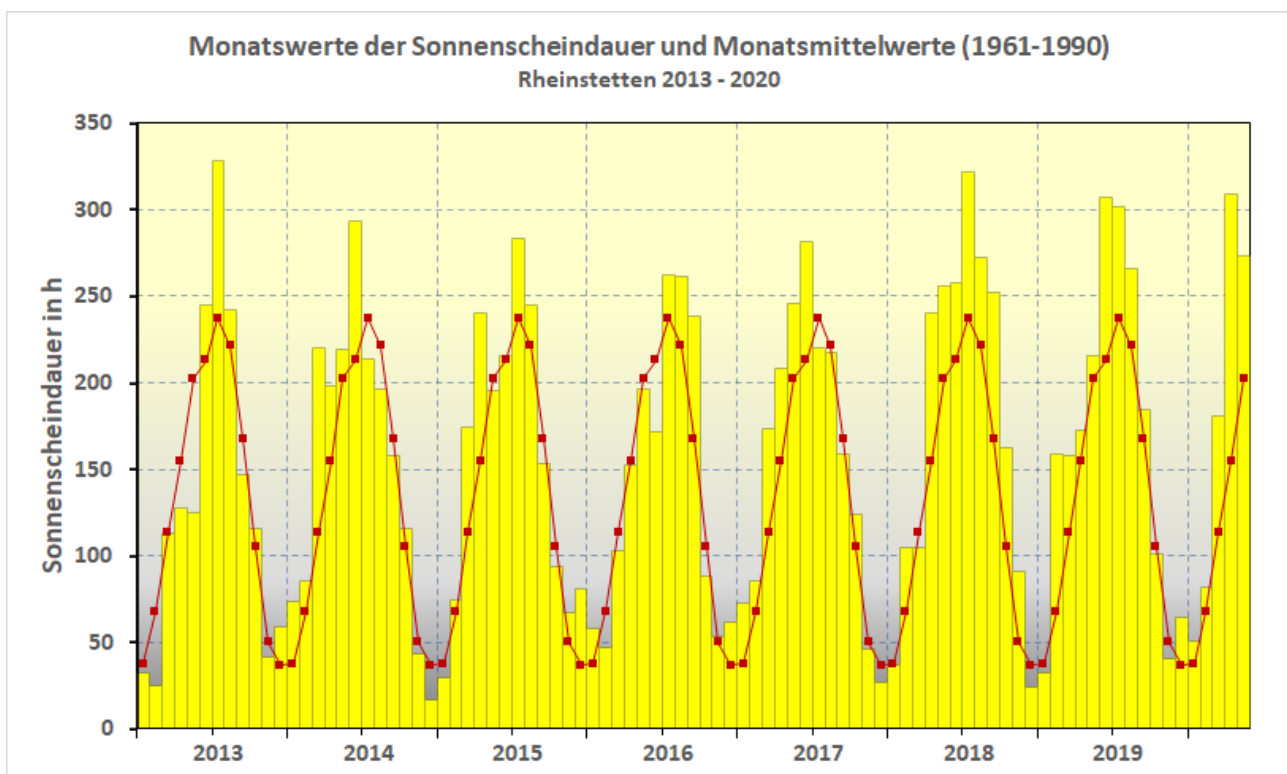


Abbildung 12: Monatliche Sonnenscheindauer (gelb, in Stunden) des Zeitraums Januar 2013 bis Mai 2020 sowie die mittleren Monatswerte 1961-1990 (rote Kurve, in Stunden). Datengrundlage: DWD, Grafik: B. Mühr.

Mit Blick auf die einzelnen Monate seit Januar 2013 verzeichnete der April 2020 den größten Sonnenscheinüberschuss. Insgesamt verrichtet die Sonne in diesem Monat 309,4 Stunden lang ihre Arbeit, das entspricht nahezu dem Doppelten (199 Prozent des langjährigen Durchschnittswertes von 155,1 Stunden). Am längsten schien die Sonne im Juli 2013 mit 328 Stunden (138 Prozent der Norm). In der Vergangenheit gab es in

Karlsruhe aber auch schon deutlich sonnenscheinreichere Monate; den sprichwörtlichen Platz an der Sonne belegt der Juli 1949 mit 356 Stunden. Am anderen Ende der Skala rangiert der Mai 2013, der es auf lediglich 125 Sonnenstunden brachte und mit einem Defizit von 78 Stunden besonders trübe ausfiel. Die kürzeste Sonnenscheindauer verbuchte der Dezember 2014 mit lediglich 17 Stunden (46 Prozent der Norm), das macht Platz 2 auf der Liste der sonnenscheinärmsten Monate. Noch weniger Sonnenschein gab es zuvor nur im November 1958.

Abbildung 12 gibt Auskunft über die monatliche Sonnenscheindauer von Januar 2013 bis Mai 2020. Die rote Kurve beschreibt jeweils den Jahresverlauf der langjährigen Monatsmittelwerte der Sonnenscheindauer. Besonders im Jahr 2018 liegen die Monatswerte der Sonnenscheindauer von April bis November deutlich über ihren langjährigen Vergleichswerten, einzig im Januar, im März und im Dezember fehlen ein paar Stunden.

3.3 Stadtklima in Karlsruhe

In der Stadt ist das Klima verändert. Das trifft auf alle meteorologischen Variablen zu. Am deutlichsten ist dabei die Temperaturerhöhung der Stadt gegenüber dem Umland. Diese so genannte städtische Wärmeinsel hat vielfältige Gründe (Abbildung 13). Dazu zählt zum einen die Erhöhung der Oberfläche in der Stadt durch die dreidimensionale Bebauung und die damit verbundenen Mehrfachreflexionen der Sonneneinstrahlung. Ebenfalls haben die Baumaterialien andere Materialeigenschaften gegenüber natürlichen Oberflächen in Bezug auf langwellige Ausstrahlung und Wärmeleitfähigkeit. Des Weiteren fließt Niederschlagsabwasser durch den hohen Versiegelungsgrad des Bodens hauptsächlich oberirdisch ab und wird ins Kanalnetz geleitet, statt auf unversiegelten Flächen zu versickern und im Boden gespeichert zu werden. So steht es nicht für die Verdunstung aus dem Boden und über die Pflanzen zur Verfügung und kann nicht zur Kühlung durch Verdunstung beitragen. Zusätzliche Wärme wird außerdem in der Stadt durch die Emissionen von Gebäude (Heizung und Klimaanlage), Industrie und Fahrzeugen freigesetzt.

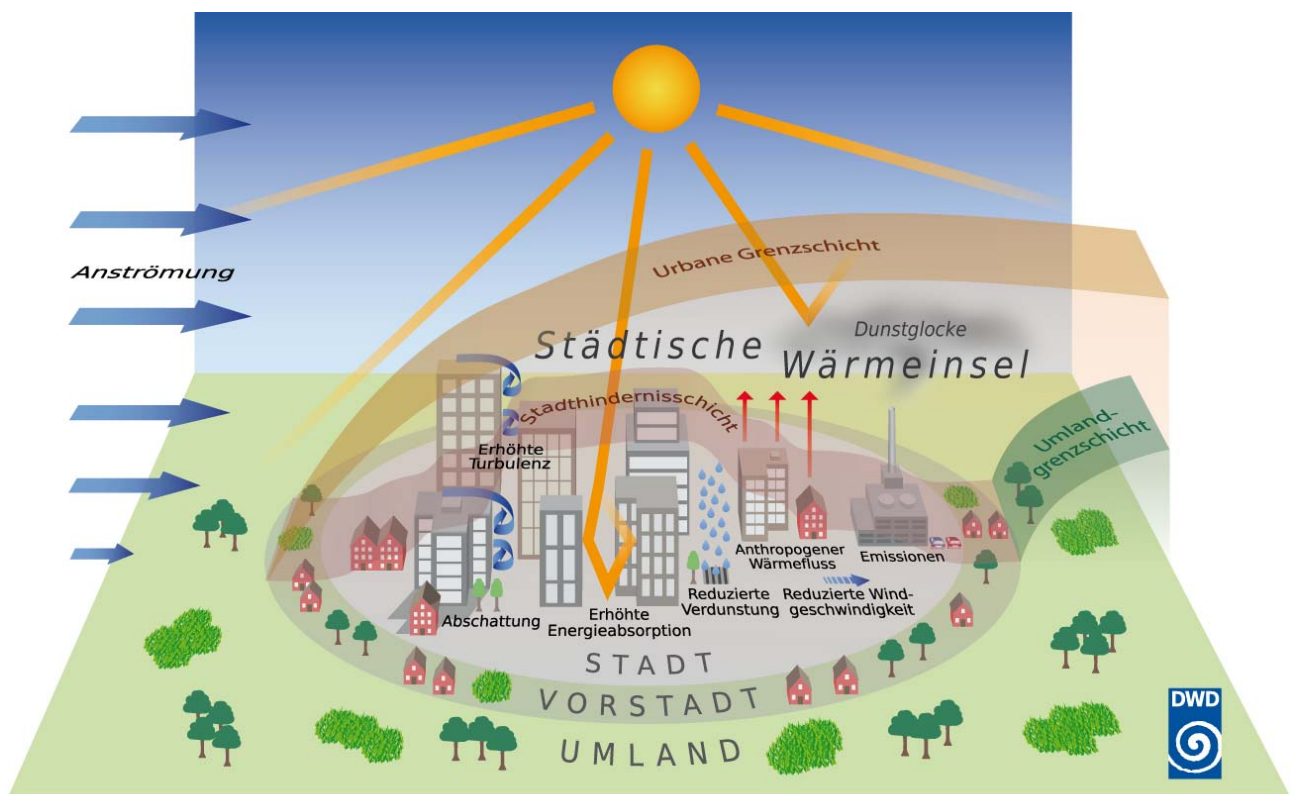


Abbildung 13: Schematische Abbildung der städtischen Wärmeinsel und ihrer Einflussgrößen. Quelle: Deutscher Wetterdienst.

Die Stadt stellt keine abgegrenzte Wärmeinsel im kühleren Umland dar. Vielmehr ergibt sich durch die unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften von Straßen, Gebäuden, Parkplätzen, Gärten, Grünflächen und so weiter eine Vielzahl von Mikroklimaten, sodass das Stadtgebiet eher ein „Wärmearchipel“¹¹ darstellt.

Die städtische Wärmeinsel hat dabei ausgeprägte tages- und jahreszeitliche Variabilität und hängt stark von der Wetterlage ab. Diese Temperaturunterschiede zeigen sich nicht nur in den Lufttemperaturen, sondern vor allem in den Oberflächentemperaturen, wie Abbildung 14 für die Situation am Tag und in der Nacht zeigt.

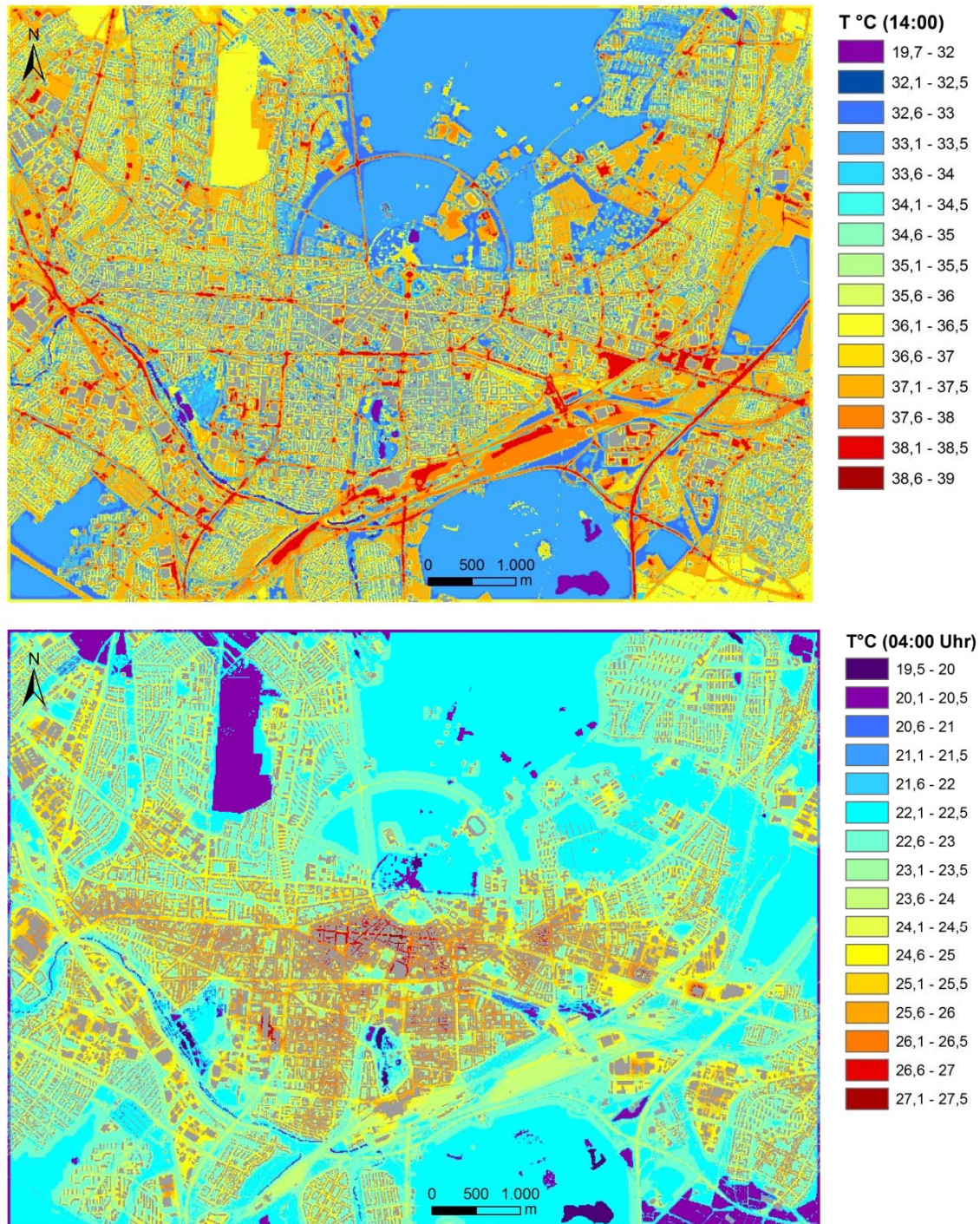


Abbildung 14: Gemessene Oberflächentemperaturen an einem heißen Sommertag in Karlsruhe um 14:00 Uhr (oben) und um 4:00 Uhr (unten). Quelle: Stadt Karlsruhe.

¹¹ Städtebauliche Klimafibel, Hinweise für die Bauleitplanung. Reuter und Kapp 2012, herausgegeben vom Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg; S. 29. www.staedtebauliche-klimafibel.de (Zugriff: 30. März 2021)

Grundsätzlich kann sich die Wärmeinsel am besten bei wenig Wind und klarem Himmel ausbilden. In Karlsruhe ist die Wärmeinsel umso stärker, je wärmer die Jahreszeit ist. Im Tagesverlauf ist sie am Abend und in der Nacht am stärksten und tagsüber nur schwach. So kann der Temperaturunterschied im Sommer am Abend nach heißen Tagen zwischen Karlsruhe und dem Umland bis zu 7 Kelvin betragen.

Dadurch sind im Stadtgebiet vor allem die Tagestiefsttemperaturen und daher auch die Anzahl der Tropennächte gegenüber den Umlandbedingungen und damit auch gegenüber den repräsentativen deutlich erhöht. Innerhalb des Stadtgebietes hängen die räumlichen Unterschiede der Temperatur sehr stark von der Bebauungsstruktur und dem Stadtstrukturtyp ab. Flächen mit hohem Versiegelungsgrad und enger Bebauung – vor allem sind hier Blockrandbebauungen zu nennen – sind gegenüber dem Umland am stärksten überwärmt. Größere Grünflächen wie beispielsweise der Zoo und das Naturschutzgebiet Alter Flugplatz sind deutlich kühler. Die kühlere Luft wirkt auch in die angrenzende Bebauung hinein. Abends und nachts beginnen sich die Freiflächen rasch abzukühlen, während in den bebauten Gebieten die nächtliche Abkühlung wesentlich später einsetzt und weniger stark ausgeprägt ist. Temperaturunterschiede resultieren immer in Luftdruckunterschiede; das Ergebnis ist eine thermisch direkte Zirkulation (Flurwinde), bei der kühlere und schwerere Luft in die deutlich wärmeren bebauten Bereiche einsickert. Sehr gut tritt dieser Effekt auch vom Schlossplatz in Richtung Marktplatz/Kaiserstraße entlang der Strahlen des Karlsruher Fächers auf.

Beispielhaft zeigen die Messungen für den August 2015, der ein sehr warmer Monat war, die Unterschiede (Tabelle 3). Die Anzahl der heißen Tage lag an verschiedenen Orten im Stadtgebiet und im Umland zwischen acht und zehn. Auch die Tageshöchsttemperaturen waren an allen Tagen ähnlich. Demgegenüber betrug der Temperaturunterschied zwischen einem Innenhof in der Weststadt und Umland in der wärmsten Nacht des Messzeitraums knapp vier Grad. Am deutlichsten ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Messorten dann bei der Anzahl der Tropennächte, die in der Weststadt bei zehn lag, während im Umland nur eine einzige Tropennacht aufgetreten ist.

Tabelle 3: Kenngrößen der Temperatur für verschiedene Orte im Karlsruher Stadtgebiet sowie Referenzwerten aus dem Umland während einer Hitzeperiode im August 2015. Quelle: Hackenbruch 2018¹².

Gesamtzeitraum 05. – 30. August 2015

	Weststadt	Oststadt	Hauptfriedhof	KA-Nordwest	Umland
Höchsttemperatur	35,2°C	38,6°C	38,1°C	38,2°C	38,1°C
Heiße Tage	8	10	9	10	9
Höchste Tiefsttemperatur während einer Nacht	24,9°C	23,6°C	23,0°C	24,2°C	21,2°C
Tropennächte	10	4	5	7	1

¹² Hackenbruch, J. (2018): Anpassungsrelevante Klimaänderungen für städtische Baustrukturen und Wohnquartiere. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie 77; KIT Scientific Publishing. URL: <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000080685> (Zugriff: 30. März 2020)

3.4 Zukunftsprojektionen

Die Anpassung an den Klimawandel hat immer die zukünftigen Klimaverhältnisse im Blick. Physikalisch-mathematische Modelle sind in der Lage das heutige Klima gut wiederzugeben. Um auch die zukünftige Entwicklung des Klimas in den nächsten Jahrzehnten abschätzen zu können, müssen den Klimamodellen bestimmte Randbedingungen für die zukünftige Klimaentwicklung vorgegeben werden. Eine der wichtigsten Randbedingungen ist dabei, wie sich die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre entwickeln werden. Weil dazu unterschiedliche Entwicklungen denkbar sind, entstehen mehrere Szenarien. Auf deren Basis werden Klimasimulationen berechnet, und zwar mit mehreren unterschiedlichen Klimamodellen. So entsteht ein so genanntes Ensemble von Klimasimulationen, das eine Bandbreite an möglichen Entwicklungen aufzeigt. Da die Abschätzung der Entwicklung auf Szenarien beruht, handelt es sich nicht um Klimavorhersagen, sondern um Klimaprojektionen. Das unterscheidet sie von der Wettervorhersage, bei der versucht wird, auf der Grundlage des aktuellen Wetters das zukünftige Wetter vorherzusagen. Stattdessen wird auf der Grundlage zukünftiger Randbedingungen (Szenarien) bestmöglich das zukünftige Klima berechnet.¹³ Welche Randbedingungen und damit welches Klima in der Realität tatsächlich eintreten werden, hängt daher stark davon ab, wie die Zukunft gestaltet wird und wie ambitioniert und erfolgreich Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden.

Im Gegensatz zu globalen Klimamodellen, die Ergebnisse für die ganze Welt liefern, simulieren regionale Klimamodelle nur einen Teilbereich der Erde. In der Regel wird ein klimatologischer Zeitraum von 30 Jahren berücksichtigt. Auf Deutschland wird dafür ein Rechengitter von bis zu 7 km Auflösung gelegt. Das heißt, alle 7 km wird ein Rechenpunkt gesetzt, an dem das zukünftige Klima berechnet wird (Abbildung 15). Damit sind auch Aussagen für die Region Karlsruhe möglich.

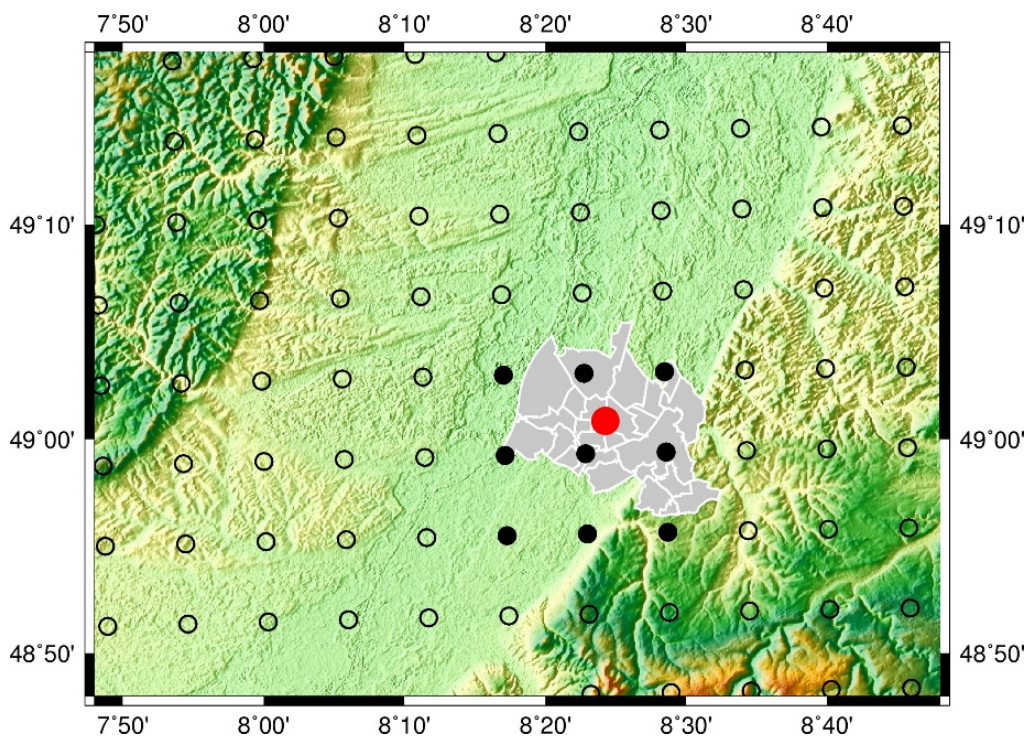


Abbildung 15: Lage des Karlsruher Stadtgebietes im Vergleich zu den Modellgitterpunkten. Die neun ausgefüllten Punkte sind die neun Gitterpunkte, die sich Karlsruhe am nächsten befinden. Für alle Auswertungen wurde der Mittelwert dieser Klimamodellergebnisse an diesen neun Gitterpunkten gebildet, um die zukünftigen Klimaänderungen in Karlsruhe abzuschätzen. *Abbildung: Süddeutsches Klimabüro am Karlsruher Institut für Technologie.*

Die räumlichen Unterschiede innerhalb der Stadt, insbesondere infolge der städtischen Wärmeinsel, können in den Klimamodellen wegen der dafür zu groben Auflösung allerdings nicht dargestellt werden. Dafür müssen gesonderte Stadtklimamodelle verwendet werden, die eine räumliche Auflösung von wenigen Metern haben. Sie

¹³ Detaillierte Informationen zur Klimamodellierung bietet die Broschüre „Das Klima auf den Gitterpunkt gebracht“ des Karlsruher Instituts für Technologie: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000043884> (Zugriff: 30 März 2020).

können allerdings nur für kurze Zeiträume (ein Tag bis wenige Tage) die meteorologische Situation berechnen, keine zukünftige Entwicklung über mehrere Jahre oder Jahrzehnte.

Für Baden-Württemberg gibt es verschiedene Klimamodell-Rechnungen, die in ihrer Gesamtheit einen guten Überblick geben, welche regionalen Klimaänderungen für Baden-Württemberg erwartet werden.¹⁴

Die folgenden Ergebnisse stammen aus Auswertungen eines Klimamodellensembles von zwölf regionalen Klimasimulationen in 7 km räumlicher Auflösung, die am Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gerechnet¹⁵ und durch das Süddeutsche Klimabüro am KIT ausgewertet wurden.¹⁶ Verglichen werden jeweils die Ergebnisse der Klimasimulationen für den 30-jährigen Zeitraum 2021 bis 2050 mit dem Zeitraum 1971 bis 2000.

In Hinblick auf Temperaturgrößen wird erwartet, dass sich der bisher beobachtete Trend weiter fortführt. Das heißt für Tage mit einer Höchsttemperatur über 30°C, über 35°C und für Tropennächte wird ein häufigeres Auftreten erwartet. Für die heißen Tage projizieren die verschiedenen Klimamodelle für Karlsruhe zwischen 3,6 und 15 heiße Tage mehr pro Jahr (Änderung im Ensemble-Mittel 2021 – 2050 zu 1971 – 2000: +8,4). Für die Tropennächte reicht die Spannbreite von 1,4 bis 6,3 Tropennächten mehr pro Jahr (Änderung im Ensemble-Mittel: +3,3, Abbildung 16). Eine Vervielfachung wird auch für die Tage mit Temperaturen über 35°C erwartet: von durchschnittlich 0,6 Tagen pro Jahr auf drei Tage pro Jahr (Abbildung 17). Im Vergleich mit dem restlichen Baden-Württemberg gehört Karlsruhe damit in die Region mit den stärksten erwarteten Zunahmen.

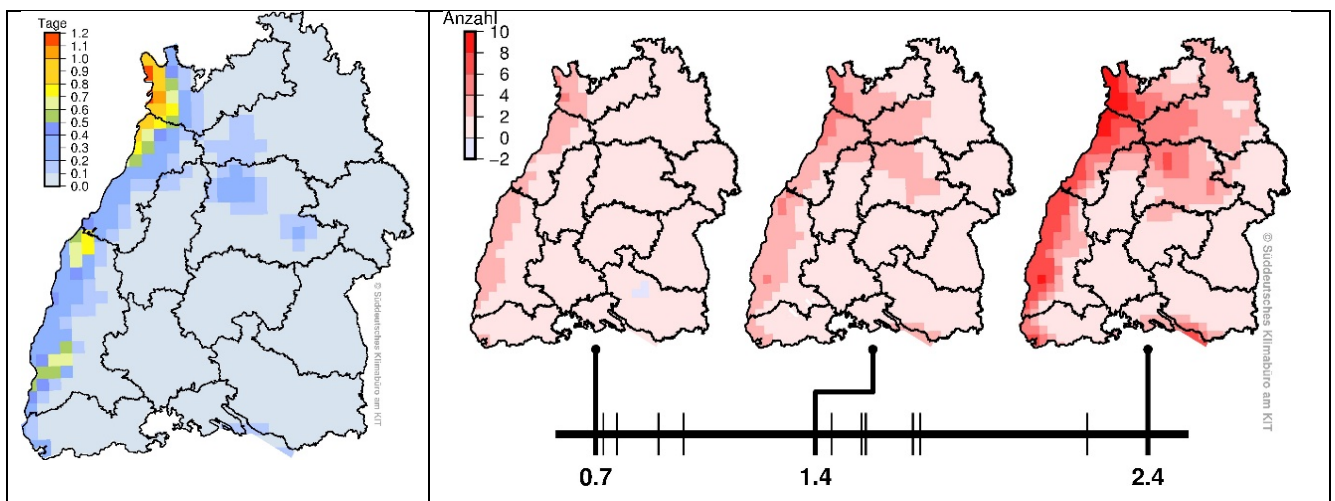


Abbildung 16: Anzahl an Tropennächten in Baden-Württemberg für die Beobachtungen 1971 – 2000 (links) und die Projektionen der Klimamodelle. Die Abbildung zeigt den Mittelwert (rechts, mittlere Karte) sowie die minimale und maximale Änderung (rechts, linke und rechte Karte) im Klimamodellensemble. Daten: Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Abbildung: Süddeutsches Klimabüro am KIT.

¹⁴ Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. URL: www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimaprojektionen (Zugriff: 30. März 2021)

¹⁵ Sedlmeier, K. (2015): Near future changes of compound extreme events from an ensemble of regional climate simulations. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie 82. URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000051732> (Zugriff: 17. November 2020)

¹⁶ Klimawandelanpassung in Städten: http://www.sueddeutsches-klimabuero.de/downloads/Broschuere_Klimabuero_Klimawandelanpassung_2017_Ensemble.pdf (Zugriff: 30. März 2021)

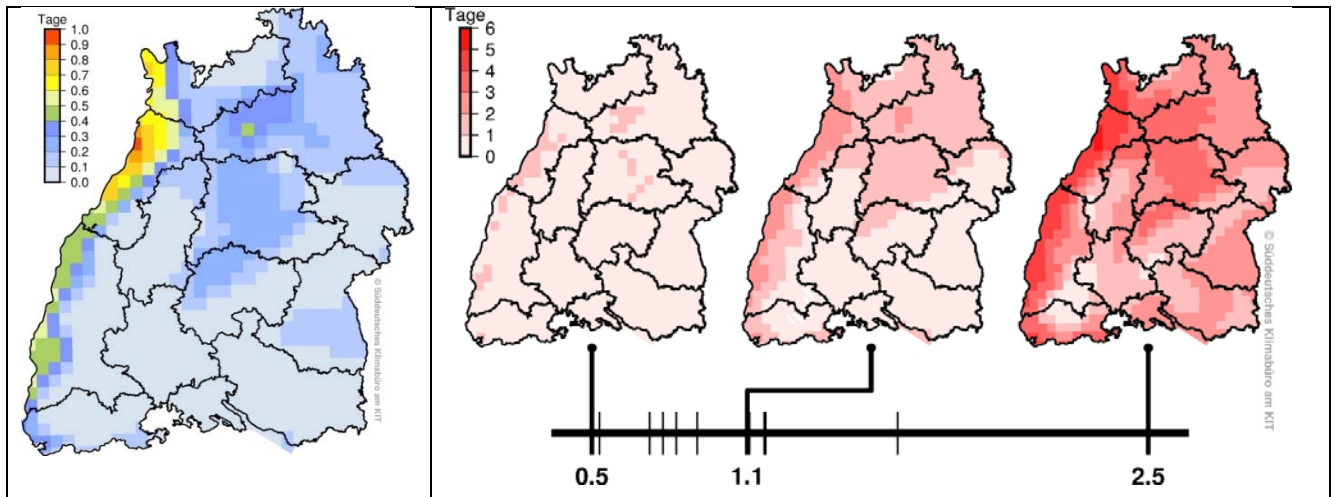


Abbildung 17: Anzahl an Tagen in Baden-Württemberg mit Höchsttemperaturen über 35°C für die Beobachtungen 1971 – 2000 (links) und die Projektionen der Klimamodelle. Die Abbildung zeigt den Mittelwert (rechts, mittlere Karte) sowie die minimale und maximale Änderung (rechts, linke und rechte Karte) im Klimamodellensemble. Daten: Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Abbildung: Süddeutsches Klimabüro am KIT.

Gerade aus der Erfahrung der vergangenen Jahre ist es wichtig, auch mehr über das zukünftige Auftreten der Kombination eines heißen Sommers und starker Trockenheit zu wissen (Abbildung 18). Die in der Vergangenheit beobachtete Anzahl liegt bei durchschnittlich zwei trockenen und heißen Sommern in 30 Jahren. Im Mittel erwarten die Simulationen eine Zunahme, im Durchschnitt um vier Sommer mehr innerhalb des 30-Jahres-Zeitraums. Einzelne Modelle projizieren sogar, dass in Zukunft jedes dritte bis vierte Jahr ein trocken-heißer Sommer ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Zeiträume zwischen trockenen und heißen Sommern durchschnittlich kürzer werden. Die erwarteten Änderungen sind dabei für Karlsruhe im Vergleich zu ganz Baden-Württemberg ähnlich. Dies liegt daran, dass trockene, heiße Sommer zumeist durch großräumige Wetterlagen verursacht werden.

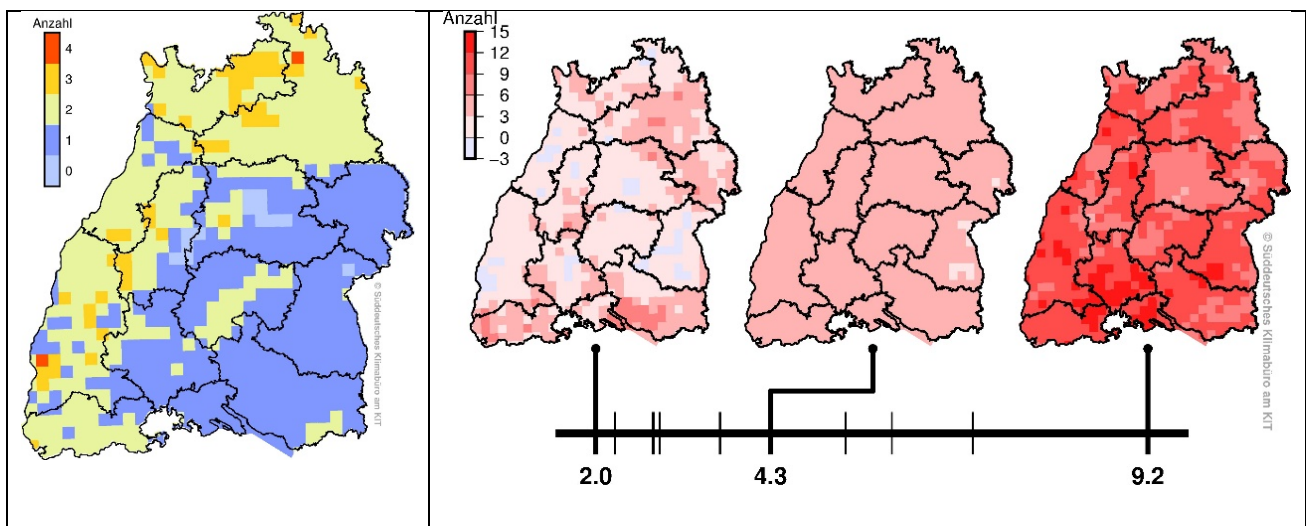


Abbildung 18: Anzahl trockener und heißer Sommer in Baden-Württemberg für die Beobachtungen 1971 – 2000 (links) und die Projektionen der Klimamodelle. Die Abbildung zeigt den Mittelwert (rechts, mittlere Karte) sowie die minimalen und maximalen Änderungen (rechts, linke und rechte Karte) im Klimamodellensemble.

Ein heißer und trockener Sommer ist so definiert, dass in den Monaten Juni, Juli, August die Durchschnittstemperatur mindestens 1 Grad höher als der klimatologische Mittelwert liegt und die Niederschlagssumme geringer als 80 Prozent des klimatologischen Mittelwerts ist. Daten: Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Abbildung: Süddeutsches Klimabüro am KIT.

Bei den Niederschlagsgrößen gilt für die Projektionen in die Zukunft wie auch schon für den Blick in die Vergangenheit, dass es häufig kein so eindeutiges Änderungssignal gibt wie für die Temperatur. Für die Niederschlagsmengen in Karlsruhe im Sommer, Herbst und Winter lässt das Ensemblemittel nur leichte Änderungen in der Größenordnung von wenigen Prozent erwarten. Einige Modelle erwarten eine Abnahme der

Niederschläge, andere eine Zunahme. Im Frühjahr gibt es einen deutlicheren Trend, es wird eine mittlere Zunahme der Niederschläge um knapp zehn Prozent erwartet.

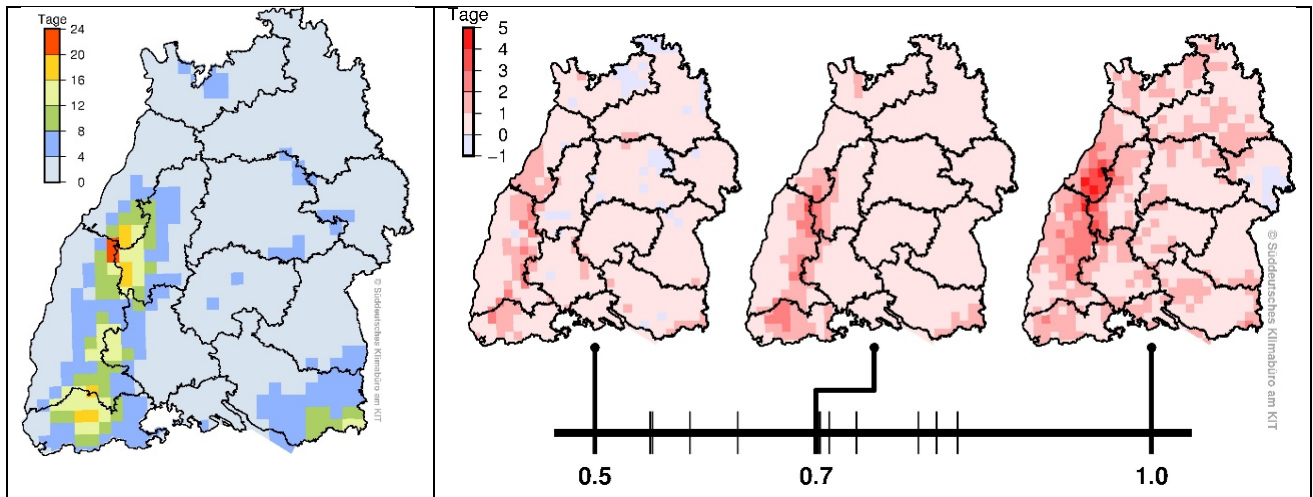


Abbildung 19: Anzahl von Tagen pro Jahr mit einer Niederschlagssumme von über 25 mm für die Beobachtungen 1971 – 2000 (links) und die Projektionen der Klimamodelle. Die Abbildung zeigt den Mittelwert (rechts, mittlere Karte) sowie die minimale und maximale Änderung (rechts, linke und rechte Karte) im Klimamodellensemble. Daten: Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Abbildung: Süddeutsches Klimabüro am KIT.

Auch wenn die Niederschlagssumme in den einzelnen Jahreszeiten sowie dadurch auch im Gesamtjahr zukünftig recht ähnlich bleiben wird wie gegenwärtig, so wird doch eine Verschiebung der Niederschläge erwartet. Denn die Anzahl und Länge von Trockenperioden im Sommerhalbjahr werden voraussichtlich zunehmen. Das heißt, es wird an weniger Tagen Regen fallen, dann aber eher als stärkeres Ereignis. Daher wird auch für das Auftreten von Starkniederschlägen im Raum Karlsruhe eine Zunahme erwartet. In der Vergangenheit traten durchschnittlich 2,6 Tage pro Jahr mit Niederschlagssummen von mehr als 25 mm auf. Für die Zukunft projizieren alle Klimamodelle eine Zunahme, durchschnittlich um 0,7 Tage (Abbildung 19). Zusätzlich bleibt zu beachten, dass auch die Variabilität zwischen den Jahren wie auch in der Vergangenheit hoch bleiben wird, sodass einzelne Jahre oder Jahreszeiten sehr trocken sein können und dann aber auch einzelne niederschlagsreiche Jahre und Jahreszeiten auftreten.

Letztendlich sind die Änderungen des Klimawandels auf vielen Ebenen und in vielen Bereichen spürbar und gehen weit über einen Temperaturanstieg oder eine Änderung der Niederschläge hinaus. Mit Hilfe der vorhandenen und sich stetig weiter entwickelnden regionalen Klimamodelle werden auch Veränderungen auf der regionalen Ebene immer besser wiedergegeben. Da die meisten regionalen Klimamodelle eine Stadt (noch) nicht detailliert darstellen können, müssen das Stadtklima und die speziellen Bedingungen in der Stadt bei Anpassungsmaßnahmen in Karlsruhe zusätzlich berücksichtigt werden. Dies geschieht entweder aus den Kenntnissen zum heutigen Stadtklima, die auf die zukünftigen Verhältnisse übertragen werden, oder über gesonderte Simulationen mit Stadtklimamodellen. Stadtklimamodelle werden daher zum Beispiel in der Bauleitplanung eingesetzt, um kleinräumige Temperaturunterschiede während eines heißen Tages in verschiedenen Planungsvarianten zu berechnen.

4. Indikatoren zu den Folgen des Klimawandels und zur Anpassung in Karlsruhe

Die wichtigste Klimaänderung für die Stadt Karlsruhe ist das verstärkte Auftreten von Hitzeperioden infolge der steigenden Temperaturen. Diese betreffen die gesamte Bevölkerung und können gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen. Der Gesundheitsschutz und Vorsorgemaßnahmen, um Hitzebelastungen vorzubeugen, ist daher eine wichtige Aufgabe für die Stadtverwaltung. Das beinhaltet sowohl die kurzfristige Reaktion auf Hitzewellen als auch die langfristige, vorausschauende Anpassung. Das gilt für das heutige ebenso wie für ein zukünftig geändertes Klima.

Treten Hitzeperioden wie in den vergangenen Jahren zusammen mit starker Trockenheit auf, beeinträchtigt dies auch Pflanzen, Tiere und Ökosysteme und äußert sich beispielsweise in Baumschäden, erhöhter Waldbrandgefahr und Niedrigwasserständen im Rhein.

Weitere Extremereignisse wie Hochwasser und Starkregenereignisse treten ebenfalls in Karlsruhe auf und können Schäden an Gebäuden und der Infrastruktur hervorrufen. Starke Stürme treffen das Stadtgebiet von Karlsruhe relativ selten, gefährden dann aber vor allem Bäume in Stadt und Wald sowie die Infrastruktur. Ebenfalls selten sind starke Gewitter und Hagel.

Für Baden-Württemberg erstellt die Landesanstalt für Umwelt (LUBW) zusammen mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg regelmäßig Monitoring-Berichte zu Klimafolgen und zur Anpassung. Die darin beschriebenen Erkenntnisse sind in vielen Fällen für Karlsruhe gültig.¹⁷

Zum Monitoring der Klimafolgen in Karlsruhe selbst gibt es verschiedene quantitative und qualitative Indikatoren aus städtischen Daten. Aus diesen lassen sich Erkenntnisse zum Handlungsbedarf und zur Planung und Implementierung von Anpassungsmaßnahmen ableiten. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen Indikatoren, die die Auswirkungen von Klimaänderungen beschreiben (häufig als „*Impact*-Indikatoren“ bezeichnet), und Anpassungsindikatoren („*Response*-Indikatoren“), die auf Daten zu bereits laufenden Anpassungsmaßnahmen beruhen. Zur Einordnung sind dieselben Handlungsfelder verwendet, denen auch die einzelnen Maßnahmen zur Klimaanpassung (siehe Klimaanpassungsstrategie 2021 – Monitoringbericht und 1. Fortschreibung, Teil 2: Umsetzungsstand der Maßnahmen und Ausblick) zugeordnet sind.

4.1 Indikatoren, die die Auswirkungen von Klimaänderungen beschreiben („*Impact*-Indikatoren“)

Für Karlsruhe liegen Daten für sechs Indikatoren vor, die geeignet sind, um Klimafolgen zu veranschaulichen.

Subjektiv empfundene Hitzebelastung (Handlungsfeld Gesundheit)

Eine Befragung des Karlsruher Instituts für Technologie (Kunz-Plapp et al. 2016¹⁸) nach zwei Hitzewellen im Sommer 2013 zeigte, dass die Karlsruherinnen und Karlsruher Hitzeereignisse insgesamt als hohe Belastung empfinden (Abbildung 20). Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Aufschlüsselung, bei welchen Tätigkeiten und an welchen Orten die Hitzebelastung als besonders stark eingeschätzt wird. Am häufigsten wurden „im ÖPNV“, „zu Hause nachts beim Schlafen“ und „in der Innenstadt“ genannt (Abbildung 21, Kunz-Plapp et al. 2016). Der ÖPNV steht aufgrund der im Jahr 2013 noch sehr seltenen Klimatisierung von Straßen-, Stadtbahnen und Bussen an erster Stelle. Letztere beiden unterstreichen die Notwendigkeit für die Stadt, Maßnahmen im sozialen/gesundheitlichen und städtebaulichen Bereich sowie an Gebäuden zu treffen und die

¹⁷ Monitoring-Berichte für Baden-Württemberg: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimamonitoring> (Zugriff: 02. Dezember 2020).

¹⁸ Kunz-Plapp, T., Hackenbruch, J., und Schipper, J. W. (2016). Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16(4), 977–994.

Bewältigung durch jeden und jede Einzelne durch Sensibilisierung und Information sowie gegebenenfalls Förderungen zu unterstützen.

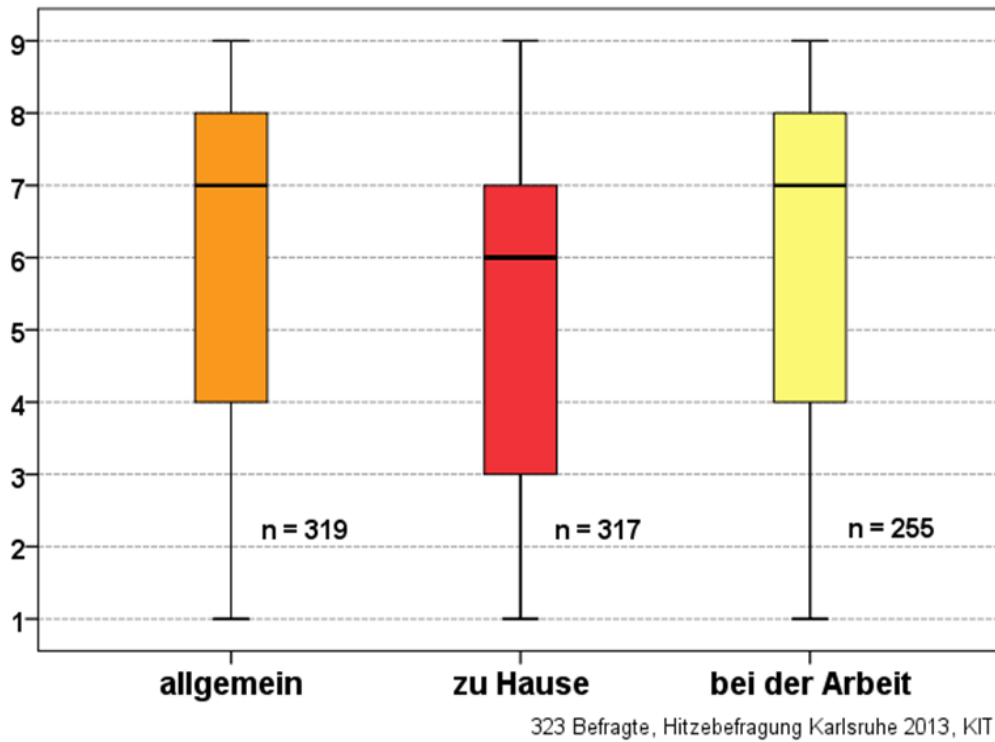


Abbildung 20: Antworten auf die Frage „Wie sehr empfinden Sie während einer Hitzeperiode die Hitze als Belastung“, Boxplots mit Median. 323 Befragte, Umfrage Hitzebelastung in Karlsruhe 2013, KIT; deutsche Übersetzung nach Kunz-Plapp et al. 2016.

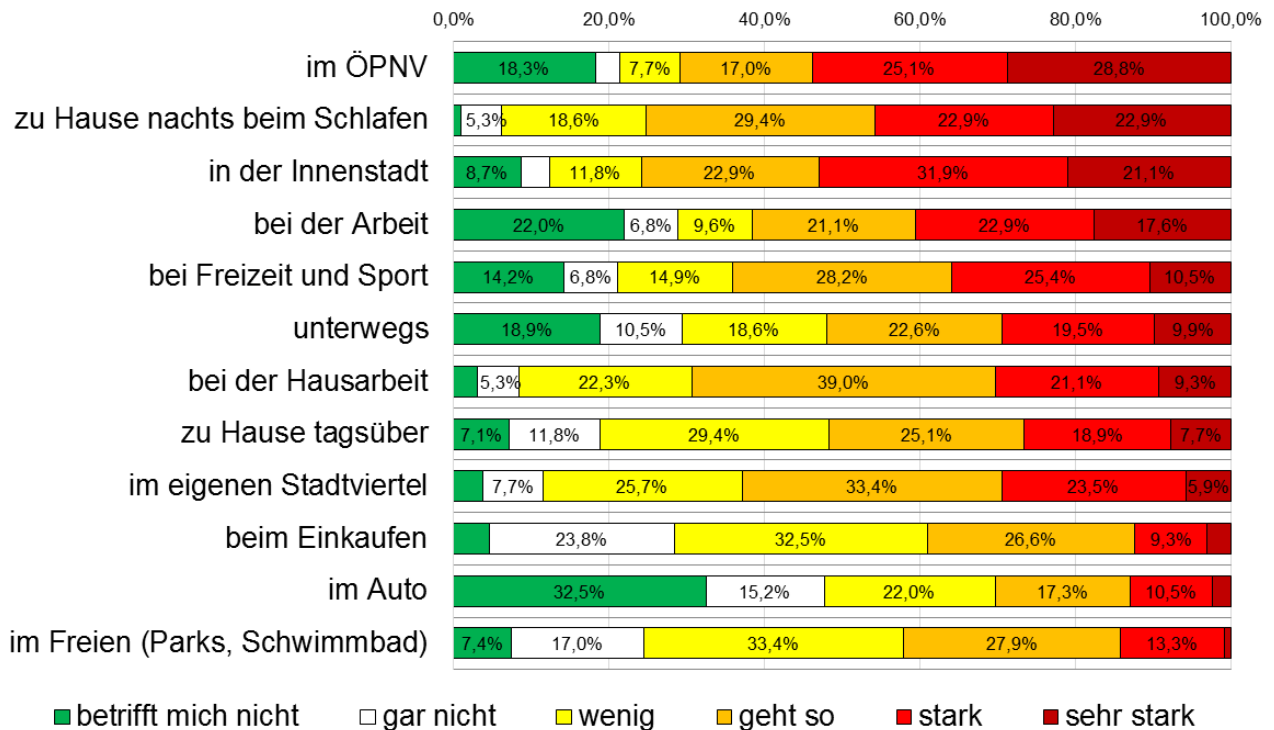


Abbildung 21: Subjektiv empfundene Hitzebelastung durch die Bewohner Karlsruhes während verschiedener Tätigkeiten und an verschiedenen Orten, prozentuale Antwortverteilung. 323 Befragte, Umfrage Hitzebelastung in Karlsruhe 2013, KIT; deutsche Übersetzung nach Kunz-Plapp et al. 2016.

Flächen mit Vorkommen der Ambrosie und Meldungen aus der Bevölkerung (Handlungsfeld Gesundheit)

Das Vorkommen der Hohen Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) und der Ausdauernden Ambrosie (*Ambrosia psilostachya*) wird in Karlsruhe seit 2007 durch den Umwelt- und Arbeitsschutz dokumentiert (Tabelle 4). Drei große Vorkommen sind seitdem etabliert (Wildacker im Hardtwald, Linkenheimer Landstraße in Neureut, Rheinstrandsiedlung Nussbaumweg mit *Ambrosia psilostachya*). Das Samenpotential an der Linkenheimer Landstraße scheint besonders hoch zu sein. Nachdem die Vegetationsschicht durch den Hitzesommer 2018 stark lückig geworden war, vergrößerte sich der Bestand der Ambrosie 2019 dort stark. 2020 nahm der Bestand wieder deutlich ab. Die intensive Aufklärungsarbeit der Bevölkerung bewirkte zahlreiche Meldungen von Vorkommen in der Stadt Karlsruhe (Abbildung 22).

Tabelle 4: Bekannte Vorkommen der Ambrosie in Karlsruhe. Angegeben ist die Anzahl der Pflanzen im jeweiligen Bestand.
Daten: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Jahr	Wildacker im Hardtwald	Linkenheimer Landstraße	Rheinstrandsiedlung Nußbaumweg (<i>Ambrosia coronopifolia</i>)
2007	2.000	zwischen 100 und 1.000	keine Daten verfügbar
2008	keine Daten verfügbar	3.400	keine Daten verfügbar
2009	keine Daten verfügbar	7.500	2.500
2010	>20.000	30.000	800
2016	zwischen 100 und 1.000	>10.000	>1.000
2017	>10.000	>10.000	zwischen 100 und 1.000

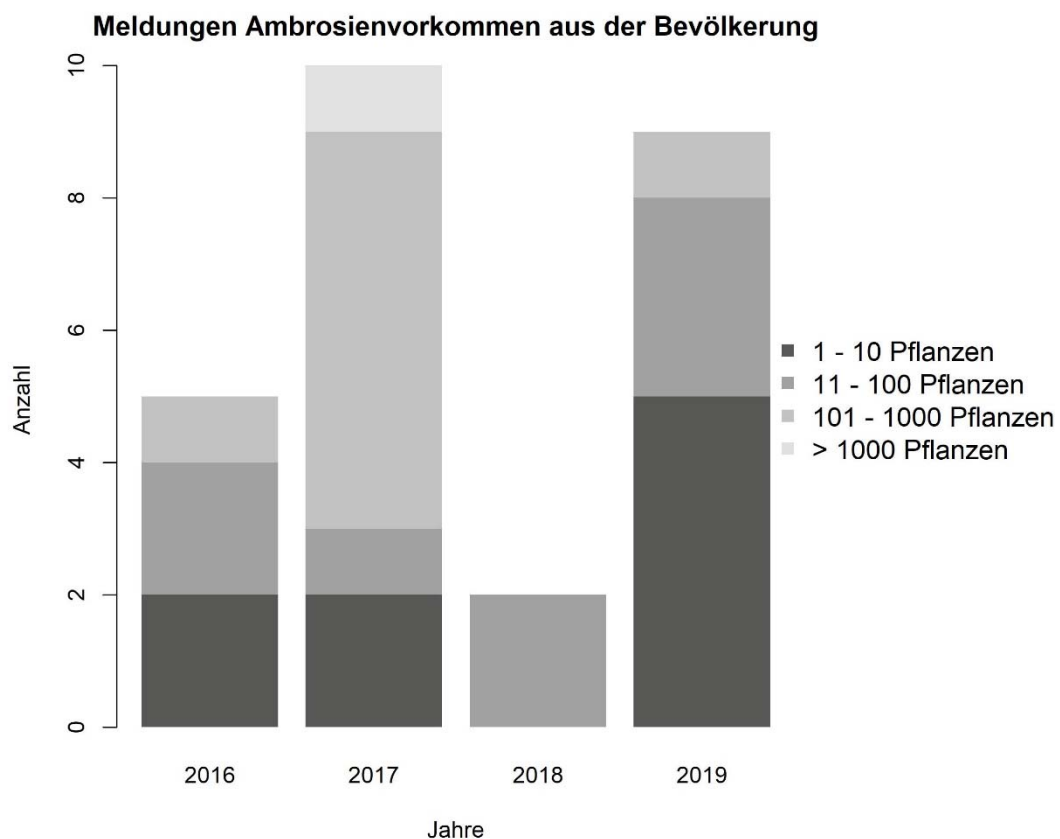


Abbildung 22: Anzahl der Meldungen von Ambrosienvorkommen aus der Bevölkerung seit 2016. Daten und Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Tigermückenfunde im Rahmen der Tigermückenbekämpfung (Handlungsfeld Gesundheit)

In Karlsruhe wurde im September 2017 erstmals eine Tigermücke (*Aedes albopictus*) gesichtet. Seit 2018 wird ein systematisches Monitoring durchgeführt. Dieses bezieht sich auf das Gebiet, in dem als Erstes beziehungsweise in der Folgezeit Tigermücken aufgetreten sind. Dort werden Fallen aufgestellt (Tabelle 5). In Baden-Württemberg wird das Vorkommen der Tigermücke bereits seit 2005 im Rahmen des Klimafolgenmonitorings des Landes kartiert.¹⁹

Tabelle 5: Ergebnisse des Tigermücken-Monitorings 2018 und 2019. Quelle: Jahresberichte der KABS e.V. zur Tigermückenbekämpfung in Karlsruhe.

	2018	2019
Funde in Fallen	7 von 15 Fallen mindestens einmal positiv beprobt	6 von 26 Fallen mindestens einmal positiv beprobt
Funde von befruchteten Eiern	95 in 75 Proben	15 in 182 Proben
Anflüge	2	0
eingesendete Tigermücken	0	1

Schadensbedingte Holzmengen (Handlungsfeld Wald)

Folgen von Hitze und Trockenheit an Bäumen in Stadt und Wald können noch Jahre nachwirken, sowohl infolge von Insektenvermehrung als auch in Form des Absterbens alter wie auch neu gepflanzter Bäume. Bei einem mehrfachen Auftreten von heißen und trockenen Sommern ist zudem die notwendige Erholungszeit für die Bäume nicht mehr gegeben.

Indizien für das Schadensausmaß im Wald sind die verbuchten Holzmengen, die nicht als Ergebnis von geplanten forstlichen Maßnahmen angefallen sind, sondern wegen verschiedener Schadensursachen „zufällig“ genutzt werden mussten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Entwicklung der Holzmengen im Stadtwald zwischen 2018 und 2020. Gezeigt ist, wie hoch der Anteil schadensbedingter Nutzungen an der gesamten genutzten Holzmenge ist, sowie die Verteilung der Schadensursachen. Die Zahlen für 2020 sind noch nicht komplett, Erfassungsende war am 14. Dezember 2020. Quelle: Stadt Karlsruhe, Forstamt.

Holzmengen Stadtwald 2018 - 2020 (in Festmetern = Kubikmetern)			
Jahr	2018	2019	2020
Mögliche Nutzung (gemäß Forsteinrichtung 2020)	14.200	14.200	14.200
Gesamtnutzung	13.095	9.755	9.397
a) planmäßig	11.957	6.903	4.267
b) schadensbedingt	1.138 = 9%	2.852 = 29%	5.130 = 55%
Ursachen der schadensbedingten Nutzung, Anteil in % an b)			
Jahr	2018	2019	2020
Insekten	54%	23%	28%
Pilze	25%	23%	31%
Sturm	15%	3%	23%
Dürre	6%	51%	17%

¹⁹ Erster Monitoring-Bericht Baden-Württemberg zu Klimafolgen und Anpassung: www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimamonitoring (Zugriff: 30. März 2020).

Zu den Schadensursachen zählen Sturm, Insektenbefall (Borkenkäfer), Pilze und Dürre. Von den Schadensereignissen sind nahezu alle Haupt-Baumarten betroffen. Der Anteil der sogenannten zufälligen Nutzungen lag in den Jahren zwischen 2008 und 2016 zwischen unter 1 Prozent und 4 Prozent. Nach bereits höheren Werten in den Jahren 2017 und 2018 (13 Prozent beziehungsweise 9 Prozent), zeigen sich die Folgen der Trockenheit in den Zahlen der Jahre 2019 und 2020 sehr deutlich. 2020 lag bis zum Erfassungsende Ende Oktober der Anteil der schadensbedingten Holzmengen bei 60 Prozent.

Nicht verbucht sind jedoch die Holzmengen von Bäumen, die in unterschiedlichem Ausmaß Schäden aufweisen oder bereits abgestorben sind, die aber aus ökologischen Gründen im Wald verbleiben. Geschädigte oder bereits abgestorbene Bäume werden vor allem dort gefällt und deren Holzmenge verbucht, wo es die Verkehrssicherheit erfordert oder wenn das Holz noch sinnvoll und wirtschaftlich vermarktet werden kann.

Eine exakte Darstellung der Schadenssituation für den Stadtwald ist derzeit nicht möglich. Dazu müsste eine aufwändige Waldschadensinventur durchgeführt werden. Eine revierweise Schadensanalyse auf Schätzbasis wird aktuell vom Forstamt erarbeitet.

Grundwasserstand (Handlungsfeld Grundwasserbewirtschaftung und Trinkwasserversorgung)

Die Zeitreihe des Grundwasserstandes an einer Messstelle nahe Karlsruhe zeigt starke Schwankungen zwischen einzelnen Jahren sowie Perioden mit höheren oder niedrigeren Grundwasserständen (Abbildung 23). Der Grundwasserstand ist dort im Wesentlichen vom Niederschlag abhängig. Anfang der 1960er und in den 1970er Jahren wurden die bisher niedrigsten gemessenen Grundwasserstände im Raum Karlsruhe beobachtet. Aufgrund von wenig Niederschlag in diesen Jahren fand wenig Grundwasserneubildung statt. Die Grundwasserstände waren insbesondere in den 1970er Jahren deutlich niedriger als jetzt. Trotz sinkender Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist der Grundwasserstand seit 1970 nicht absinkend. Allerdings wurden den letzten 15 Jahren vor allem mittlere bis niedrige Grundwasserstände gemessen. Die gezeigte Grundwasserstandsganglinie ist mit den Grundwasserständen an anderen Messstellen des Tiefbauamtes Karlsruhe im Stadtgebiet vergleichbar.

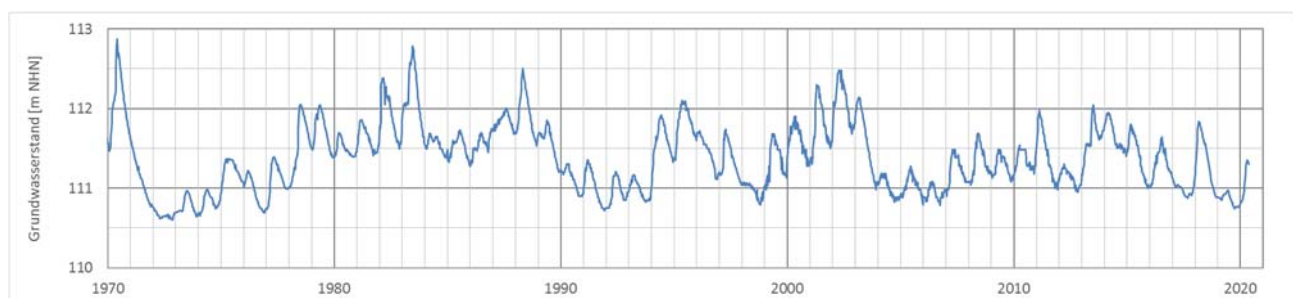


Abbildung 23: Grundwasserstand an der Messstelle RW 19 auf der Niederterrasse zwischen Muggensturm und Bietigheim. Abbildung: Stadtwerke Karlsruhe.

Trinkwasserabgabe in Abhängigkeit von der Temperatur (Handlungsfeld Grundwasserbewirtschaftung und Trinkwasserversorgung)

Der Trinkwasserbedarf in Karlsruhe zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur und vom Niederschlag. Der tägliche Trinkwasserbedarf steigt ab einer Tageshöchsttemperatur von etwa 20°C und nach einigen Tagen ohne Regen in der Regel an (Abbildung 24). Die Streuung ist groß, da der Trinkwasserbedarf von vielen weiteren Faktoren abhängt, beispielsweise von der Niederschlagssituation, dem Wochentag beziehungsweise Wochenende oder den Schulferien. Es wird angenommen, dass das zusätzlich abgegebene Trinkwasser im Wesentlichen zur Bewässerung von Grün- und Gartenflächen verwendet wird, zur Befüllung von Swimmingpools und Planschbecken und zum häufigeren Duschen. An sehr verbrauchsreichen Tagen wird daher in Karlsruhe bis zu 50 Prozent mehr Trinkwasser abgegeben als im Jahresdurchschnitt.

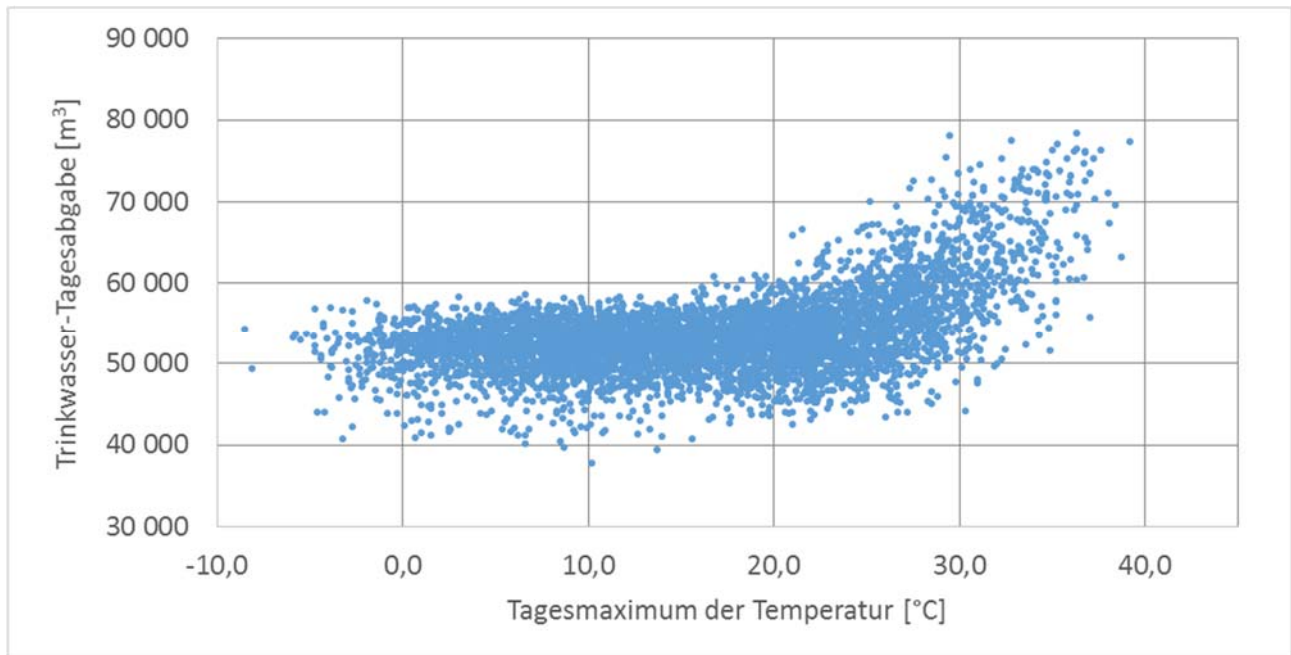


Abbildung 24: Tägliche Trinkwasserabgabe der Stadtwerke Karlsruhe (ohne Zweckverband Wasserversorgung Albgau) 2005 bis 2019 in Abhängigkeit von der Temperatur. Abbildung: Stadtwerke Karlsruhe.

4.2 Anpassungsindikatoren („Response-Indikatoren“)

Der Index „Kommunale Klimaanpassung“ beleuchtet den Klimaanpassungsprozess in Karlsruhe als Ganzes. Die beiden Indikatoren „Umsetzungsstand der Maßnahmen“ und „zukünftig vorgesehene Ausgestaltung der Maßnahmen“ nehmen die Klimaanpassungsstrategie in Hinblick auf den gesamten Maßnahmenkatalog in den Blick. In verschiedenen Handlungsfeldern liegen für weitere sieben Indikatoren für Karlsruhe Statistiken oder Erfahrungswerte vor.

Index „Kommunale Klimaanpassung“

Eines der 16 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (*Sustainable Development Goals, SDG*) ist „Maßnahmen zum Klimaschutz“, wozu in deren Definition auch die Klimaanpassung gehört. Die Nachhaltigkeitsziele wurden mit Indikatoren unterlegt, die zur Nachhaltigkeitsberichterstattung in Kommunen konzipiert sind. Der Indikator „Kommunale Klimaanpassung“ erhebt den Anteil umgesetzter Klimaanpassungsmaßnahmen als Summenindex aus zehn dichotomen Variablen, basierend auf einem standardisierten Fragebogen. Für Karlsruhe ergibt sich, dass die im Index erhobenen Klimaanpassungsmaßnahmen zu 80 Prozent umgesetzt werden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Index "Kommunale Klimaanpassung aus zehn Ja/Nein-Fragen (Wert 0 bis 10). Der Fragebogen wurde aus dem Handbuch „SGD-Indikatoren für Kommunen“²⁰ übernommen.

Frage	Ja/nein	Index
1	Sind eine Klimaanalyse und Klimagefahrenkarte für Ihre Kommune erstellt worden?	Ja 1
2	Gibt es einen politischen Beschluss zur Klimaanpassung?	Ja 1
3	Ist ein Konzept vorhanden, das sich mit den Auswirkungen des Klimawandels in der Kommune auseinandersetzt, dabei die spezifische kommunale Betroffenheit und Gefährdung betrachtet und daraus eine lokale Strategie mit geeigneten Anpassungsmaßnahmen entwickelt (Klimaanpassungskonzept)?	Ja 1
4	Wurde dieses Klimaanpassungskonzept beschlossen?	Ja 1
5	Findet die Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Schutz vor Überflutung, Hitze, Trockenheit, Sturmschäden, etc.) in der Stadtplanung und -entwicklung Beachtung?	Ja 1
6	Wurden/Werden Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels bei öffentlichen Vorhaben/Gebäuden/Flächen (z. B. Dach- und Fassadengrün, Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen auf Plätzen, Retentionsflächen und vieles mehr) bereits umgesetzt?	Ja 1
7	Ist eine fach-/ressortübergreifende Arbeitsgruppe „Klimaanpassung“ in Ihrer Kommune vorhanden?	Nein 0
8	Ist ein kommunaler Hitzeaktionsplan oder ein ähnliches Instrument zur Hitzevorsorge vorhanden?	Nein 0
9	Existieren Angebote zur Sensibilisierung und Information der Bürger:innen zu Klimawandel und -anpassung?	Ja 1
10	Gibt es kommunale Förderprogramme für private Klimaanpassungsmaßnahmen und Eigenvorsorge für Akteure in der Stadtgesellschaft?	Ja 1
Summe		8

Umsetzungsstand der Maßnahmen

Alle Maßnahmen aus der Klimaanpassungsstrategie 2021 (siehe Klimaanpassungsstrategie 2021, Teil 2: Umsetzungsstand der Maßnahmen und Ausblick) wurden hinsichtlich ihres Umsetzungsstandes klassifiziert. Knapp die Hälfte der Maßnahmen wird kontinuierlich verfolgt, etwa ein Viertel wurde begonnen oder befindet sich gerade in Umsetzung. Nur vier Maßnahmen wurden zurückgestellt, noch nicht umgesetzt oder nicht verfolgt, während sieben abgeschlossen wurden. Neu konzipiert wurden zehn Maßnahmen, die daher als geplant gelten (Abbildung 25).

²⁰ Bertelsmann Stiftung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städtetag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutsches Institut für Urbanistik, Engagement Global (Servicestelle Kommunen in der Einen Welt), Rat der Gemeinden und Regionen Europas/Deutsche Sektion (Herausgeber) (2020): SGD-Indikatoren für Kommunen: Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen in deutschen Kommunen, Indikator Nr. 86 „Kommunale Klimaanpassung“.

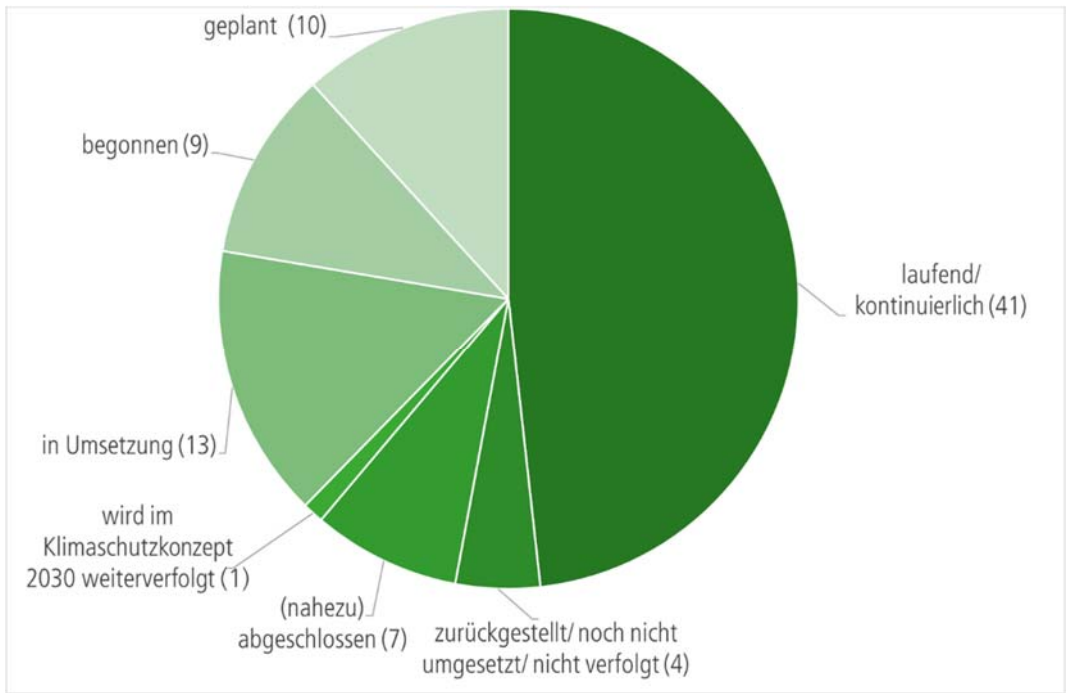


Abbildung 25: Umsetzungsstand für die 85 Maßnahmen der Klimaanpassungsstrategie 2021. Graphik: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Zukünftig vorgesehene Ausgestaltung der Maßnahmen

Mit Blick in die Zukunft wird dokumentiert, welche Ausgestaltung für jede Maßnahme der Klimaanpassungsstrategie geplant ist. Mehr als die Hälfte wird als Daueraufgabe verfolgt oder weiterhin wie bisher weitergeführt. Für 16 Maßnahmen sind eine Weiterführung und Vertiefung, Optimierung oder ein verstärkter Einsatz vorgesehen (Abbildung 26).

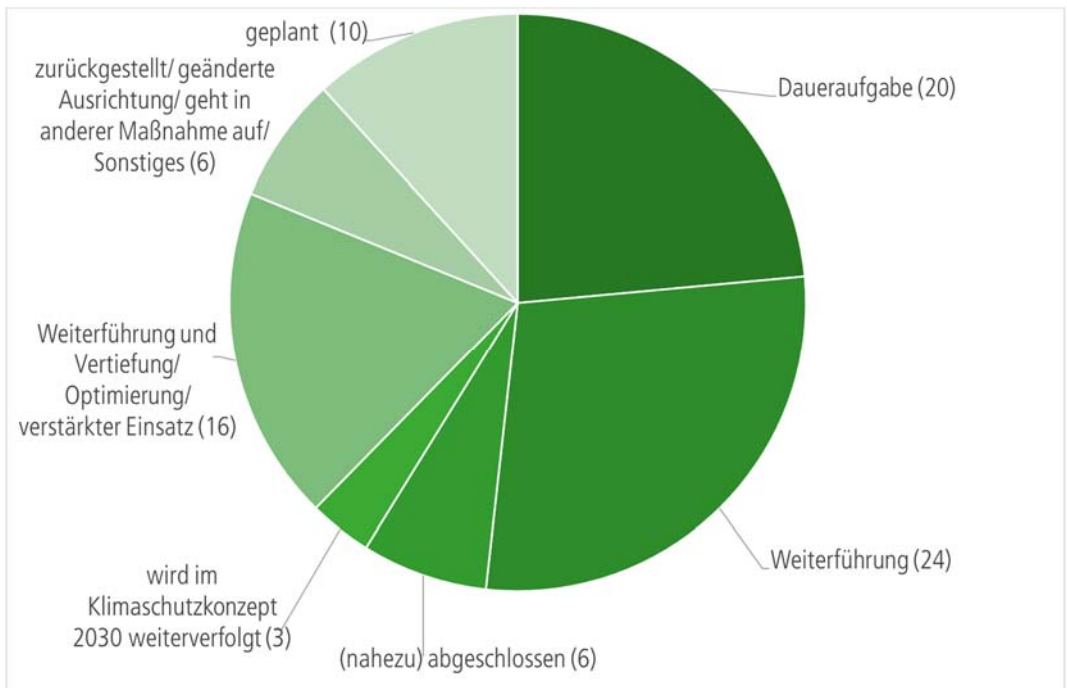


Abbildung 26: Ausblick, welche zukünftige Ausgestaltung für die 85 Maßnahmen der Klimaanpassungsstrategie 2021 vorgesehen ist. Graphik: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

Presseanfragen (Handlungsfeld Übergreifendes)

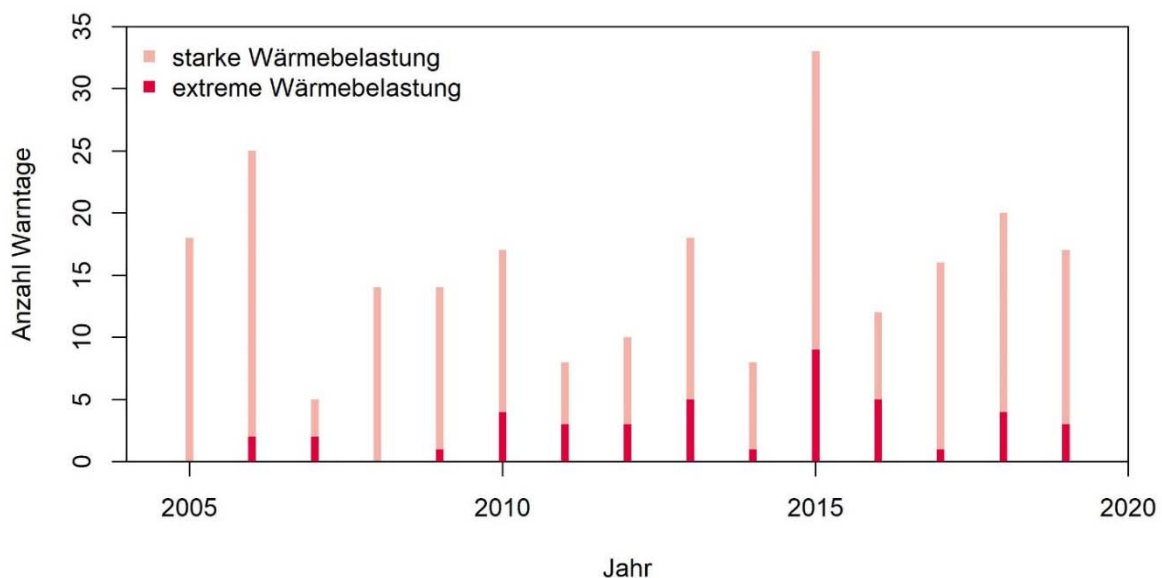
In den vergangenen Jahren stieg die Präsenz des Themas Klimawandel in der öffentlichen Wahrnehmung und in der politischen Diskussion. Das öffentliche Bewusstsein für Klimathemen äußert sich beispielsweise in der Zahl von Presseanfragen an die Stadt und der Berichterstattung in den lokalen und regionalen Medien genauso wie in Anliegen, die Bürgerinnen und Bürger direkt an die Stadt herantragen.

Die Anfragen an die Stadt zur Anpassung an den Klimawandel haben sich nach der Einschätzung des Presseamtes der Stadt Karlsruhe insbesondere im Jahr 2019 erhöht. Gerade nach mehreren Pressekonferenzen der Stadt zum Trockensommer im August/September und nachdem sich das Thema stark in der Kommunalpolitik und im Gemeinderat niedergeschlagen hat, haben die Medien verstärkt und umfangreich Anfragen gestellt. Zusätzlich zeigt sich hohes Medieninteresse während Hitzewellen. Genaue Zahlen liegen für diesen Indikator nicht vor.

Tage mit Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes (Handlungsfeld Gesundheit)

Der Deutsche Wetterdienst hat ein Hitzewarnsystem eingerichtet. Die Hitzewarnsaison geht von Anfang bis Ende des Sommers. Dann werden per Newsletter oder über eine App tägliche Hitzewarnungen an alle Abonnenten versendet, sobald die Hitze die festgelegten Schwellenwerte für die „gefühlte Temperatur“ überschreitet²¹. Die gefühlte Temperatur ist eine kombinierte meteorologische Größe, die aus den Werten von Lufttemperatur, Luftfeuchte, Wind und Strahlung berechnet wird. Bei den Hitzewarnungen gibt es zwei Stufen: Bei einer gefühlten Temperatur von mehr als 32°C wird vor einer „starken Wärmebelastung“ gewarnt, bei einer gefühlten Temperatur von mehr als 38°C vor einer „extremen Wärmebelastung“.

Die Anzahl der Tage, an denen der Deutsche Wetterdienst in den Jahren 2005 bis 2019 Hitzewarnungen für den Stadt- und Landkreis Karlsruhe ausgegeben hat, zeigt, dass die Wärmebelastung in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich ist (Abbildung 27). Beispielsweise wurde im Jahr 2007 an fünf Tagen gewarnt, 2015 an 33 Tagen. Mit 15 Jahren ist die Zeitreihe allerdings noch zu kurz, um einen Trend zu berechnen.



Datenquelle: DWD

Abbildung 27: Anzahl an Tagen mit Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Jahre 2005 bis 2019. Die Warnungen werden gemeinsam für Stadt und Landkreis Karlsruhe ausgegeben. Abbildung: Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz.

²¹ Die Anmeldung für die Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes ist kostenfrei: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html> (Zugriff: 30. März 2021). Die Hitzewarnungen können ebenfalls über die Apps „Warnwetter“ und „Gesundheitswetter“ abgerufen werden.

Temperaturmonitoring Gebäude (Handlungsfeld Gebäude)



Abbildung 28: Nachtlüftungsklappen an den Fenstern des technischen Rathauses erlauben, nachts kühlere Luft ins Gebäude zu leiten, ohne dass Fenster ungesichert offenstehen. Foto: Atelier Dirk Altenkirch.

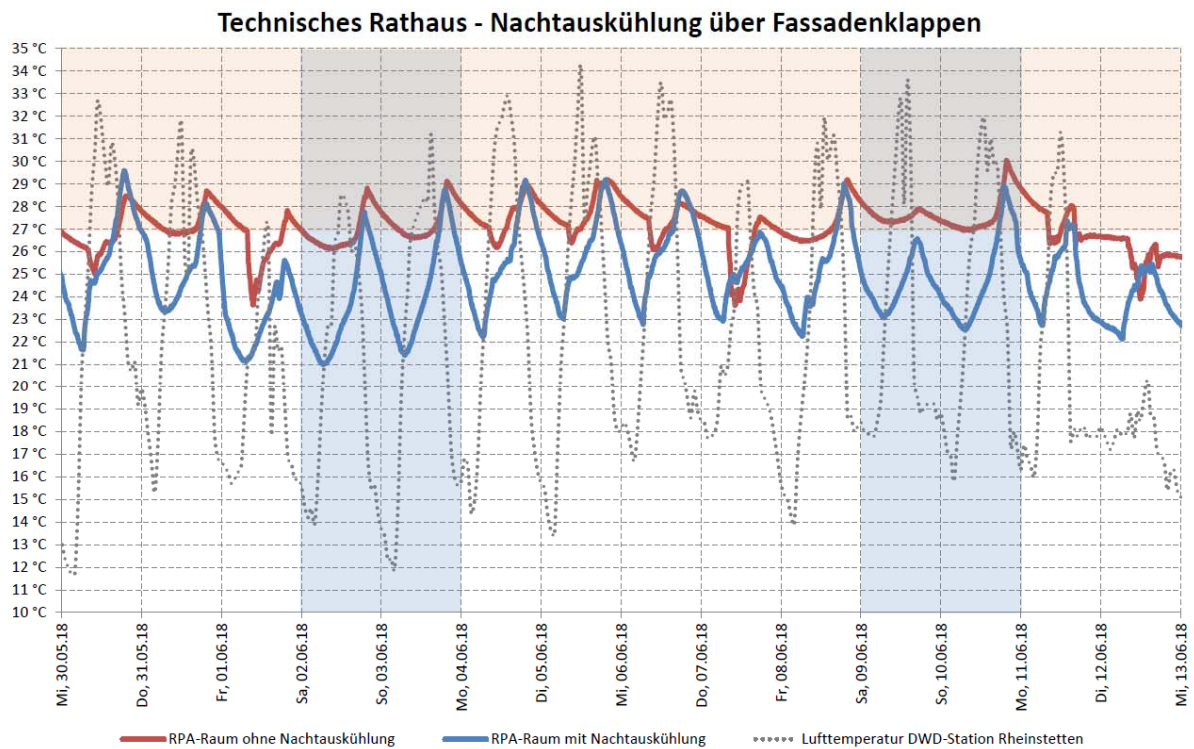


Abbildung 29: Temperaturverlauf über mehrere Tage in zwei Räumen im Technischen Rathaus im Vergleich (rot ohne Nachtauskühlung, blau mit Nachtauskühlung). Zum Vergleich ist außerdem die Lufttemperatur an der Wetterstation in Rheinstetten aufgetragen (gestrichelt). Datenquelle: Stadt Karlsruhe, Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft.

Die Kühlung der städtischen Gebäude stellt gerade in der Innenstadt eine Herausforderung dar. Energieintensive Klimaanlage werden in den Gebäuden außer in notwendigen Ausnahmefällen nicht betrieben. Daher gilt es, die nächtlichen kühleren Außentemperaturen zu nutzen, um auch die Innenräume abzukühlen. Im Technischen Rathaus Karlsruhe wurden dazu Fassadenklappen eingebaut, die erlauben, daher die Fenster auch über Nacht zu öffnen (Abbildung 28).

Das Temperaturmonitoring zeigt die Wirkung der Nachtauskühlung (Abbildung 29). Der Vergleich zwischen einem Raum mit Nachtauskühlung und einem Raum ohne Nachtauskühlung zeigt, dass die Temperaturspitzen am Tag zwar in beiden Räumen ähnlich sind. Die Abkühlung im Raum mit den Fassadenklappen zur nächtlichen Belüftung erfolgt hingegen deutlich schneller und stärker, sodass am frühen Morgen Temperaturunterschiede von mehreren Grad zwischen dem belüfteten und unbelüfteten Raum auftreten.

Festsetzungen zur Grünordnung in Bebauungsplänen (Handlungsfeld Stadtgrün)

Für das Konzept zur Aufstellung von Grünsatzungen hat das Gartenbauamt in einem ersten Schritt die bestehenden Bebauungspläne hinsichtlich ihrer Qualität in Bezug auf die enthaltenen Grünfestsetzungen klassifiziert (Abbildung 30). Deutlich wird, dass gerade im eng bebauten Innenstadtbereich die Qualität bezüglich der Festsetzungen zur Grünordnung in den meisten Fällen nur als „gering“ bewertet wird. Für jüngere Bebauungspläne ist sie „hoch“. Die Erhebung bildet die Grundlage für Entscheidungen, welche Bebauungspläne mit der Grünsatzung prioritär in den Blick genommen werden sollen.

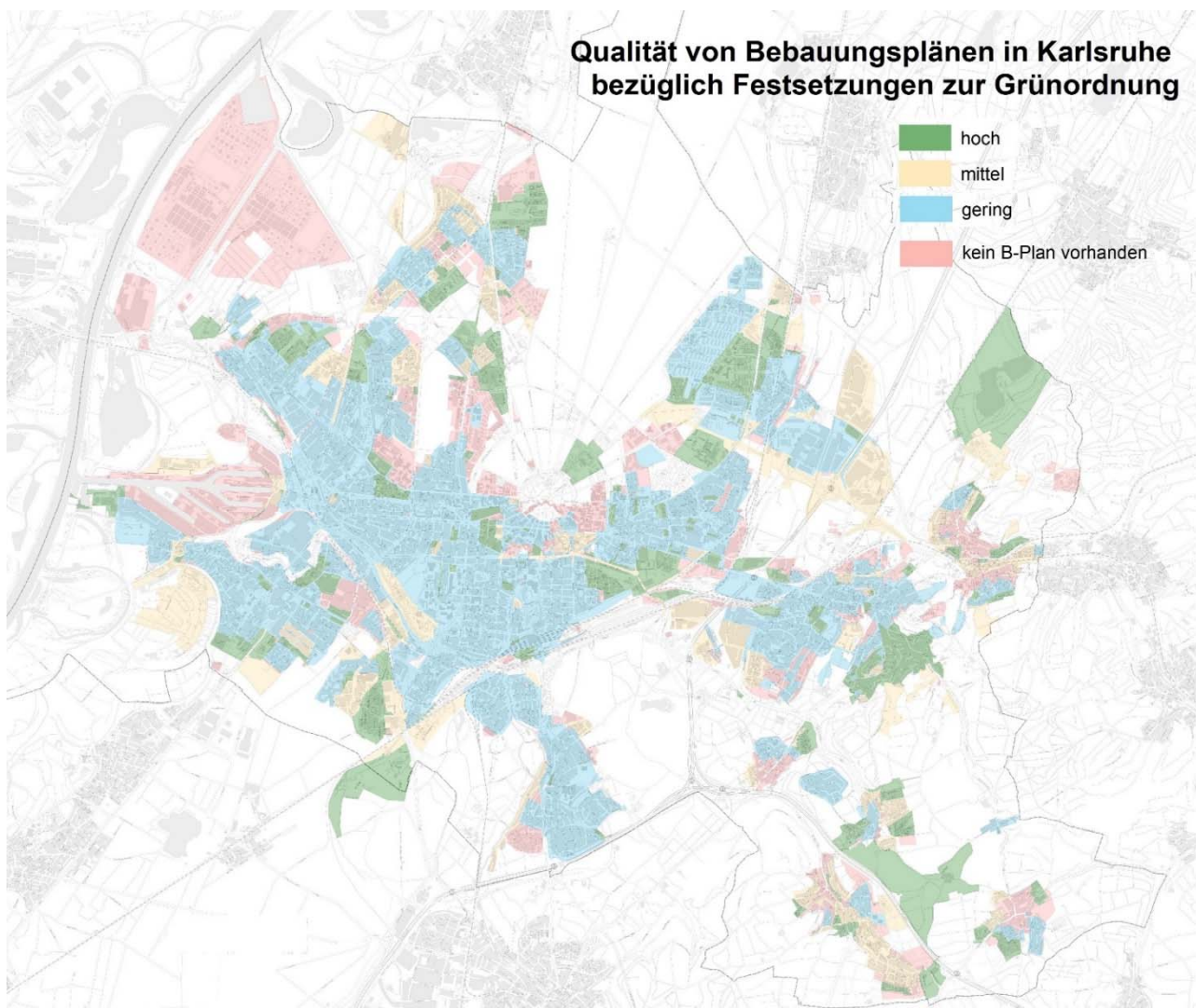


Abbildung 30: Einstufung der Qualität der Bebauungspläne bezüglich ihrer Festsetzungen zur Grünordnung.
Abbildung: Stadt Karlsruhe, Gartenbauamt.

Grünflächen (Handlungsfeld Stadtgrün)

Bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere wurde in der Vergangenheit immer auf die zeitgleiche Schaffung entsprechender Erholungsräume für die neuen Bewohnerinnen und Bewohner geachtet. So sind in der neuen Südstadt-Ost im Laufe der baulichen Entwicklung von 1998 bis 2015 circa neun ha an öffentlichen Freiräumen entstanden. Dies sind wichtige Ausgleichsräume für das dicht bebaute Stadtquartier mit seiner Blockrandstruktur. Hinzu kommt die Begrünung aller Flachdächer mit Extensivbegrünung und selbstverständlich die Begrünung der Tiefgaragendächer als nutzbare wohnungsbezogene Freiräume.

Ziel ist, der Bevölkerung auch bei einer weiteren baulichen Entwicklung zusätzliche Erholungsfreiräume bereitzustellen. Die öffentlichen Grünflächen in der Zuständigkeit des Gartenbauamtes haben sich von 2011 mit 1.038 ha über 2015 mit 1.050 ha bis 2018 auf 1.052 ha erhöht. Private Grünflächen, die zum Beispiel in neuen Wohnanlagen angelegt wurden, sind hier nicht beinhaltet.

Stadtbäume und Baumpatenschaften (Handlungsfeld Stadtgrün)

Analog der Entwicklung der Grünflächen hat sich auch die Zahl der Stadtbäume kontinuierlich erhöht. Pro Jahr gibt es etwa 700 Neupflanzungen. Das Gartenbauamt hatte 2015 insgesamt 137.542 Stadtbäume, davon 70.406 Bäume an Straßen. 2018 lag die Baumzahl bei 139.105, davon 71.282 Bäume an Straßen. Es gibt keine Zielzahl auf die hingearbeitet wird. Ziel ist vielmehr möglichst viel an Stadtgrün und Bäumen zu schaffen.

Dass sich auch die Bürgerinnen und Bürger für das Stadtgrün und Bäume einsetzen möchten, zeigt die Anzahl der Baumpatenschaftsanfragen beim Gartenbauamt. Diese lag zwischen März und November 2020 bei 200.

Straßenbahnstrecken mit Rasengleis (Handlungsfeld Verkehr)

Seit 2013 wurden in Karlsruhe auf einer Strecke von rund 5,4 km neue Rasengleise installiert. Die Entwicklung der nach 2012 hinzugekommenen Strecke zeigt Abbildung 31

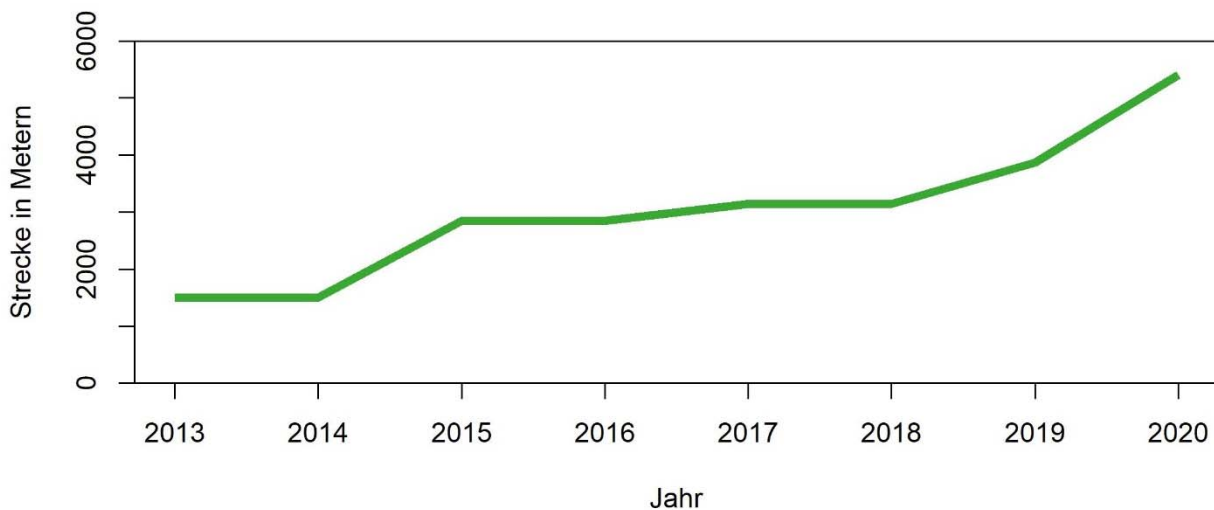


Abbildung 31: Neue Rasengleise in Karlsruhe: Gezeigt ist die Summe der neu hinzugekommenen Strecken seit 2012. Daten: Verkehrsbetriebe Karlsruhe, Graphik Stadt Karlsruhe, Umwelt und Arbeitsschutz.

