Stadt Erlangen

Klimaanpassungskonzept der Stadt Erlangen



Teil A: Klimaanpassungsstrategie

Erstellt von:

GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover

MUST Städtebau GmbH, Köln

Im Auftrag der

Stadt Erlangen

Amt für Umweltschutz und Energiefragen

Mai 2019

GEFÖRDERT DURCH:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS I

1. EINFÜHRUNG 1

1.1 Hintergrund 1

1.2 Projektziele und -ablauf 2

1.3 Beteiligungsprozess 3

1.4 Studien und Vorhaben mit Relevanz für das Klimaanpassungskonzept (Bestandsaufnahme) 5

2. KLIMAWANDEL IN ERLANGEN 6

2.1 Methode & Datengrundlagen 6

2.1.1 Beobachtungsdaten 6

2.1.2 Regionalmodelldaten 6

2.1.3 Methodik 7

2.2 Beobachteter Klimawandel 10

2.3 Erwarteter Klimawandel 13

2.3.1 Temperaturzunahme & Hitze 13

2.3.2 Niederschlagsverschiebung & Trockenheit 17

2.3.3 Starkniederschlag 20

2.3.4 Wind & Sturm 22

2.4 Zusammenfassung 23

3. BETROFFENHEITSANALYSE 25

3.1 Räumliche Betroffenheiten – Fokus Hitze in der Stadt (Stadtklimaanalyse) 25

3.2 Funktionale Betroffenheiten - Prioritäre Klimawirkungen 31

3.2.1 Handlungsfeld Menschliche Gesundheit 32

3.2.2 Handlungsfeld Wasser 35

3.2.3 Handlungsfeld Natur und Stadtgrün 37

3.2.4 Handlungsfeld Land- und Forstwirtschaft 39

3.2.5 Handlungsfeld Bauwesen 41

3.2.6 Handlungsfeld Verkehr 43

3.2.7 Handlungsfeld Energie 45

3.2.8 Handlungsfeld Wirtschaft 47

4. GESAMTSTRATEGIE ZUR KLIMAANPASSUNG 49

4.1 Kernziele der Klimaanpassung in Erlangen 49

4.2 Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung 50

4.3 Verstetigungsstrategie 75

4.3.1 Verankerung der Klimaanpassung in der Erlanger Verwaltungsstruktur 75

4.3.2 Verstärkte Berücksichtigung der Klimaanpassung in Planungsprozessen 76

4.4 Controlling-Konzept 79

4.5 Strategie zur Kommunikation des Anpassungskonzeptes in die Stadtgesellschaft 81

5. ZUSAMMENFASSUNG 84

LITERATURNACHWEIS 87

ANHANG i

Bildnachweis Titelfolie: Stadt Erlangen, Hans-Heinrich Moritz

1. Einführung

1.1 HINTERGRUND

Die Veränderung des globalen Klimas und die weltweiten Auswirkungen des Klimawandels werden durch den „Weltklimarat“ IPPC[1] regelmäßig in Sachstandsberichten dokumentiert und öffentlichkeitswirksam diskutiert. Angesichts der Aussagen des 5. Sachstandsberichts (IPCC 2014) und global ansteigender CO_2-Emissionen, ist davon auszugehen, dass die Klimafolgenanpassung im Laufe der kommenden Jahrzehnte noch weiter an Bedeutung gewinnen wird. Daher hat die Europäische Union ihre Mitgliedsstaaten im Rahmen der Klimafolgenanpassungsstrategie zu einem gemeinschaftlichen Vorgehen aufgefordert (EU-Kommission 2007, 2009, 2013). Der deutsche Anpassungsprozess wird vom Umweltbundesamt bzw. vom dortigen „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB; mittlerweile: BMU) gesteuert. Die Deutsche Anpassungsstrategie und der Aktionsplan Anpassung werden regelmäßig evaluiert und fortgeschrieben (Bundesregierung 2008, 2011, UBA 2015).

In der Deutschen Anpassungsstrategie heißt es: **“Da Anpassung in den meisten Fällen auf regionaler oder lokaler Ebene erfolgen muss, sind viele Entscheidungen auf kommunaler oder Kreisebene zu treffen“** (Bundesregierung 2008). Diesen Ansatz greift der Deutsche Städtetag in einem aktuellen Positionspapier mit der Forderung auf, dass umfassende, fachbereichs- oder dezernatsübergreifende Klimaanpassungskonzepte erstellt werden sollten, um die Folgen der Klimaänderungen in der bzw. für die Stadt zu minimieren (Deutscher Städtetag 2019). In Bayern werden die Kommunen mit der 2009 begonnenen und 2016 fortgeschriebenen Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (STMUV 2016) sowie verschiedenen Plattformen zu Informationen oder Warnungen über Gefahren unterstützt (z.B. Niedrigwasserwarndienst (NID), Informationsdienst Überschwemmungsgefährdeter Gebiete (IÜG); vgl. LFU 2019b). Auf kommunaler Ebene verfügen die großen Metropolen wie München und Nürnberg bereits über Klimaanpassungskonzepte (LHH München 2012, Stadt Nürnberg 2016). Doch hat das vergangene Jahr 2018 noch einmal verdeutlicht, zu welchen Schäden Hitze- und Dürreperioden oder Starkregenereignisse in Städten allgemein bzw. in Erlangen im speziellen führen können. Da in Zukunft vermehrt mit solchen Ereignissen gerechnet werden muss, zeichnet sich in vielen Städten, ähnlich wie bei den kommunalen Klimaschutzkonzepten in der Vergangenheit, eine Entwicklung weg vom Nischenthema und hin zu einem Planungsparadigma der klimawandelgerechten Stadt ab. Mit der Erstellung des vorliegenden Klimaanpassungskonzeptes greift die Stadt Erlangen diese Entwicklung auf. Nachdem die Stadt bereits seit vielen Jahren im Klimaschutz aktiv ist (u.a. Energieeffizienzstrategie im Gebäudebereich 2014, Integriertes Klimaschutzkonzept 2016), wird damit die „zweite Säule“ einer umfassenden Klimapolitik erarbeitet, um die Lebensqualität in Erlangen langfristig zu sichern.

Der Anpassungsprozess hat darüber hinaus in einigen normativen Regelungen seinen Niederschlag gefunden (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien). Für die klimagerechte Stadtentwicklung sind in diesem Zusammenhang zuvorderst die Klimanovellen des BauGB von 2011 und 2013 zu nennen, mit denen Klimaschutz und Klimaanpassung als Grundsätze der Bauleitplanung verankert wurden. Ergänzend dazu wurde 2017 das „Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung“ novelliert. Seither ist in den Umweltberichten zu Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. Strategischen Umweltprüfungen auch auf die zu erwartenden Folgen des Klimawandels für die Projekte bzw. Pläne einzugehen.

1 Intergovernmental Panel on Climate Change

1.2 PROJEKTZIELE UND -ABLAUF

Übergeordnetes Ziel des Klimaanpassungskonzepts ist die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an bereits beobachtete und zukünftig zu erwartende Klimaveränderungen in Erlangen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im Projekt zwei Schwerpunkte gesetzt. In einem analytischen Teil sollen Betroffenheiten durch den Klimawandel in Erlangen ermittelt werden, während der partizipativ-handlungsorientierte Teil auf die langfristige Umsetzung des Anpassungsprozesses ausgerichtet ist.

Vorgeschaltet ist eine **Bestandsaufnahme**, in der die beobachteten und erwarteten Auswirkungen des Klimawandels in Erlangen aufgezeigt und vorhandene Untersuchungen, die sich mit klimatischen Aspekten beschäftigen, zusammengestellt sowie hinsichtlich ihrer Relevanz für das Projekt ausgewertet werden (vgl. Projektschema in Abb. 1).

Auf dieser fachlichen Grundlage wird eine funktionale **Betroffenheitsanalyse** vorgenommen, in der untersucht wird, welche Arbeitsbereiche durch den Klimawandel besonders betroffen sind. Kommunen und ihre Verwaltung sind sektoral nach unterschiedlichen Aufgaben organisiert (Stadtentwicklung, Umweltschutz, Grünflächen, Straßenbau, Stadtentwässerung, etc.). Klimaanpassung ist eine Aufgabe, die all diese Bereiche betrifft und ein koordiniertes Vorgehen verlangt. Daher ist es bedeutsam, dass die verschiedenen Aktivitäten abgestimmt erfolgen und auf die wesentlichen lokalen Betroffenheiten durch den Klimawandel ausgerichtet sind. Mit der Aktualisierung der Stadtklimaanalyse können zudem räumliche Betroffenheiten erkannt und im Anpassungsprozess berücksichtigt werden. Diese Fokussierung auf den stadtklimatischen Themenkomplex ist ratsam, da hier zum einen besondere Betroffenheiten zum anderen aber auch Handlungsoptionen für die Stadtverwaltung und -politik bestehen.

Die Erfahrung kommunaler Anpassungsprozesse zeigt, dass die fachlichen Grundlagen nur dann einen nachhaltigen Widerhall in den kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozessen finden, wenn alle relevanten Akteure von Beginn an gestalterisch-lenkend in die fachlichen Arbeiten eingebunden werden. Der **Akteursbeteiligung** kommt daher eine Schlüsselfunktion im Projekt zu, da sie sowohl für die Betroffenheitsanalyse als auch **Maßnahmenentwicklung** von großer Bedeutung ist. Der aus dem Prozess hervorgehende Maßnahmenkatalog steht unter dem Leitbild der Priorisierung. Entwickelt werden sollen sogenannte Schlüsselmaßnahmen, für die nicht nur eine Wirksamkeit im Hinblick auf Klimaanpassung, sondern auch eine Umsetzbarkeit gesehen wird, d.h. dass sowohl die Akzeptanz der Fachverwaltungen als auch deren Finanzierbarkeit gegeben ist.

Die unter lokaler Beteiligung entwickelten Schlüsselmaßnahmen zielen auf die langfristige Umsetzung des Anpassungsprozesses ab. Damit dieser gelingt sind zudem **Strategien zur Verstetigung, Kontrolle und Kommunikation** des Prozesses erforderlich.

Das Projekt wurde als „Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesumweltministerium gefördert (Förderkennzeichen 03K06266).

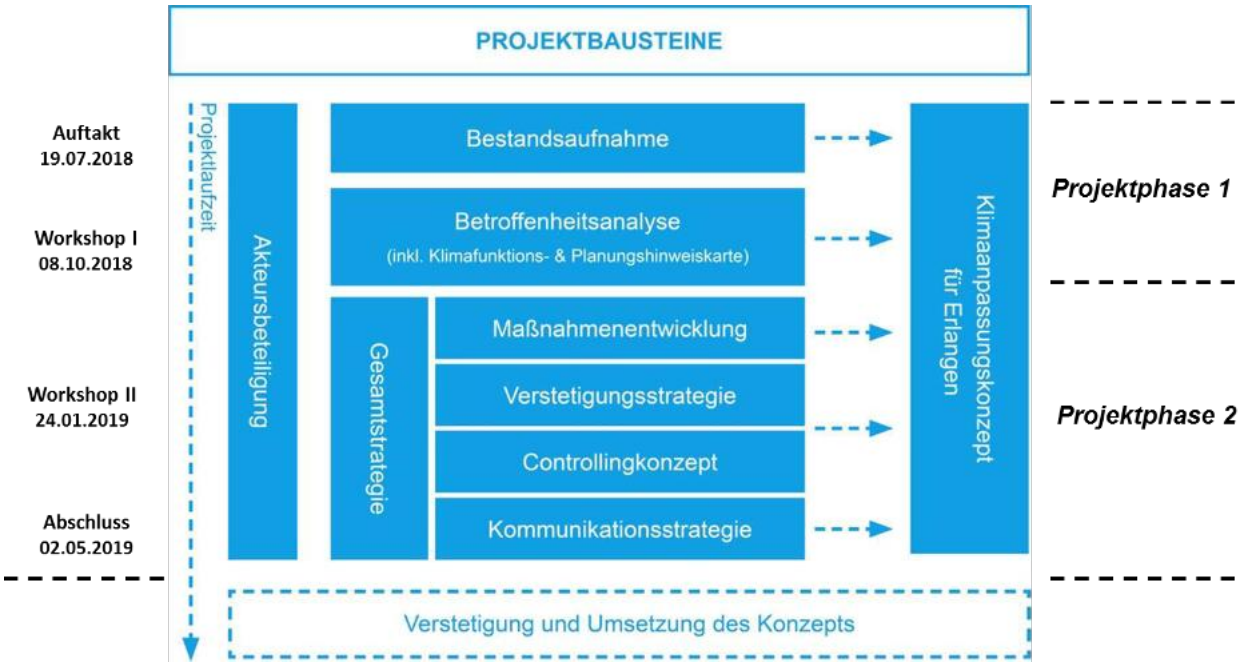


Abb. 1: Schematische Projektübersicht

1.3 BETEILIGUNGSPROZESS

Bei der Erstellung eines Klimaanpassungskonzepts ist die Einbindung der lokalen Expertise von entscheidender Bedeutung, um fachliche Inhalte korrekt erfassen und wiedergeben zu können. Wie beschrieben geht es dabei um die Identifizierung der in Erlangen tatsächlich auftretenden Betroffenheiten und die Entwicklung wirksamer Anpassungsmaßnahmen. Die frühzeitige Beteiligung der Stadtverwaltung und breite Mitwirkung gesellschaftlicher Akteure fördert neben der Qualität auch die Akzeptanz der Ergebnisse. Darüber hinaus erfolgt durch das gemeinsame Erarbeiten des Konzepts ein Austausch zwischen den verschiedenen Fachabteilungen, sodass das Verständnis für die Belange anderer Themen geweckt und mögliche Wechselwirkungen bzw. Synergien erkannt werden.

In vier Veranstaltungen wurden Projektergebnisse vorgestellt und diskutiert sowie in Workshops gemeinsam mit den Akteuren projektrelevante Inhalte erarbeitet. Zusätzlich fanden regelmäßige Abstimmungstermine mit der Stadt Erlangen als Auftraggeberin statt.

- Auftaktveranstaltung (19.07.2018)
  Einführung in das Thema Klimafolgenanpassung, Beobachteter und erwarteter Klimawandel in Erlangen, Leitfragen, Ziele und Ablauf des Projekts, Gute Beispiele von Anpassungsmaßnahmen anderer Städte
- Workshop „Betroffenheitsanalyse“ (08.10.2018)
  Vorstellung und Diskussion von Zwischenergebnissen der räumlichen Betroffenheitsanalyse, Identifizierung lokaler Betroffenheiten durch den Klimawandel in den Gruppen „Mensch und Umwelt“ sowie „Gebäude und Infrastrukturen“
- Workshop „Maßnahmen zur Klimaanpassung“ (24.01.2019)
  Vorstellung und Diskussion von Zwischenergebnissen der räumlichen Betroffenheitsanalyse, Diskussion der Maßnahmenkataloge und Auswahl von Schlüsselmaßnahmen im Plenum (Priorisierung)
- Abschlussveranstaltung (02.05.2019)
  Rückblick auf das Projekt, Präsentation der Ergebnisse der räumlichen Betroffenheitsanalyse, Vorstellung und Diskussion der Steckbriefe zu den Schlüsselmaßnahmen, Diskussion über Möglichkeiten zur Verstetigung des Projekts



Abb. 2: Workshop „Betroffenheitsanalyse“ (Foto: GEO-NET)

Während der Projektlaufzeit wurde die Fachöffentlichkeit als Zielgruppe gewählt und es waren u.a. folgende Ämter bzw. Einrichtungen eingeladen, sich am Klimaanpassungskonzept zu beteiligen.

- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Amt für Brand- und Katastrophenschutz (Feuerwehr) (37)
- Amt für Gebäudemanagement (24)
- Tiefbauamt (66) und Bauaufsichtsamt (63)
- Stadtkämmerei (20)
- Sportamt (52)
- Erlanger Stadtwerke (ESTW)
- Politische Fraktionen
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth (AELF)
- Wasserwirtschaftsamt Nürnberg
- Betriebsärztlicher Dienst Stadt Erlangen
- Wirtschaftsförderung und Arbeit
- IHK Nürnberg für Mittelfranken
- Gesundheitsamt Erlangen-Höchstadt
- Gesundheitsregion^{plus} (Landkreis Erlangen-Höchstadt und Stadt Erlangen)
- Universitätsklinikum Erlangen (Fachabteilung Energiemanagement)
- Institut für Geographie - Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
- GEWOBAU Erlangen
- Erlanger Tourismus und Marketing Verein e.V.

Nach Projektende ist eine öffentliche Veranstaltung zur Information über die Ergebnisse und insb. als Start für einen langfristigen Anpassungsprozesse in der gesamten Erlanger Stadtgesellschaft geplant.

1.4 STUDIEN UND VORHABEN MIT RELEVANZ FÜR DAS KLIMAANPASSUNGSKONZEPT (BESTANDSAUFNAHME)

Das vorliegende Klimaanpassungskonzept (KlAK) geht als Maßnahmenempfehlung aus dem 2016 erstellten **Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Erlangen** hervor (Stadt Erlangen 2016). Auch wenn Klimaschutz und Klimaanpassung unterschiedlichen Zielsetzungen haben, die sich mitunter gegenüberstehen, verfolgen sie oftmals ähnliche Interessen und können Synergieeffekte etwa bei der Umsetzung von Maßnahmen bieten. Zudem wurden durch die vielfältigen Klimaschutzaktivitäten in Erlangen ein Bewusstsein für das Thema sowie Netzwerkstrukturen geschaffen, von denen der Klimaanpassungsprozess profitieren kann.

Der Klimawandel betrifft viele Lebensbereiche in Erlangen, sodass entsprechende Handlungsfelder vom Anpassungskonzept adressiert werden. Daraus ergeben sich Anknüpfungspunkte und Wechselwirkungen zu zahlreichen bereits abgeschlossenen Untersuchungen bzw. Studien und laufenden Vorhaben im Stadtgebiet, die sich in zwei Kategorien unterteilen lassen:

- Projekte mit Relevanz für das KlAK, die z.B. eine fachliche Grundlage stellen oder auf den Prozess einwirken und bei der Erstellung des Konzepts berücksichtigt werden sollten (Tab. A 1 im Anhang)
- Laufende bzw. geplante Vorhaben mit Auswirkungen auf Quartiers- bzw. gesamtstädtischer Ebene, für deren Umsetzung die Ergebnisse des KlAK genutzt werden können (Tab. A 2)

Unter den Projekten mit Relevanz für das KlAK sticht das jüngst abgeschlossene **Zukunftskonzept „Grün in Erlangen 2018“** heraus (Stadt Erlangen 2018). Darin werden nicht nur die Freiraumfunktionen erfasst, sondern in einem Aktionsplan 2025 Leitziele, Handlungsempfehlungen und Maßnahmen formuliert, die in engem Zusammenhang zum Handlungsfeld Natur und Stadtgrün stehen. Damit stellt das Konzept eine wichtige Ergänzung zur räumlichen Betroffenheitsanalyse der Hitzebelastung in Erlangen dar. Als Konsequenz aus den Hochwasserereignissen der letzten Jahre wurden Maßnahmen zum Hochwasserschutz eingeleitet, die gleichzeitig als Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels zu verstehen sind (z.B. **Festsetzung von Überschwemmungsgebieten, Hochwasserschutzmaßnahmen an der Schwabach**). Mit den im Entwurf befindlichen **Leitlinien zur Gewerbeentwicklung** bestehen bei einer Abstimmung mit den Ergebnissen des Klimaanpassungskonzepts genau wie für die **Verkehrsentwicklungsplanung** Chancen, die zukünftige Gewerbe- bzw. Verkehrsentwicklung in Erlangen (soweit möglich) klimaangepasst zu steuern. Schließlich bietet das Modellprojekt **Gesundheitsregion** ^{plus} Anknüpfungspunkte zum Handlungsfeld Menschliche Gesundheit und vor allem die Möglichkeit, das bestehende Netzwerk (auf Ebene der Stadt Erlangen sowie des LK Erlangen-Höchstadt) als Multiplikator für den Anpassungsprozess zu nutzen.

In der Erlanger Stadtentwicklung herrscht derzeit eine hohe Dynamik. Gleich in mehreren Stadtteilen laufen bereits oder stehen großflächige Entwicklungen bevor, die die Quartiere prägen sollen (u.a. **Entwicklung Siemens Mitte**, **Soziale Stadt „Erlangen-Südost“** und **„Büchenbach Nord“**, **Siemens Campus**). Hinzu kommt die Erweiterung des Siedlungsraums für neuen Wohnraum (**Erlangen-West II**), die genau wie die bedeutende Infrastruktur-Maßnahme der **Stadt-Umland-Bahn** zu Veränderungen im Erlanger Stadtbild führt. Allen Vorhaben ist gemein, dass es sich um langfristige Prozesse handelt, die sich räumlich stark auswirken und darüber hinaus viele Planungs- bzw. Lebensbereiche betreffen (Stadtentwicklung, Verkehr, Umwelt, Soziales, Wirtschaft, …). Umso wichtiger ist es, dass die Auswirkungen des Klimawandels in diesen Vorhaben mitgedacht und die Ergebnisse des Anpassungskonzeptes genutzt werden.

2. Klimawandel in Erlangen

2.1 METHODE & DATENGRUNDLAGEN

2.1.1 BEOBACHTUNGSDATEN

Für die Beschreibung der klimatischen Entwicklung der Stadt Erlangen wurden auf ein regelmäßiges Gitter interpolierte Stationsdaten des Deutschen Wetterdienstes verwendet (Kaspar et al., 2013). Die räumliche Auflösung dieser Daten beträgt 1 x 1km und die zeitliche Auflösung jährliche Mittelwerte. Die ältesten Beobachtungsdaten reichen bis in das Jahr 1881 zurück. Dies trifft für die meteorologischen Variablen jährliche Mitteltemperatur und Niederschlagssumme zu. Minimum- und Maximumtemperaturen sind ab 1901 verfügbar und Daten der thermischen Kennwerte sowie der Starkniederschläge ab 1951. Die aus Stationsdaten erzeugten Gitterdaten weisen gewisse Unsicherheiten auf, welche aus einer über die Zeit veränderten Stationsdichte sowie der Lage der zur Interpolation der Daten verwendeten Stationen resultieren können. Weiterhin hat sich die Messtechnik im betrachteten Zeithorizont weiterentwickelt, sodass bei den älteren Zeitreihen höhere Messungenauigkeiten zu erwarten sind als bei den Zeitreihen jüngeren Datums. Für die hier durchgeführten Auswertungen und Betrachtungen ist die Genauigkeit der Daten jedoch vollkommen ausreichend und stellt eine solide Datenbasis dar.

2.1.2 REGIONALMODELLDATEN

Die Analyse zukünftiger klimatischer Änderungen basiert auf Daten von numerischen, regionalen Klimamodellen der EURO-CORDEX-Initiative. EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der CORDEX-Initiative, welche regionale Projektionen des Klimawandels für alle terrestrischen Gebiete der Erde im Rahmen des Zeitplanes des fünften IPCC Assessment Reports (AR5) und darüber hinaus erstellt (Giorgi et al. 2009).

Tab. 1: Für das verwendete Modellensemble verfügbare Ensemblemitglieder (Modellkombinationen) und Szenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5). GCM - Globales Klimamodell (Global Climate Model), RCM - Regionales Klimamodell (Regional Climate Model).

	GCM	RCM	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
1	EC-EARTH	CCLM4-8-17	✓	✓	✓
2	EC-EARTH	RACMO22E	✓	✓	✓
3	EC-EARTH	RACMO22E	×	✓	✓
4	EC-EARTH	SMHI-RCA4	✓	✓	✓
5	IPSL-CM5A	SMHI-RCA4	×	✓	✓
6	HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	×	✓	✓
7	HadGEM2-ES	RACMO22E	✓	✓	✓
8	HadGEM2-ES	RCA4	✓	✓	✓
9	MPI-ESM	CCLM4-8-17	×	✓	✓
10	MPI-ESM	REMO2009 (v1)	✓	✓	✓
11	MPI-ESM	REMO2009 (v2)	✓	✓	✓
12	MPI-ESM	RCA4	✓	✓	✓

EURO-CORDEX-Daten sind für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzung frei verfügbar und werden im Internet über mehrere Knoten der Earth System Grid Federation (ESGF) bereitgestellt (www.euro-cordex.net). Verwendet wurden tägliche Daten mit einer räumlichen Auflösung von ca. 12,5 km (0,11 °). Tab. 1 listet die zum Zeitpunkt der Durchführung der Auswertungen verfügbaren Modellrechnungen von EURO-CORDEX auf, welche die Grundlage für das zusammengestellte Ensemble bilden. EURO-CORDEX ist ein fortlaufendes Projekt, d.h. die Datenbanken mit den Modellergebnissen werden permanent aktualisiert. Somit sind eventuell in der Zeit bis zur Erstellung dieses Berichtes weitere Modellläufe für Europa hinzugekommen, die hier jedoch nicht berücksichtigt werden konnten.

2.1.3 METHODIK

Beobachteter Klimawandel

Für die Beschreibung des aktuellen Klimas, sowie der klimatischen Entwicklung von Erlangen wurden die in Abschnitt 2.1.1 benannten interpolierten Beobachtungsdatensätze des DWD verwendet. Anhand der Stadtgrenzen wurden die entsprechenden Gitterpunkte aus den regelmäßig vorliegenden Gittern extrahiert, räumlich aggregiert und zu repräsentativen Zeitreihen zusammengestellt. Einerseits wurden diese jährlichen Zeitreihen direkt ausgewertet und anderseits wurden aus diesen Zeitreihen 30-jährige Perioden gebildet und die Werte dieser Perioden gemittelt. Die resultierenden langjährigen Mittelwerte wurden dann miteinander verglichen, um Aussagen über deren Entwicklung treffen zu können.

Zukünftiger Klimawandel

Mit numerischen Klimamodellen kann das zukünftige Klima unter der Annahme verschiedener Emissionsszenarien simuliert und analysiert werden. Somit ist es möglich einen analytischen Blick in die klimatische Zukunft zu werfen. Wie alle Modelle sind Klimamodelle Abbilder der Wirklichkeit und somit nicht „perfekt“. Die Ergebnisse von Klimamodellen beinhalten daher einen gewissen Anteil an Modellunsicherheit, der aus der Struktur des Modells, den verwendeten Techniken zur Modellierung der Atmosphärenphysik sowie der Parametrisierung bestimmter Prozesse resultiert. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, nicht nur die Simulationsergebnisse eines Modells, sondern mehrerer Modelle zu verwenden, ein sogenanntes Modellensemble. Diesem Ansatz folgend wurde für die Analyse der zukünftigen klimatischen Entwicklung von Erlangen ein Ensemble bestehend aus 12 Regionalen Klimamodellen verwendet (Tab. 1). Die Mitglieder des Regionalmodell-Ensembles werden gleichberechtigt angesehen und die Unterschiede in den Ergebnissen als Modellvariabilität betrachtet. Alle nachfolgenden Auswertungen wurden in enger Anlehnung an die Leitlinien zur Interpretation von Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgesprächs „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“ durchgeführt (Linke et al. 2016).

Eine etablierte Methode zur Beschreibung von klimatischen Änderungen ist die Verwendung von Kenntagen. Dies sind z.B. die Anzahl von Hitzetagen, Sommertagen oder Tropennächten innerhalb eines zu benennenden Zeitraumes (oftmals jährlich). Die Bestimmung dieser Kenntage kann entweder anhand von Schwellenwerten (schwellenwertbasiert), wie bspw. $T_{max} \geq 25$ °C für Sommertage, oder anhand von statistischen Maßen, wie bspw. dem 95. Perzentil der statistischen Verteilung erfolgen (perzentilbasiert) (siehe ReKliEs-De 2017). Für die Betrachtung des zukünftigen Klimawandels in Erlangen wurden schwellenwertbasierte Kenntage verwendet.

Einige Modellläufe der Regionalen Klimamodelle zeigen bei bestimmten meteorologischen Variablen teilweise systematische Abweichungen (Bias) von den realen Gegebenheiten. Es wird davon ausgegangen, dass der Wertebereich der Abweichungen für den Referenzzeitraum in etwa genauso groß ist wie für die Zukunftszeiträume. Bei einer ausschließlichen Betrachtung der Unterschiede zwischen Zukunft und Referenz haben die Abweichungen, also deren Differenz, keinen Einfluss auf die Aussage.

Bei der schwellenwertbasierten Berechnung von Kenntagen können die benannten systematischen Abweichungen jedoch zu einer Unter- bzw. Überschätzung der Schwellenwerte im Vergleich zu den beobachteten Werten führen. „Ist ein Modell z.B. im Mittel etwas zu warm, so werden in diesem Modell möglicherweise auch besonders viele warme und/oder besonders wenige kalte Kenntage identifiziert“ (ReKliEs-De 2017). Aus diesem Grund wurden für jede Modellsimulation die Schwellenwerte mit der Methode des Quantile-Mappings (Piani et al. 2010, Themeßl et al. 2011) adjustiert. Für jeden Kenntag wurde dementsprechend aus den Beobachtungsdaten das jeweilige Perzentil der statistischen Verteilung berechnet und anhand dieses Perzentilwertes aus dem Referenzlauf jeder Modellsimulation der adjustierte Schwellenwert bestimmt. (siehe Abb. A 1 im Anhang). Die Auswertung der Regionalmodellsimulationen wurde dann mit den adjustierten Kenntagen durchgeführt, um systematische Verzerrungen der Ergebnisse weitgehend zu vermeiden.

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen bedingte CO_2-Emissionen. Da heute noch nicht absehbar ist, wie sich die CO_2-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO_2-Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen. Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klimaszenarien zur Verfügung: RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*). Die Zahl in der Bezeichnung der Szenarien benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m^2, der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird (Moss et al. 2010; Abb. 3):

- Das Szenario RCP 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. 3 W/m^2. Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf 2,6 W/m^2 ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2 °C-Ziel nicht überschreiten, sodass das RCP 2.6 oft auch als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.
- RCP 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.
- Das Szenario RCP 8.5 weist hingegen den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur um ca. 4,8 °C gegenüber dem Zeitraum 1985-2005 bewirken würde. Das Szenario RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher Szenario" bezeichnet.

Die weltweiten CO_2-Emissionen verzeichnen seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts einen permanenten Anstieg, wobei in den vergangenen Jahren der größte Anteil durch Emissionen aus Asien beigetragen wurde (vgl. Boden 2017). Nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes[2] befinden wir uns somit, gemessen an den globalen CO_2-Emissionen, aktuell auf dem „Pfad“ des RCP 8.5-Szenarios (Peters et al. 2013). Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO_2-Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen. In diesem Bericht sind aus diesem Grund im Hauptteil vornehmlich Grafiken zu Klimaänderungen des Szenarios RCP 8.5 platziert, die Auswertungen der Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 finden sich jeweils im Anhang.

[2] www.globalcarbonproject.org

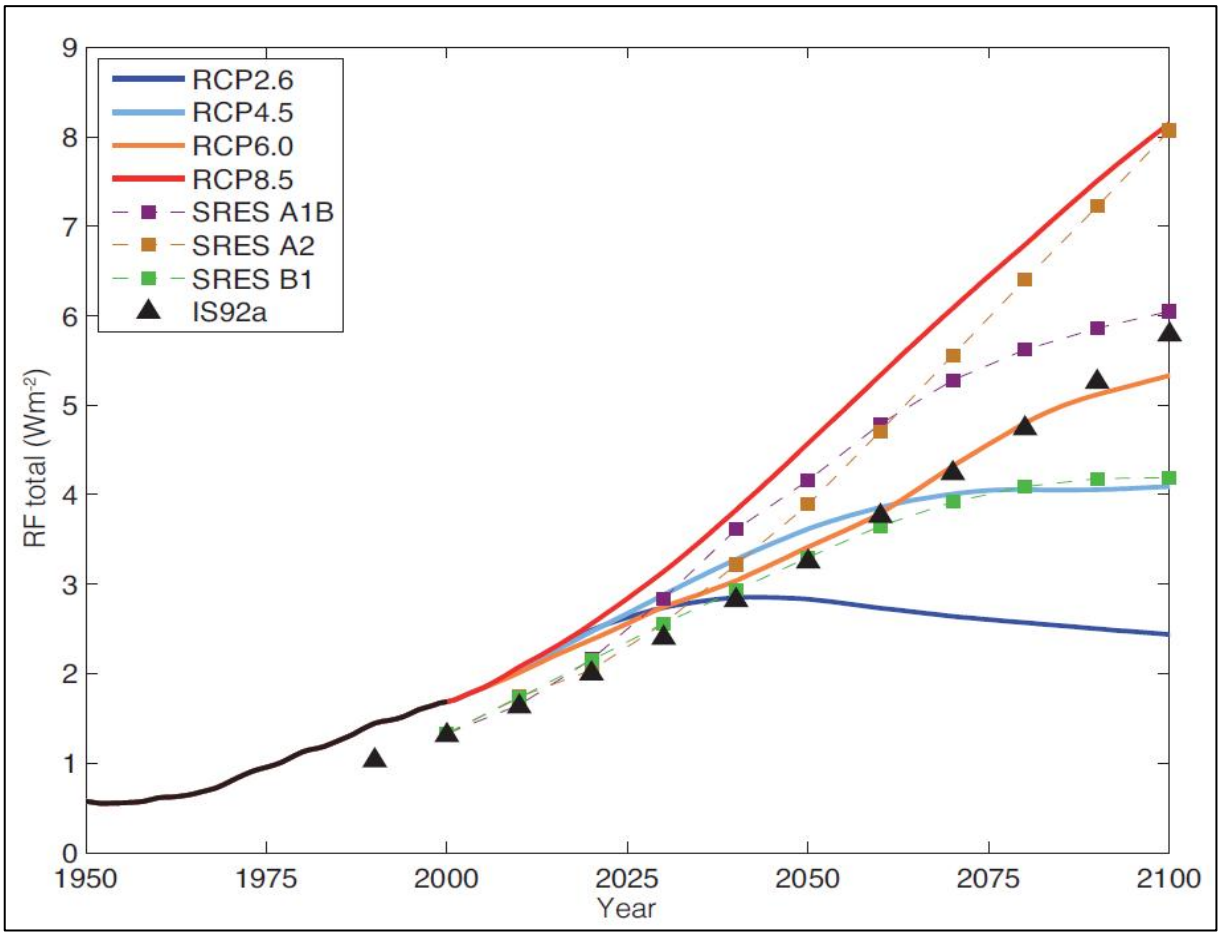


Abb. 3: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (die schwarze Linie repräsentiert Messwerte; Cubasch et al. 2013)

Die Auswahl der entsprechenden Daten aus dem Gitter der Modellsimulationen, das Europa flächendeckend überspannt, erfolgte durch die Identifikation und Auswahl des dem Mittelpunkt von Erlangen am nächsten gelegenen Gitterpunkt sowie der acht umliegenden Gitterpunkte. Die an diesen Gitterpunkten vorliegenden Zeitreihen der betrachteten meteorologischen Variablen wurden für jeden Zeitschritt (täglich) räumlich aggregiert, um auf diese Weise einheitliche, repräsentative Zeitreihen zu erhalten (vgl. DWD 2016). Alle Auswertungen basieren auf diesen Zeitreihen.

Die Analyse des zukünftigen Klimawandels wurde mit zwei methodisch unterschiedlichen Herangehensweisen durchgeführt. Im Ansatz 1 wurden die Daten des Modellensembles zu zusammenhängenden Zeitreihen von 1971 bis zum Jahr 2100 zusammengeführt und für jede betrachtete Variable untersucht, ob erstens ein zeitlicher linearer Trend vorliegt und zweitens die Trendentwicklung statistisch signifikant ist. Die statistische Signifikanz wurde anhand des Trend-/ Rauschverhältnisses ermittelt und klassifiziert (vgl. Tab. 2).

Für die Beschreibung des zukünftigen Klimawandels werden klimatische Beobachtungen einer sogenannten Referenzperiode benötigt. Diese sollte einen Zeitraum umfassen, in welchem die klimatischen Auswirkungen der globalen Erwärmung noch nicht so stark in Erscheinung getreten sind. Die WMO (World Meteorological Organisation) empfiehlt die Verwendung der sogenannten 30-jährigen Klimanormalperiode von 1961 bis 1990. Da jedoch bei einigen der verwendeten Regionalen Klimamodelle der Zeitraum des Referenzlaufs erst 1971 beginnt wurde im Rahmen dieses Projektes der Zeitraum von 1971 bis 2000 als Referenzperiode festgelegt. Dieser ist im Verhältnis zu den betrachteten

Zukunftszeiträumen noch ausreichend wenig vom Klimawandel beeinflusst, sodass eine vergleichende Betrachtung die wesentlichen klimatischen Veränderungen aufzeigt.

Das Klima eines Raumes wird repräsentiert durch den mittleren Zustand der Atmosphäre über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren, deshalb wurden im Ansatz 2 für jede Variable zeitliche Mittelwerte über folgende 30-jährige Zeiträume berechnet:

- Referenzperiode: 1971 - 2000
- Zukunftsperiode 1 (nahe Zukunft): 2021 - 2050
- Zukunftsperiode 2 (mittelfristige Zukunft): 2041 - 2070
- Zukunftsperiode 3 (ferne Zukunft): 2071 - 2100

Von den einzelnen Variablen-Mittelwerten der jeweiligen Zukunftsperiode wurden die zugehörigen Mittelwerte der Referenzperiode subtrahiert und somit die langjährigen mittleren Änderungen für jede Variable berechnet. Die statistische Signifikanz der Änderungen wurde nach einem vom Bund-Länder Fachgespräch zur „Interpretation von Modelldaten“ vorgeschlagenen statistischen Testschema ermittelt (vgl. Linke et al. 2016). Das Signifikanzniveau wurde einheitlich auf 95 % festgelegt.

Es ist unbedingt zu beachten, dass die Referenzläufe mit den Beobachtungsdaten des gleichen Zeitraumes nur in ihren klimatisch relevanten, statistischen Eigenschaften übereinstimmen. Sie sind auf kleineren Zeitskalen (Jahre, Monate, Tage) nicht exakt miteinander vergleichbar.

Die nachfolgenden Ausführungen enthalten eine Vielzahl von Grafiken in Form sogenannter *Box-Whisker Plots*. Diese haben den Vorteil, dass die Kennwerte statistischer Verteilungen schnell erfassbar und vergleichbar sind (siehe Abb. A 2 im Anhang zur Erläuterung der Plots).

Tab. 2: Bewertung der statistischen Signifikanz anhand des Trend-/Rauschverhältnisses.

Trend- / Rauschverhältnis	Bewertung
≥ 2,0	sehr stark zunehmend
≥ 1,5 und < 2,0	stark zunehmend
≥ 1,0 und < 1,5	schwach zunehmend
< 1,0 und > -1,0	kein Trend
≤ -1,0 und > -1,5	schwach abnehmend
≤ -1,5 und > -2,0	stark abnehmend
≤ -2,0	sehr stark abnehmend

2.2 BEOBACHTETER KLIMAWANDEL

Erlangen gehört zum bayerischen Regierungsbezirk Mittelfranken und befindet sich naturräumlich im Südwestdeutschen Schichtstufenland, gelegen im Mittelfränkischen Becken, welches eine Haupteinheit in der naturräumlichen Haupteinheitengruppe Fränkisches Keuper-Lias-Land ist. Klimatisch ist der Raum Erlangen der warm-gemäßigten Klimazone zuzuordnen und liegt hier im Übergangsbereich des maritimen Klimas Westeuropas zu einem kontinentalen Klima in Osteuropa. Während maritimes Klima eher von milden Wintern, kühlen Sommern und einer hohen Luftfeuchte geprägt ist, überwiegen im kontinentalen Klima kalte Winter, heiße Sommer und eine geringe Luftfeuchte (LfU Bayern 2019). In der Referenzperiode von 1971 – 2000 betrug die Jahresmitteltemperatur in Erlangen durchschnittlich 8,8 °C und die mittlere langjährige Niederschlagssumme ca. 700 mm/Jahr.

Tab. 3: Langjährige mittlere Entwicklung der Temperaturen und thermischen Kenntage in Erlangen (Quelle: DWD).

	1961-1990	1971-2000	1989-2018
tägliches Maximum der Lufttemperatur [°C]	13,3	13,6	14,4
täglicher Mittelwert der Lufttemperatur [°C]	8,5	8,8	9,6
tägliches Minimum der Lufttemperatur [°C]	3,9	4,3	5,0
Sommertage [n/Jahr] ($T_{max} \geq 25°C$)	40	42	51
Heiße Tage [n/Jahr] ($T_{max} \geq 30°C$)	7	8	13
Frosttage [n/Jahr] ($T_{min} < 0°C$)	103	98	88
Eistage [n/Jahr] ($T_{max} < 0°C$)	21	18	15

In den letzten Jahrzehnten haben deutliche klimatische Änderungen stattgefunden. So ist auch in Deutschland, dem globalen Trend folgend, eine Erwärmung seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen beobachtet worden. In Erlangen stieg die langjährige Mitteltemperatur von 1881 bis 2018 um ca. 1,5 °C. In den letzten 20 Jahren war die Temperaturzunahme besonders stark. So sind die fünf wärmsten Jahre seit 1881 in den letzten drei Dekaden aufgetreten (Abb. 4).

Die beobachtete Erwärmung geht einher mit deutlichen Veränderungen der Kenntage. So ist die Anzahl an Sommertagen in Erlangen um 11 Tage auf durchschnittlich 51 Tage pro Jahr angestiegen im Vergleich der Zeiträume von 1961 bis 1990 und 1989 bis 2018. Ebenso sind die, im urbanen Raum besonders belastenden, heißen Tage (Tmax ≥ 30 °C) um 6 Tage auf 13 Tage pro Jahr angestiegen. Eine entgegengesetzte Entwicklung zeigen Frost- bzw. Eistage, deren Anzahl in den gleichen Zeiträumen um 15 und 6 Tage pro Jahr zurückgegangen ist (vgl. Tab. 3).

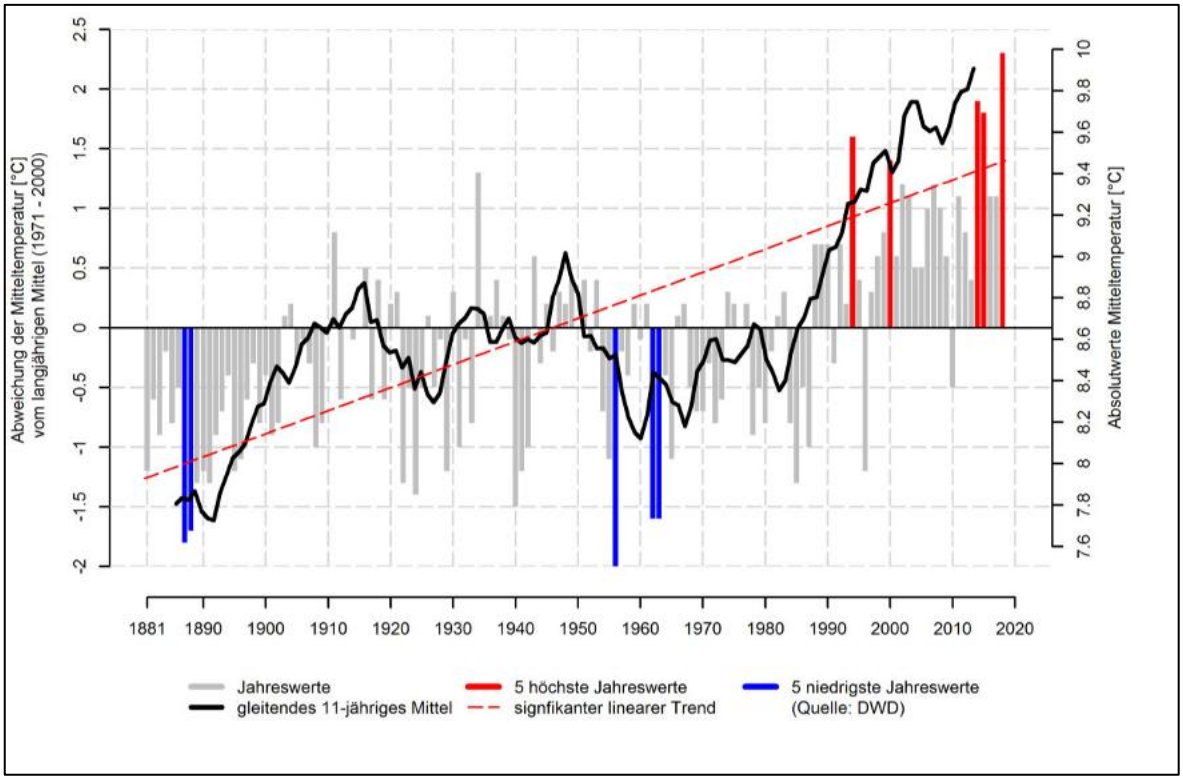


Abb. 4: Entwicklung der Mitteltemperatur in Erlangen im Zeitraum von 1881 bis 2018 (Quelle: DWD)

Tab. 4: Langjährige mittlere Entwicklung des Niederschlags und der Anzahl von Tagen mit Starkniederschlag in Erlangen (Quelle: DWD).

	1961-1990	1971-2000	1989-2018
Niederschlag [mm/Jahr]	689	689	675
Anzahl Tage mit Niederschlag > 10 mm [n/Jahr]	18	17	17
Anzahl Tage mit Niederschlag > 20 mm [n/Jahr]	4	4	4
Anzahl Tage mit Niederschlag > 30 mm [n/Jahr]	1	1	1

Auch beim Niederschlag hat der Klimawandel bereits zu Veränderungen (wenn auch nur geringfügig) seit Beginn der systematischen Messungen Ende des 19. Jahrhunderts geführt. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge in Erlangen ist bis 2018 um knapp 10 % angestiegen und betrug im 30-jährigen Zeitraum von 1971 bis 2000 circa 700 l/m² (Abb. 5).

Mit der zunehmenden Erwärmung steigt das Potenzial für starke Niederschläge. Starkniederschläge sind schwer zu erfassen, da sie eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität besitzen und somit oftmals nur lokal begrenzt auftreten. Eine flächendeckende Erfassung mit Radar ist erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts möglich. Diese Zeitreihen sind aber noch nicht lang genug, um gesicherte klimatische Aussagen treffen zu können.

Deutlich längere Zeitreihen liegen für Tageswerte des Niederschlags vor. Allerdings können nur Häufigkeiten von Niederschlägen über einem bestimmten Schwellenwert ausgewertet werden. Eine Kombination mit der Dauer des zugehörigen Ereignisses ist nicht möglich. In Erlangen haben seit Mitte des 20. Jahrhunderts Tagesniederschläge von mehr als 10, 20 oder 30 Litern pro Quadratmeter bisher im langjährigen Flächenmittel nachweislich nicht zugenommen (Tab. 4).

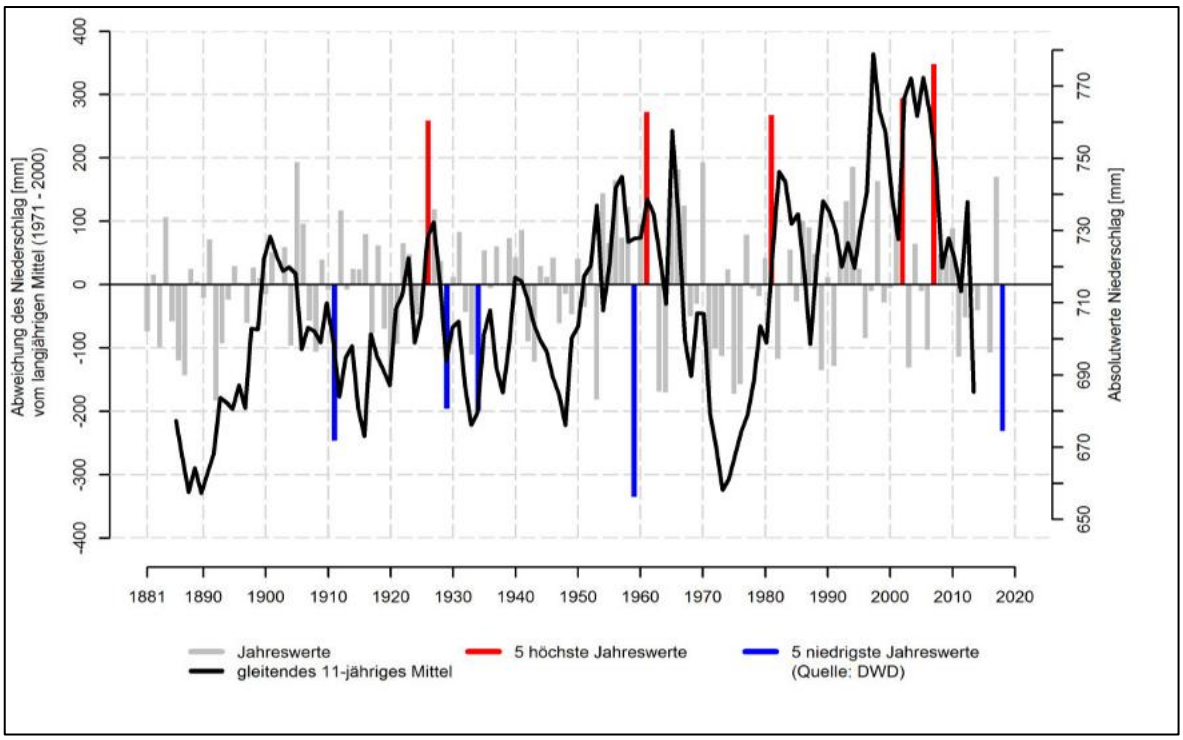


Abb. 5: Entwicklung des Niederschlags in Erlangen (Quelle: DWD)

2.3 ERWARTETER KLIMAWANDEL

2.3.1 TEMPERATURZUNAHME & HITZE

Im zeitlichen Verlauf von 1971 bis zum Jahr 2100 zeigen die Mediane der Jahresmitteltemperaturen des Regionalmodellensembles einen deutlichen Anstieg bei allen drei Szenarien in Erlangen, wobei Szenario RCP 8.5 den stärksten positiven Anstieg aufzeigt (Abb. 6). Diese Trends sind äußerst robust, ein Anstieg der jährlichen Mitteltemperaturen wird von allen Modellkombinationen des Ensembles bestätigt. Zum Ende des Jahrhunderts nimmt neben der Jahresmitteltemperatur auch die Variabilität zu, dies wird durch die Darstellung der Bandbreite des Modellensembles in Abb. 6 deutlich (Möglichkeitsbereich). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der im Diagramm abgebildete, bereits vergangene Zeitraum durch Modelldaten und nicht durch Beobachtungsdaten repräsentiert wird (dies gilt für alle Diagramme mit Zeitreihen von Modelldaten in diesem Kapitel). Der Unterschied ist in Kapitel 2.1.3 erläutert.

Die Änderungen der Temperatur zeigen für Erlangen ebenfalls einen deutlichen Anstieg in allen Zeiträumen, wobei zum Ende des Jahrhunderts beim Szenario RCP 8.5 die stärksten Zunahmen und beim

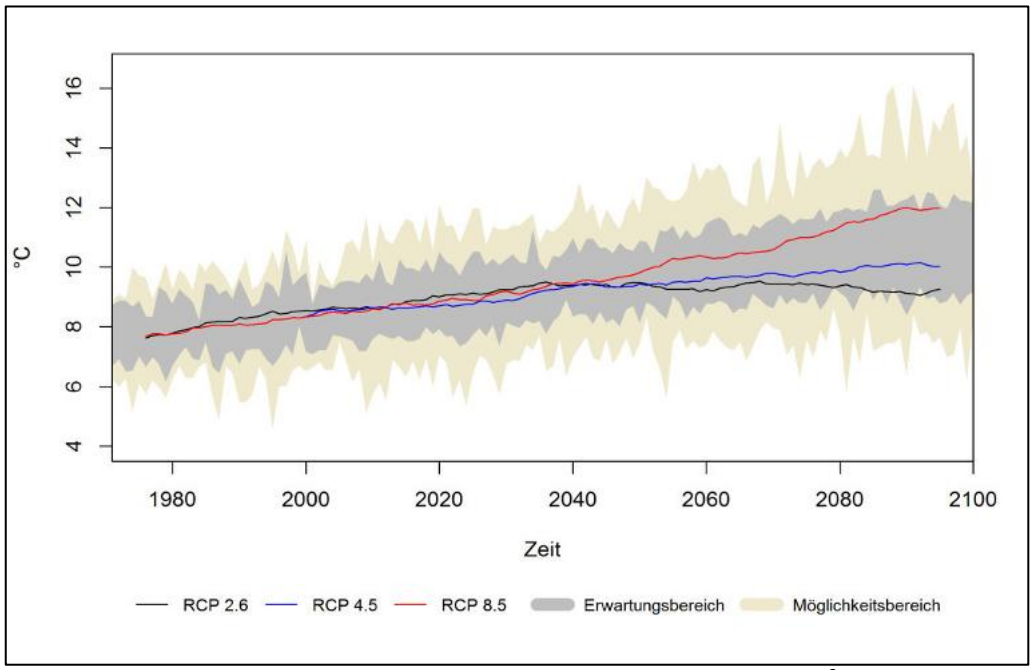


Abb. 6: Zeitlicher Trend der jährlichen Mitteltemperaturen in Erlangen, alle Szenarien[3]

Szenario RCP 2.6 die geringsten Zunahmen zu verzeichnen sind (Tab. 5). Die Minimumtemperaturen[4] steigen bei allen Szenarien am stärksten, ebenso fallen die Änderungen der Temperaturmaxima höher aus als die der Mitteltemperaturen. Die höchsten Zunahmen der Mitteltemperatur treten in der Zukunftsperiode von 2071 bis 2100 bei den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 auf, beim Szenario RCP 2.6 ist eine Stagnation des ohnehin schon geringen Temperaturanstiegs zu erkennen. Hier zeigen sich die projizierten positiven Auswirkungen globaler Klimaschutzmaßnahmen deutlich.

[3] Die durchgezogenen Linien sind die Mediane der einzelnen Szenarien des Ensembles. Der Möglichkeitsbereich ist synonym dem Begriff Vertrauensbereich zu verwenden und bildet die Bandbreite zwischen kleinstem und größtem Wert des Ensembles, der Erwartungsbereich zeigt die Bandbreite zwischen dem 15. und 85. Perzentil des Ensembles.

[4] Temperaturminima bzw. –maxima oder das Minimum- bzw. Maximumtemperaturen sind entweder der jährliche oder der 30-jährige Mittelwert der täglichen Tiefst- bzw. Höchsttemperatur.

Eine Zunahme der Temperaturen ist in allen Regionen Deutschlands beobachtbar und auch in den regionalen Klimaprojektionen erkennbar (DWD 2016, Deutschländer und Mächel 2017). In der 3. Zukunftsperiode (2071-2100) liegt die Temperaturänderung des Szenarios RCP 8.5 in Erlangen mit 3,6 °C etwas unter dem deutschlandweiten Mittelwert von 3,8 °C. Bei der Annahme des Eintretens von Szenario RCP 8.5 würde die Jahresmitteltemperatur in Erlangen zum Ende des Jahrhunderts somit bei ca. 12 °C liegen. Unter Einbeziehung der Änderungen für die Minimum- und Maximumtemperaturen, sowie des Jahresniederschlages ähnelt das zukünftige Klima von Erlangen (RCP 8.5) den heutigen Klimabedingungen von Orten, die in etwa zwischen dem 44. und 50. Breitengrad in Südost-Europa liegen wie beispielsweise Bukarest oder Arad in Rumänien oder etwa Niš in Serbien. Die Trends der Temperatur und die projizierten Änderungen der langjährigen Mittelwerte sind sehr robust und werden von allen Modellkombinationen des Ensembles als statistisch signifikant ausgegeben.

Im Jahresgang ist ein Temperaturanstieg in allen Monaten erkennbar, wobei im Sommer und Winter vergleichsweise größere Temperaturänderungen auftreten als im Frühjahr und Herbst (Abb. 7). Dieses Muster zeigen alle drei Szenarien (vgl. Abb. A 3, Abb. A 4 im Anhang), wobei die Ausprägung bei Szenario 8.5 am stärksten ist. Wie bei den jährlichen Mitteltemperaturen verstärkt sich auch hier das Klimaänderungssignal deutlich zum Ende des Jahrhunderts.

Der projizierte Anstieg der Temperatur steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung meteorologischer Kenntage, die eine anschaulichere Sicht auf klimatische Änderungen zulassen. In Tab. 6 sind die langjährigen mittleren Änderungen ausgewählter Kenntage für Erlangen aufgeführt. Die durchschnittliche jährliche Anzahl an Sommertagen, Heißen Tagen und Tropennächten nimmt bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich zu. So ist bspw. in der Zukunftsperiode 3 beim Szenario RCP 8.5 mit 27 zusätzlichen Heißen Tagen pro Jahr zu rechnen. Damit würden zukünftig im Mittel ca. 35 Heiße Tage im Gegensatz zu ca. 8 Heißen Tagen pro Jahr (Zeitraum 1971-2000) auftreten.

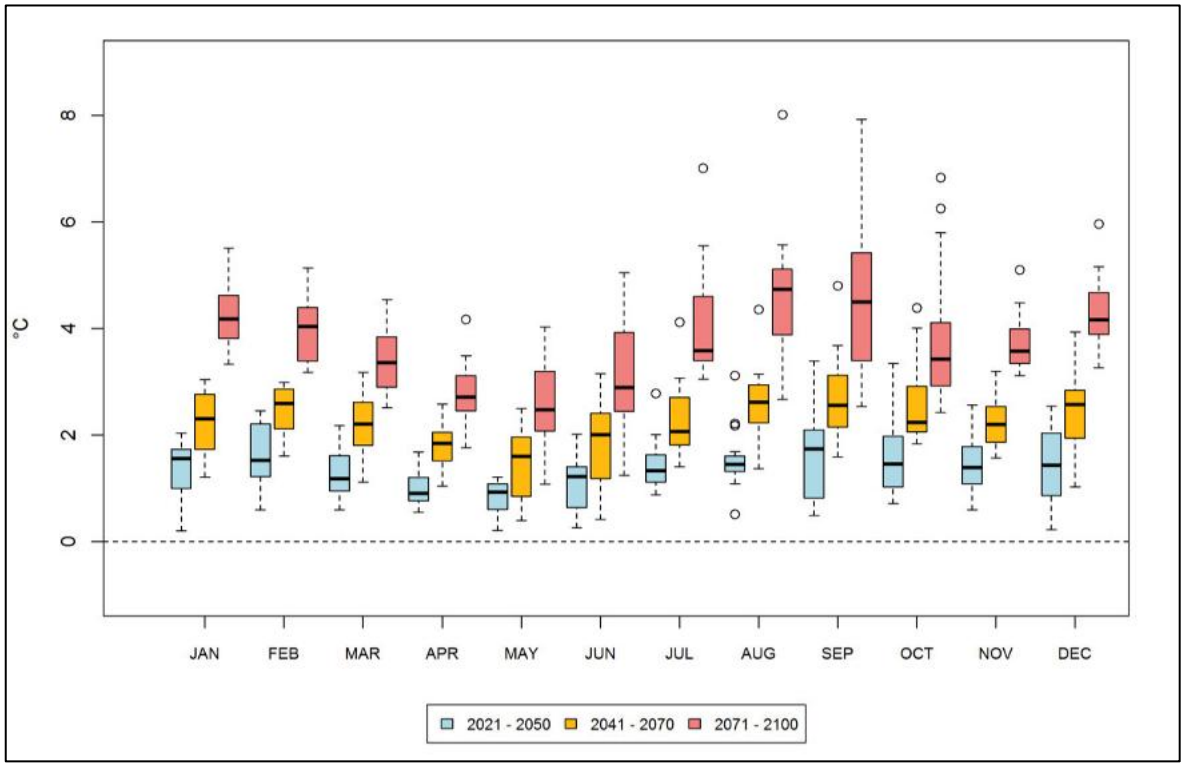


Abb. 7: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen in Erlangen (RCP 8.5)

Tab. 5: Langjährige Änderung der Temperatur (in °C) in Erlangen (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresmittel-temperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	1,4	1,0	1,2	1,5	1,0	1,2	1,6
	RCP 4.5	0,8	1,2	1,6	1,3	1,7	2,3	1,6	1,9	2,7
	RCP 8.5	0,8	1,4	1,8	1,6	2,1	2,7	3,1	3,6	4,6
Mittleres Tagesminimum der Temperatur [°C]	RCP 2.6	1,7	2,5	3,4	2,5	3,1	3,3	2,3	3,0	4,3
	RCP 4.5	1,4	2,8	4,2	2,9	3,9	5,6	3,7	5,0	6,0
	RCP 8.5	1,6	3,1	4,2	3,5	5,0	6,7	6,2	8,9	10,7
Mittleres Tagesmaxi-mum der Temperatur [°C]	RCP 2.6	0,8	1,0	2,0	0,8	1,5	1,8	0,6	1,4	2,1
	RCP 4.5	0,9	1,4	2,5	1,5	2,3	3,0	1,4	2,1	4,0
	RCP 8.5	1,0	1,6	2,3	1,4	2,6	4,4	3,6	4,7	7,2

Tropennächte ($T_{min} \geq 20°C$) treten derzeit in Erlangen relativ selten auf, weshalb beobachtete Änderungen statistisch nicht ausreichend belastbar sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Klimamodelle den Stadtklimaeffekt nicht erfassen, d.h. im innerstädtischen Bereich ist eine höhere Anzahl an Tropennächten zu verzeichnen (vgl. Kap. 3.1). Dennoch können Tropennächte als Anhaltspunkte für die Tendenz einer zunehmenden Erwärmung dienen, da ihre Anzahl ab Mitte des Jahrhunderts zunimmt. Beim Klimaschutzszenario RCP 2.6 tritt in der 3. Zukunftsperiode im Durchschnitt keine Tropennacht im Jahr häufiger auf als im Referenzzeitraum. Beim Szenario 8.5 sind es jedoch bereits 7 zusätzliche Tropennächte pro Jahr (siehe Tab. 6).

Die Zunahme der Heißen Tage ($T_{max} \geq 30°C$) lässt in Zukunft eine ansteigende Häufigkeit von Hitzeperioden und Hitzewellen erwarten. Für Hitzeperioden gibt es keine eindeutige Definition. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um einen Zeitraum mit länger anhaltenden ungewöhnlich hohen Temperaturen. Wird der Schwellenwert einer Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C verwendet und die Länge aufeinanderfolgender Tage betrachtet, die diesen Wert erreicht oder überschritten haben, zeigt sich für Erlangen beim Szenario RCP 8.5, dass die Länge von Hitzeperioden in Zukunft zunimmt (Abb. 8). Bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 ist ebenfalls eine Zunahme erkennbar, wobei die projizierten Änderungen niedriger ausfallen (Abb. A 5, Abb. A 6 im Anhang).

Neben den auf die hohen Temperaturen abzielenden Kenntagen steht die eingangs beschriebene intensive Zunahme der Minimumtemperaturen im Zusammenhang mit einer Abnahme an Frost- und Eistagen. Dies lässt ein häufigeres Auftreten wesentlich milderer Winter und eine geringere Zahl an Tagen mit Frost- und Tauwechseln erwarten. In Erlangen treten im langjährigen Mittel ca. 98 Frosttage pro Jahr auf. Darin enthalten sind etwa 18 Eistage pro Jahr (Zeitraum 1971-2000). Beim Szenario RCP 8.5 würden zum Ende des Jahrhunderts im Mittel nur noch 32 Frosttage und 2 Eistage pro Jahr auftreten.

Tab. 6: Langjährige Änderung (Anzahl pro Jahr) thermischer Kenntage in Erlangen (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Sommertage [n/Jahr] (T_{max} ≥ 25°C)	RCP 2.6	4	11	17	12	12	16	9	12	15
	RCP 4.5	8	13	17	12	19	28	17	21	28
	RCP 8.5	9	13	17	17	23	34	32	45	52
Heiße Tage [n/Jahr] (T_{max} ≥ 30°C)	RCP 2.6	3	5	8	3	5	7	4	7	9
	RCP 4.5	5	7	8	7	10	13	9	10	14
	RCP 8.5	5	6	10	9	11	17	17	27	33
Tropennächte [n/Jahr] (T_{min} ≥ 20°C)	RCP 2.6	0	0	1	0	1	1	0	1	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	2	1	1	3
	RCP 8.5	0	0	2	1	1	4	4	7	11
Frosttage [n/Jahr] (T_{min} < 0°C)	RCP 2.6	-25	-18	-16	-27	-20	-19	-27	-21	-16
	RCP 4.5	-30	-19	-16	-40	-29	-20	-51	-39	-31
	RCP 8.5	-32	-26	-19	-46	-40	-35	-75	-66	-63
Eistage [n/Jahr] (T_{max} < 0°C)	RCP 2.6	-8	-7	-6	-8	-7	-6	-10	-7	-7
	RCP 4.5	-11	-8	-3	-14	-10	-4	-14	-11	-9
	RCP 8.5	-10	-9	-4	-13	-11	-7	-17	-16	-15

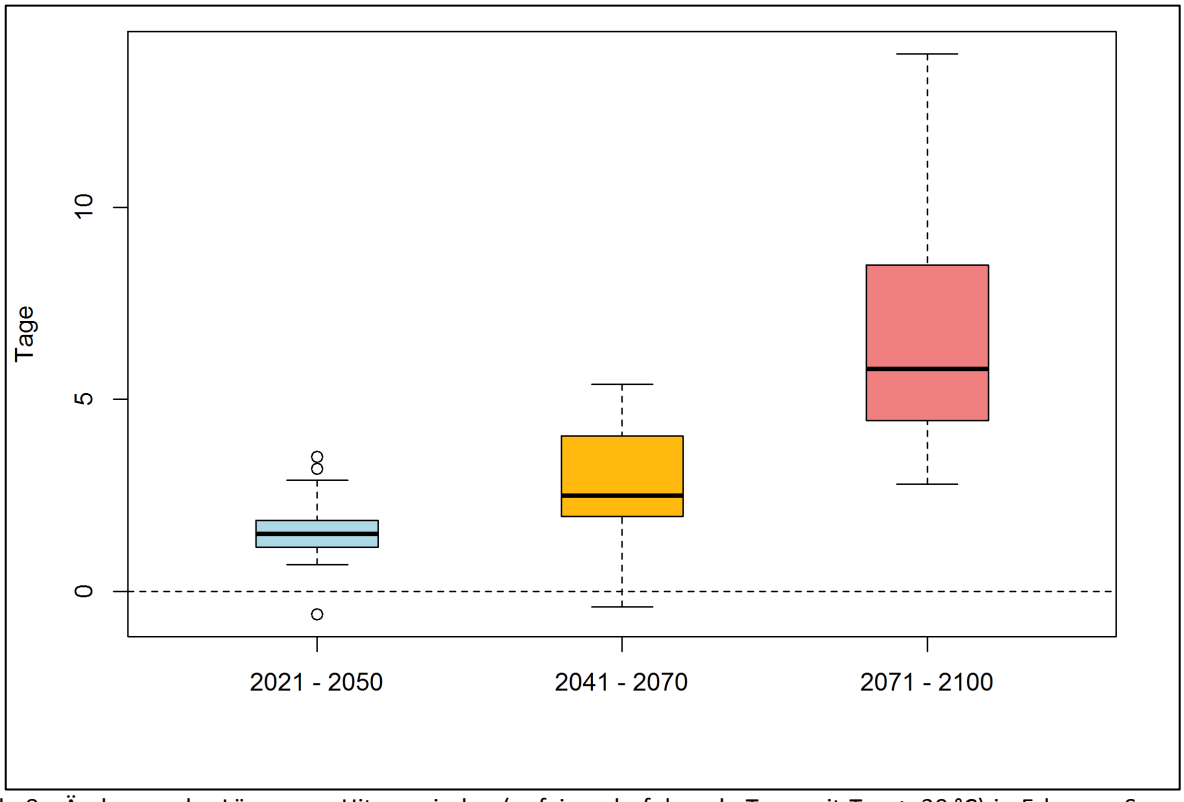


Abb. 8: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit T_{max} ≥ 30 °C) in Erlangen Szenario RCP 8.5

2.3.2 NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG & TROCKENHEIT

2.3.2.1 NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG

Die jährlichen Niederschlagssummen in Erlangen zeigen für alle Szenarien einen schwachen Anstieg bis zum Ende des Jahrhunderts (Abb. 9). Beim Szenario RCP 8.5 ist dieser Trend bei der Mehrzahl der Modellläufe statistisch signifikant. Bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 zeigen weniger als die Hälfte der Modellläufe einen statistisch signifikanten Anstieg.

Bei Betrachtung der Änderungen der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssummen treten in allen Zukunftsperioden bei allen drei Szenarien Zunahmen auf (Abb. 10 und Tab. 7). Nur beim Szenario RCP 8.5 ist ein kontinuierlicher Anstieg der Zunahmen von der ersten bis zur letzten Zukunftsperiode erkennbar. Die im Vergleich der Szenarien geringsten Änderungen der Niederschlagsmenge treten beim Szenario RCP 2.6 im Zeitraum von 2041-2070 und von 2071-2100 auf. Das Szenario RCP 8.5 zeigt die höchsten Zunahmen des Jahresniederschlages, welche im Zukunftszeitraum von 2071-2100 bei durchschnittlich 86 mm/Jahr (12 %) liegen. Die Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen sind im Verhältnis zur natürlichen Schwankung, die im Mittel ca. 140 mm beträgt und bis zu ca. 380 mm von Jahr zu Jahr betragen kann, eher gering. Jedoch zeigt die Mehrzahl der Regionalmodelle eine leichte Zunahme der jährlichen Niederschlagssummen an, wobei diese beim Szenario RCP 8.5 in der Zukunftsperiode von 2071 bis 2100 in der Mehrzahl auch statistisch signifikant ist.

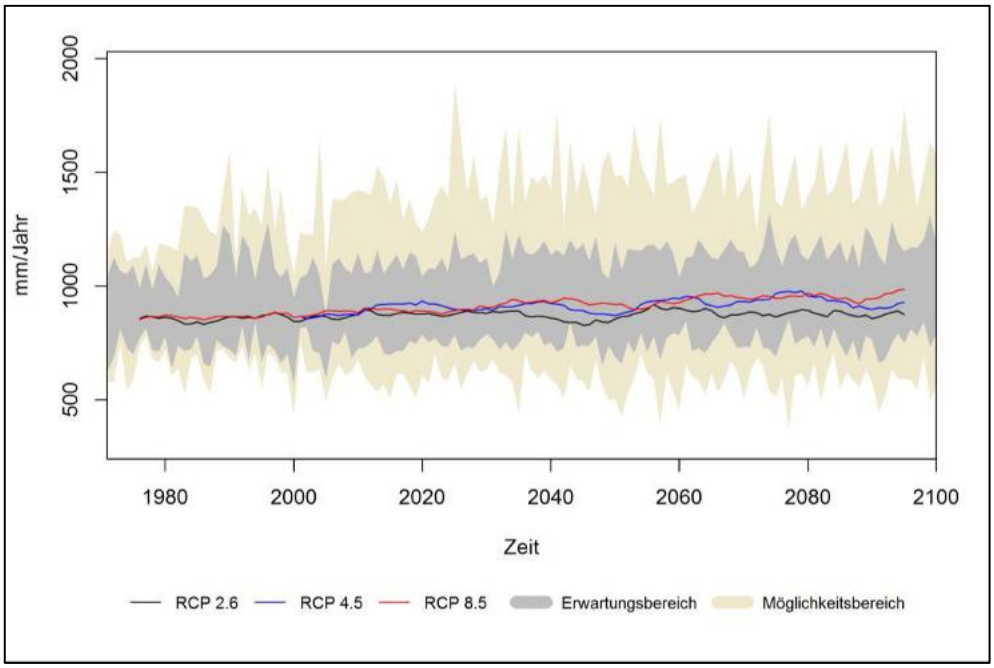


Abb. 9: Zeitlicher Trend der jährlichen Niederschlagssummen in Erlangen, alle Szenarien

Tab. 7: Langjährige Änderung der mittleren Niederschlagssumme (in mm/Jahr) in Erlangen (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Variable	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	RCP 2.6	3	29	82	-5	11	39	-20	15	42
	RCP 4.5	-4	24	67	-3	36	84	32	53	97
	RCP 8.5	27	56	76	26	62	101	60	86	162

Im Jahresgang zeigen sich auffällige Unterschiede der Niederschlagsänderungen. Es ist eine Tendenz zur Verschiebung des Niederschlags erkennbar, mit geringer ausfallenden Änderungen im Sommer als im Winter und Frühjahr. Beim Szenario RCP 8.5 sind in den Monaten Juli bis September im Zeitraum von 2071-2100 Tendenzen für abnehmende Niederschlagsmengen erkennbar (Abb. 11). Die Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 weisen dieselben Änderungsmuster auf, wenn auch nicht so ausgeprägt wie beim Szenario RCP 8.5. Die in den Abbildungen erkennbare Niederschlagsverschiebung mit Zunahmen des Niederschlags vornehmlich im Winter und Abnahmen im Sommer und Frühjahr kann trotz der Unsicherheiten zumindest als auffallende Tendenz interpretiert werden.

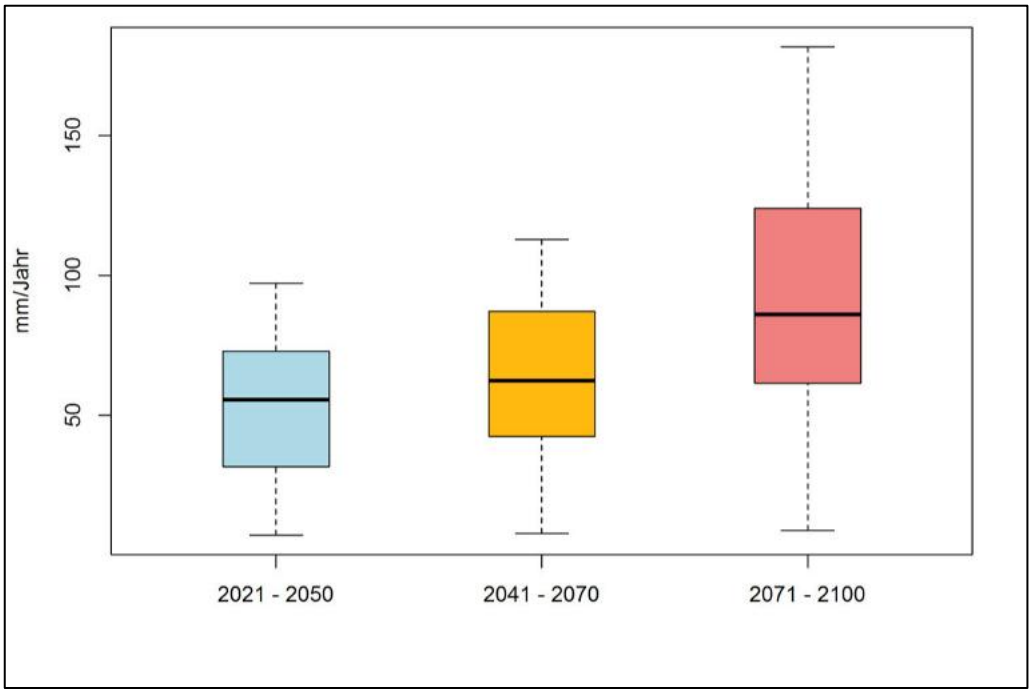


Abb. 10: Langjährige mittlere Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen in Erlangen, Szenario RCP 8.5

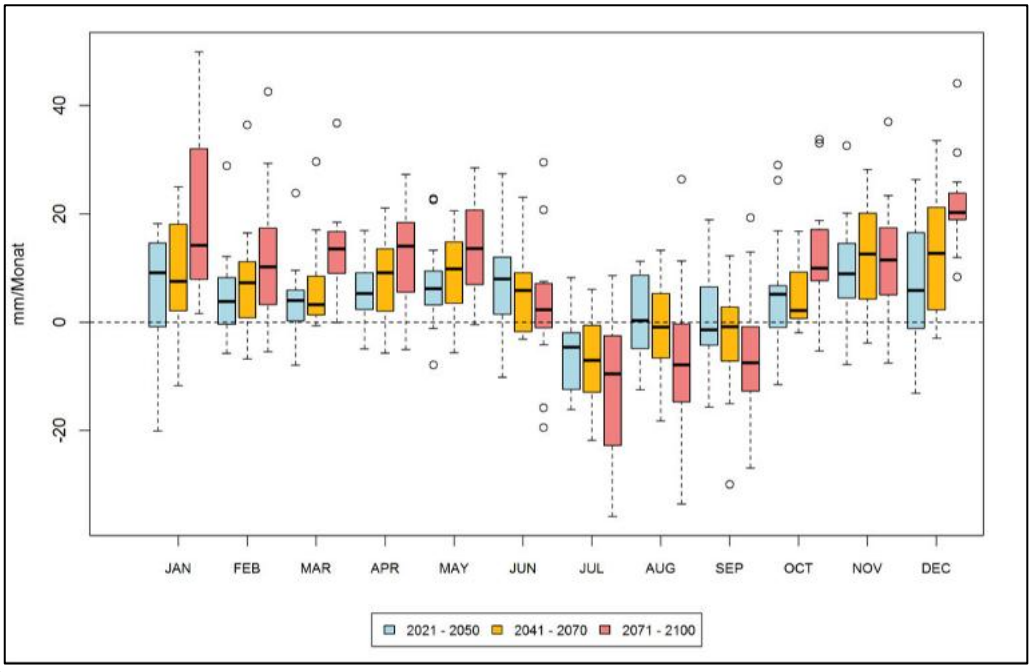


Abb. 11: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen in Erlangen, Szenario RCP 8.5

2.3.2.2 TROCKENHEIT

Begriffe wie Trockenheit oder Dürre sind nicht eindeutig definiert und die Bewertung dieser Ereignisse hängt oftmals von der jeweiligen fachlichen oder individuellen Sichtweise ab. Im allgemeinen Verständnis sind Trockenheit und Dürre durch einen Mangel an Wasser oder Feuchtigkeit gekennzeichnet, welcher aus einem Niederschlagsdefizit resultiert und über einen längeren Zeitraum zu Wasserknappheit führen kann. Ein Indikator für Trockenheit ist beispielsweise die klimatische Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung), die eine Gegenüberstellung des potenziellen (natürlichen) Wasserdargebots durch Niederschlag und Wasserverlust aufgrund der potenziellen Verdunstung erlaubt.

Die monatlichen Änderungen der klimatischen Wasserbilanz weisen für Erlangen entscheidende jahreszeitliche Differenzen auf (Abb. 12). Während die Winter- und Frühjahrsmonate größtenteils positive Änderungen der klimatischen Wasserbilanz zeigen, sind in den Monaten Juli, August und September in allen drei Zukunftsperioden Abnahmen der klimatischen Wasserbilanz beim Szenario RCP 8.5 erkennbar. Auch wenn die Änderungen in den Sommermonaten teilweise recht gering sind, deutet dies zumindest auf die Tendenz zu einer Verminderung des natürlichen Wasserdargebots hin. Dies kann in heißen Sommern die Situation, in bereits heute schon von Wasserknappheit oder Trockenheit betroffenen Bereichen, noch verschärfen. Ähnlich wie beim Niederschlag sind auch die Änderungen der klimatischen Wasserbilanz mit Unsicherheiten behaftet, da diese zu einem nicht unwesentlichen Teil durch die Variabilität des Niederschlags beeinflusst sind. Auch bei der klimatischen Wasserbilanz sind die für das Szenario RCP 8.5 sichtbaren Muster bei den Szenarien RCP 2.6 und RCP 4.5 ebenso erkennbar, jedoch weniger deutlich ausgeprägt (Abb. A 11, Abb. A 12 im Anhang).

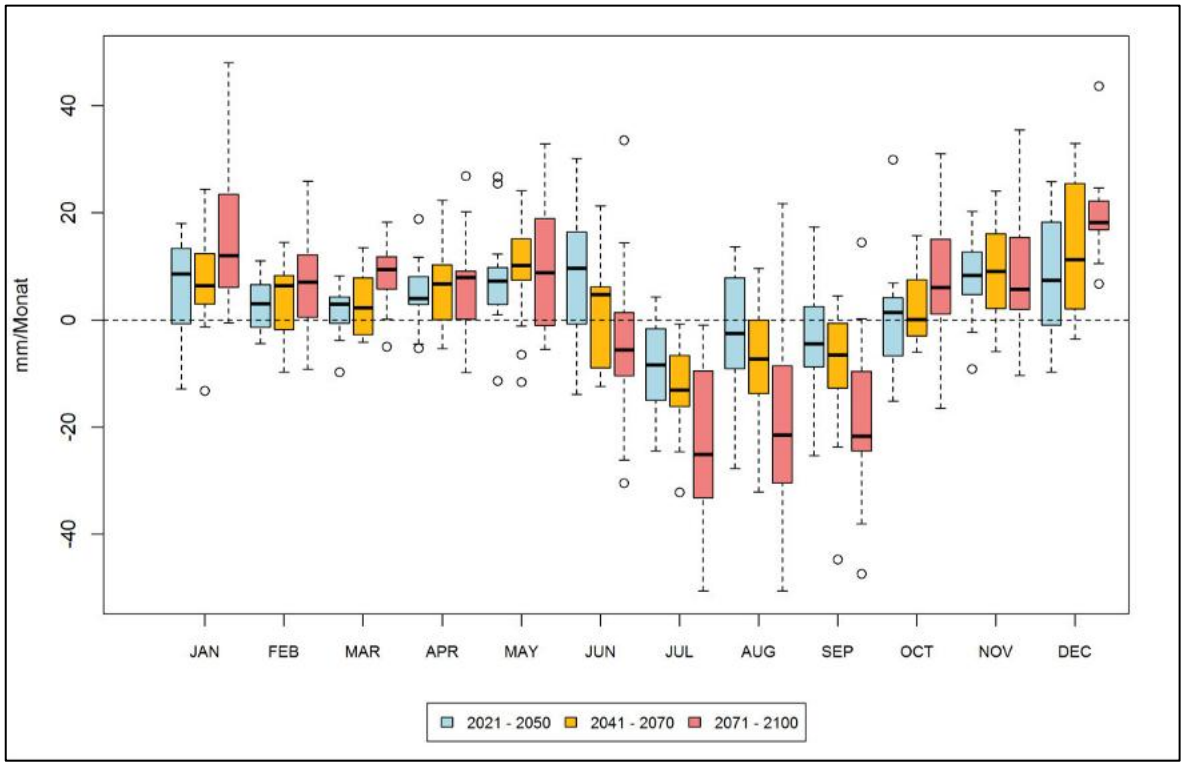


Abb. 12: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz in Erlangen, Szenario RCP 8.5

2.3.3 STARKNIEDERSCHLAG

Mehr noch als die mittleren Niederschlagssummen ist besonders für Städte und Gemeinden die Frage nach der Häufigkeit und der Intensität von Starkniederschlägen relevant. Verschiedene Ereignisse in jüngster Vergangenheit haben gezeigt, dass Starkregenereignisse ein erhebliches Schadens- und Gefahrenpotenzial besitzen.

Als Starkniederschläge werden Niederschläge bezeichnet, die eine hohe Intensität, d.h. eine im Verhältnis zu ihrer Dauer große Niederschlagshöhe aufweisen. Starkniederschlagsereignisse können dabei sowohl Niederschläge kurzer Dauer als auch mehrere Stunden oder Tage anhaltende Niederschläge mit entsprechend großen Niederschlagshöhen sein (Rauthe et al. 2014). Neben der Dauer eines gegebenen Starkniederschlagsereignisses ist die Größe der betroffenen Fläche wesentlich. Der DWD warnt vor Starkregen in zwei Stufen wenn folgende Schwellenwerte voraussichtlich überschritten werden: Regenmenge ≥ 10 mm/1 Std. bzw. ≥ 20 mm/6 Std. (Markante Wetterwarnung) oder Regenmenge ≥ 25 mm/1 Std. bzw. ≥ 35 mm/6 Std. (Unwetterwarnung; DWD 2018). In der Klimaforschung wird meist die Tagesniederschlagssumme betrachtet. Hier werden Schwellenwerte festgelegt (z.B. N ≥ 10 mm/d oder ≥ 20 mm/d), deren Überschreitung als Starkniederschlag verstanden werden kann. Diese sind jedoch nicht einheitlich definiert, sodass verschiedene Ansätze zur Bestimmung der Schwellenwerte für Starkniederschlag existieren. In diesem Bericht werden folgende Schwellenwerte der täglichen Niederschlagssumme zur Identifizierung von Starkregenereignissen festgelegt:

- starker Niederschlag: N ≥ 10 mm/d
- stärkerer Niederschlag: N ≥ 20 mm/d
- Starkniederschlag: N ≥ 30 mm/d

Beispielhaft für den Trend von Starkniederschlagsereignissen in Erlangen ist die zeitliche Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von Tagen mit einem Niederschlag ≥ 20 mm/Tag dargestellt (Abb. 13). Die Klimaszenarien zeigen zum Ende des Jahrhunderts keinen eindeutigen Trend für die Entwicklung von Niederschlagsereignissen ≥ 20 mm/Tag. Starkniederschläge treten relativ selten auf und lassen sich somit statistisch nur bedingt erfolgreich auswerten. Die mittleren Änderungen des Auftretens dieser seltenen Ereignisse pro Jahr fallen äußerst gering aus. Für die Kategorien N ≥ 10 mm/d und N ≥ 20 mm/d des Starkniederschlages projizieren die regionalen Klimamodelle bei allen Szenarien eine Zunahme der Ereignisse, wobei zum Ende des Jahrhunderts die Zunahmen am größten sind (vgl. Tab. 8 und Abb. 14). Niederschlagsereignisse ≥ 30 mm/d treten sehr selten auf und haben (wie alle Starkniederschlagsereignisse) eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität. So wurden an der Klimastation „Uttenreuth“ von 1971 bis 2000 32 Niederschlagsereignisse ≥ 30 mm/d registriert, was im Mittel etwa einem Starkregenereignis pro Jahr entspricht. Beim Klimaszenario RCP 8.5 wird ab Mitte des Jahrhunderts ein Starkniederschlagsereignis ≥ 30 mm/d zusätzlich pro Jahr projiziert (Tab. 8). Diese Aussage ist jedoch sehr unsicher.

Die Zunahme von Tagen mit Niederschlag ≥ 10 mm/d (dies schließt Tage mit N ≥ 20 mm/d und N ≥ 30 mm/d mit ein) ist verbunden mit einer Abnahme von Tagen mit Niederschlag < 10 mm/d. Bei wenig veränderten oder gar zunehmenden Jahresniederschlagssummen bedeutet dies, dass die Häufigkeit von Tagen mit Niederschlag im Mittel abnimmt, die Niederschlagsintensität jedoch zunimmt. Mit einfachen Worten: Es regnet weniger, aber wenn, dann stärker als im Referenzzeitraum. Dies wird durch die Zunahme des höchsten täglichen Niederschlags noch untermauert. So kann in der Zukunft, je nach Szenario, die maximale tägliche Niederschlagsmenge bis zu 13 mm höher sein als heute.

Im Kapitel 2.3.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass der von den Regionalmodellen abgebildete Niederschlag relativ großen Unsicherheiten unterliegt. Dies gilt umso mehr für die Extreme. Deshalb sollten die hier aufgeführten Auswertungen nur unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis interpretiert werden. Prinzipiell wird jedoch offensichtlich, dass die zunehmende Erwärmung mit einer Intensivierung des Niederschlagsgeschehens einhergeht und die Wahrscheinlichkeit der Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen in einer allgemein wärmeren Atmosphäre steigt.

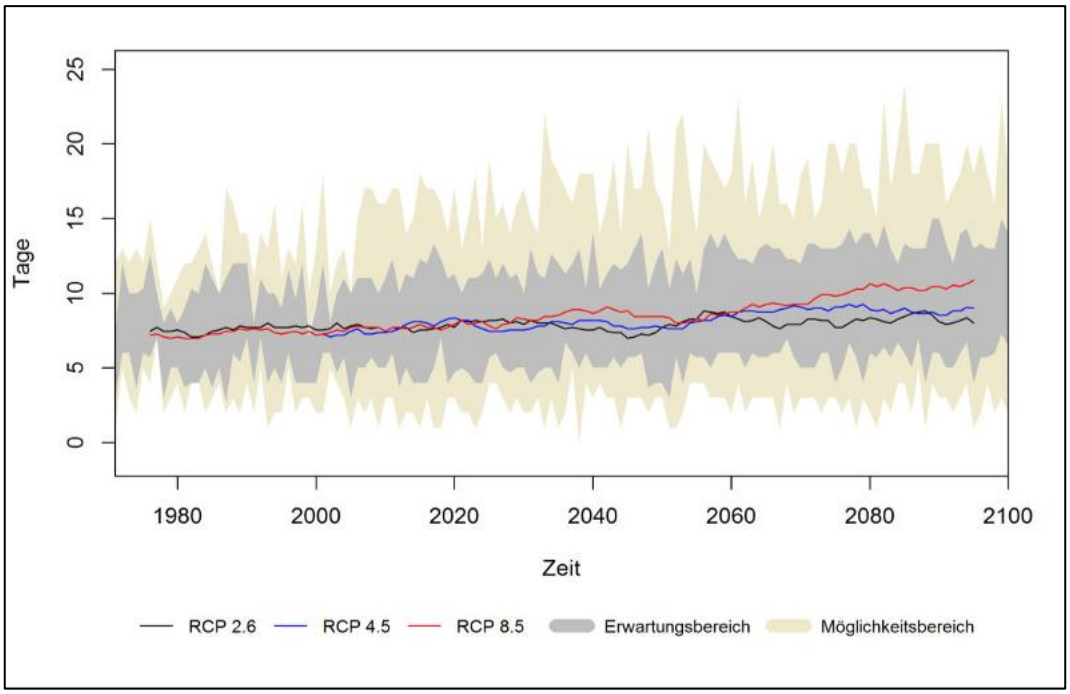


Abb. 13: Zeitlicher Trend der Anzahl an Tagen pro Jahr mit stärkerem Niederschlag (N ≥ 20 mm/d) in Erlangen, alle Szenarien

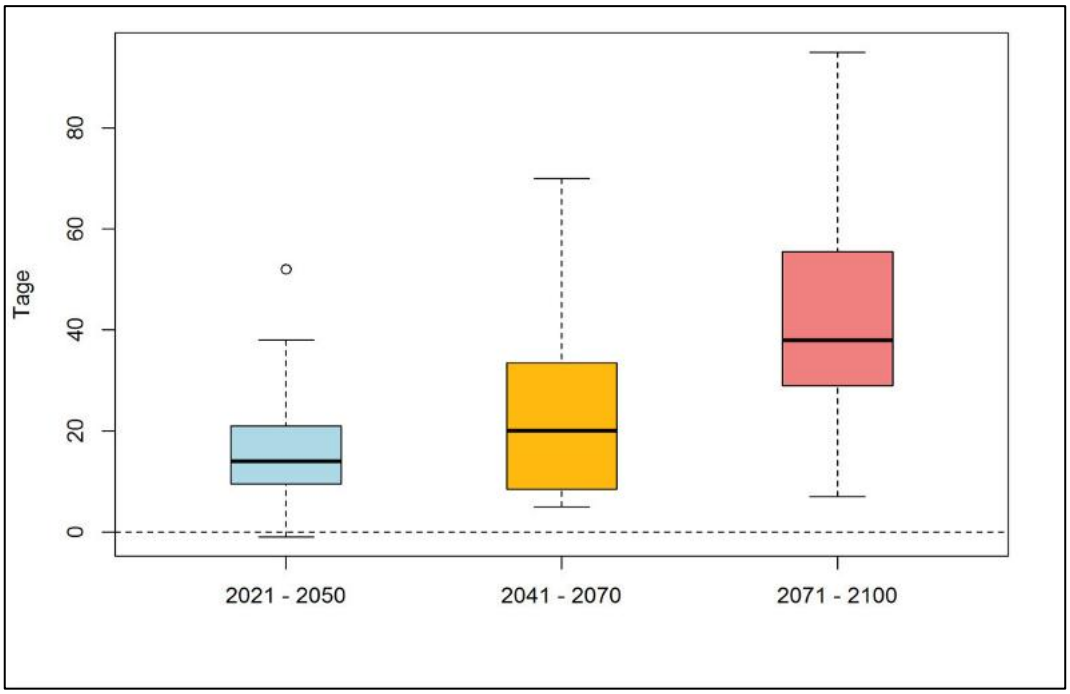


Abb. 14: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen mit N ≥ 30 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen, Szenario RCP 8.5

Tab. 8: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (Anzahl der Tage pro Jahr) in Erlangen (P15 = 15. Perzentil, P50 = Median, P85 = 85. Perzentil).

Kenntag	Szenario	Änderung im Zeitraum gegenüber 1971-2000								
		2021/2050			2041/2070			2071/2100		
		P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85	P 15	P 50	P 85
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	RCP 2.6	0	2	4	0	1	3	0	0	3
	RCP 4.5	0	1	4	0	2	6	3	4	5
	RCP 8.5	1	3	4	3	5	6	4	7	9
stärkerer Niederschlag [n/Jahr] (N > 20mm/d)	RCP 2.6	-1	0	2	0	0	1	0	1	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	2	1	2	2
	RCP 8.5	1	1	2	1	2	3	2	3	5
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 30mm/d)	RCP 2.6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	RCP 4.5	0	0	1	0	1	1	0	1	1
	RCP 8.5	0	1	1	0	1	1	1	1	2

2.3.4 WIND & STURM

Sturmereignisse besitzen, ebenso wie Starkniederschläge, ein sehr hohes Schadenspotenzial. Der DWD definiert Sturm folgendermaßen: „Bezeichnung für Wind von großer Heftigkeit, nach der Beaufort-Skala der Stärke 9 bis 11 (74 bis 117 km/h), der erhebliche Schäden und Zerstörungen anrichten kann“. Folgende Sturmklassen werden anhand ihrer Windstärke eingeteilt (DWD 2018):

- Sturm: Beaufort 9 (75 bis 88 km/h)
- schwerer Sturm: Beaufort 10 (89 bis 102 km/h)
- orkanartiger Sturm: Beaufort 11 (103 bis 117 km/h)
- Orkan: Beaufort 12 (> 117 km/h)

Auch Stürme gehören zu den seltenen Ereignissen, sodass sie ebenfalls nur bedingt statistisch auswertbar sind. Hinzu kommt, dass Regionale Klimamodelle teilweise nicht in der Lage sind Böen korrekt zu reproduzieren und daher Sturmereignisse oftmals nur unzureichend abbilden können. Es ist jedoch anzunehmen, dass es in einer wärmeren Atmosphäre aufgrund von mehr verfügbarer latenter Wärme, die beim Phasenübergang von Wasserdampf zu Flüssigwasser frei wird, zu besseren Wachstumsbedingungen für starke Zyklonen kommen kann und somit zu potenziell stärkeren Stürmen (Pinto et al. 2009, Fink et al. 2012, Pinto und Ryers 2017). Dies hätte eine Zunahme der Sturmaktivität über Westeuropa zur Folge (Pinto et al. 2009, Donat et al. 2010, McDonald 2011). In diesem Zusammenhang konnte bisher jedoch noch nicht eindeutig wissenschaftlich geklärt werden, ob die Häufigkeit der Sturmereignisse an sich zunimmt oder ob bei gleich-bleibender Häufigkeit die Intensität steigt, also die Höhe der auftretenden Windgeschwindigkeiten (vgl. Pinto und Ryers 2017).

Die Trendanalyse für die Anzahl von Sturmereignissen pro Jahr ergab bei allen drei Klimaszenarien für Erlangen keine eindeutige Ab- oder Zunahme bis zum Jahr 2100 (ohne Abbildung). Dementsprechend weist auch kaum eines der Modelle des Ensembles einen signifikanten Trend auf. Somit lassen sich aus den Ergebnissen des Modellensembles keine verwendbaren Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Auftrittshäufigkeit von Stürmen ableiten.

2.4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Analyse der vom EURO-CORDEX-Modellensemble projizierten klimatischen Änderungen für die Klimaszenarien RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 in Erlangen zeigt für die Jahresmitteltemperaturen einen signifikanten Anstieg bis zum Ende des Jahrhunderts. Dieser Anstieg tritt in allen Monaten des Jahres auf, wobei die Temperaturen in den Wintermonaten stärker zunehmen als in den Sommermonaten. Die mit dem Temperaturanstieg einhergehende Erwärmung wirkt sich dementsprechend auf die Veränderung der thermischen Kenntage in Erlangen aus. So wird die Anzahl an Sommertagen, Heißen Tagen und Tropennächten deutlich zunehmen sowie an Frost- und Eistagen abnehmen. Weiterhin gibt es Hinweise, dass die Länge von Hitzeperioden vermutlich zunimmt.

Die jährlichen Niederschlagsmengen tendieren zu einem leichten Anstieg in Erlangen. Dabei zeigen sich auffallende Änderungen im Jahresgang mit einer Tendenz zu geringeren Niederschlagsmengen im Sommer und höheren Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr. Einen Anstieg lassen auch die Jahressummen der klimatischen Wasserbilanz erkennen. Wie beim Niederschlag gibt es im Jahresgang nachhaltige Veränderungen. Die Temperaturzunahme bewirkt zunehmende Verdunstungsraten, die vornehmlich in den Sommermonaten zu einer Abnahme der klimatischen Wasserbilanz und somit zu einem Rückgang des natürlichen Wasserdargebots führen können. Im Zusammenhang mit der Temperaturzunahme, der Verlängerung von Hitzeperioden und der erkennbaren Niederschlagsverschiebung muss besonders in den Sommermonaten zunehmend mit erhöhter Trockenheit gerechnet werden. Besonders betroffen dürften dabei Gebiete sein, die bereits heute schon Trockenheitstendenzen aufweisen.

Starkregenereignisse zählen zu den seltenen Ereignissen und sind somit statistisch nur unzureichend beschreibbar. Die regionalen Klimamodelle projizieren für die nahe, mittlere und ferne Zukunft in Erlangen eine zunehmende Auftrittshäufigkeit. Dies trifft für Tagesniederschläge ≥ 10 mm/d genauso zu wie für Ereignisse ≥ 20 mm/d. Damit verbunden ist gleichzeitig eine Abnahme von Tagen mit Niederschlag < 10 mm/d. Dies bedeutet, dass bei wenig veränderten oder gar zunehmenden Jahresniederschlagssummen die Häufigkeit von Tagen mit Niederschlag im Mittel abnimmt, die Niederschlagsintensität jedoch zunimmt. Für extreme Starkniederschlagsereignisse von N ≥ 30 mm/d zeigen sich zunehmende Tendenzen. Die Aussagen sind jedoch sehr unsicher. Es ist aber anzunehmen, dass auch extreme Starkregenereignisse häufiger auftreten werden.

Stürme können von den regionalen Klimamodellen für kleinräumige Analysen nicht immer ausreichend abgebildet werden und sind, genauso wie Starkniederschläge, aufgrund ihres seltenen Auftretens nur bedingt statistisch auswertbar. Unabhängig davon ist die bereits heute beobachtbare und vor allem auch erfahrbare Sturmtätigkeit ein ernst zu nehmender und nicht zu unterschätzender Faktor. Die Änderungen der Auftrittshäufigkeit von Stürmen sind sehr gering und statistisch nicht signifikant. Dies schränkt die Belastbarkeit der Aussagen deutlich ein.

Eine durch die zunehmende Erwärmung aufgeheizte Atmosphäre deutet jedoch darauf hin, dass es in Zukunft zu besseren Wachstumsbedingungen für starke Zyklonen kommen kann und somit zu potenziell stärkeren Stürmen. Dies hätte eine Zunahme der Sturmaktivität über Westeuropa zur Folge. Stürme beinhalten ein äußerst hohes Schadenspotenzial und sollten, auch wenn eine Zunahme der Ereignisse auf Basis der EURO-CORDEX Modellsimulationen statistisch nicht nachweisbar ist, bei Klimaanpassungsmaßnahmen angesichts des Ausmaßes der jüngsten Ereignisse mit in Betracht gezogen werden (z.B. Sturmtief „Axel“ im Oktober 2017 oder Orkantief „Friederike“ im Januar 2018).

Von den ausgewerteten klimatischen Veränderungen weisen die Cluster Temperaturzunahme und Hitze sowie Starkregen die stärksten Klimaänderungssignale auf. Niederschlagsverschiebung und Trockenheit und ganz besonders Sturmereignisse zeigen eher unsichere Änderungen.

In Tab. 9 sind die wichtigsten Ergebnisse zum erwarteten Klimawandel in Erlangen überblicksartig und zusammenfassend aufgeführt.

Tab. 9: Erwartete Klimaänderungen in Erlangen

	Erwartete Klimaveränderungen **Indikatoren**
 **Temperaturzunahme und Hitze**	× Zunahme der Jahresmitteltemperaturen → Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 1,0 K bis 1,6 K bei Szenario RCP 2.6 und um 3,1 K bis 4,6 K bei Szenario RCP 8.5 (2071-2100) × Mehr Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte → Anstieg der Heißen Tage pro Jahr von derzeit 8 auf ca. 25 bis 41 in der fernen Zukunft (RCP 8.5, 2071-2100) × Häufigere und länger andauernde Hitzeperioden × Abnahme von Frost- und Eistagen → Rückgang der Eistage pro Jahr von 18 auf ca. 2 (RCP 8.5, 2071-2100)
 **Niederschlagsverschiebung und Trockenheit**	× Zunahme der Jahresniederschlagsmenge → Zunahme um bis zu 12 % (RCP 8.5, 2071-2100) × Trockenere Sommer, feuchtere Winter → Zunahme der Winterniederschläge um bis zu +27 % (RCP 8.5, 2071-2100) → Abnahme der Sommerniederschläge um bis zu -7 % (RCP 8.5, 2071-2100) × Längere Trockenperioden im Sommer × Abnahme der klimatischen Wasserbilanz im Sommer
 **Starkregen**	× Zunahme des Anteils von Starkniederschlägen am Gesamtniederschlag × Zunahme der Niederschlagsintensität → Zunahme der Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/d und < 30 mm/d von derzeit ca. 4 auf ca. 6 bis 9 Tage pro Jahr in der fernen Zukunft (RCP 8.5, 2071 – 2100)
 **Wind und Sturm**	× Änderungen nicht sicher nachweisbar × Tendenzen deuten eher auf Zunahme der Anzahl von Sturmereignissen hin × Eine Zunahme der Sturmintensität ist wahrscheinlich × Auch wenn die Projektionen der Auftrittshäufigkeit von Stürmen sehr unsicher sind und sich diese teilweise nicht ändern wird es auch zukünftig starke bis extreme Sturmereignisse geben.

3. Betroffenheitsanalyse

Der Begriff Betroffenheit umfasst hier zum einen das Ausmaß der Änderung klimatischer Parameter (Temperatur, Niederschlag, etc.) und zum anderen, wie empfindlich ein bestimmtes System auf diese Veränderungen reagiert, d.h. welche Auswirkungen zu erwarten sind bzw. wie gut Schäden ggf. abgepuffert werden können. Dabei geht es sowohl um räumliche als auch funktionale Betroffenheiten, für die jeweils die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen, aber auch heute bereits auftretende Folgen des Klimawandels maßgeblich sind.

Die räumlichen Betroffenheiten gehen auf die Frage zurück, wo sich die am stärksten von den Auswirkungen des Klimawandels betroffenen Bereiche in einem Raum befinden. Mit einer solchen Verortung können räumliche Schwerpunkte identifiziert und gezielte Maßnahmen zur Anpassung entwickelt werden. Teilweise existieren entsprechende räumliche Informationen in Erlangen bereits (z.B. Berechnung von Überschwemmungsgebieten im Stadtgebiet), teilweise wurde im Rahmen dieses Konzepts weiterer Analysebedarf erkannt (z.B. Schlüsselmaßnahme M6 „Erstellung einer Starkregengefahrenkarte“). Im Hinblick auf die Aufenthaltsqualität in der Stadt sowie das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ rückt die Überwärmung städtischer Räume in den Fokus. Um zu diesem Thema eine geeignete Datenbasis zu schaffen, wurde die Stadtklimaanalyse aus dem Jahr 2002 im Rahmen des Klimaanpassungskonzepts aktualisiert (vgl. Kap. 3.1).

Die funktionale Betroffenheitsanalyse betrachtet dagegen, wie sich der Klimawandel auf kommunale Handlungsfelder wie bspw. Bauwesen, Landwirtschaft, Stadtgrün oder Verkehr auswirkt (Kap. 3.2). Dabei wurden die Folgen für Arbeitsbereiche der Stadtverwaltung in den Blick genommen, da in diesen auf kommunaler Ebene im besten Falle direkte Möglichkeiten zur Anpassung bestehen. Die Übertragung auf weitere Arbeitsbereiche außerhalb der Stadtverwaltung ist jedoch möglich.

3.1 RÄUMLICHE BETROFFENHEITEN – FOKUS HITZE IN DER STADT (STADTKLIMAANALYSE)

Bisherige Aussagen zum Erlanger Stadtklima stützen sich auf das Klimagutachten des Deutschen Wetterdiensts aus dem Jahr (DWD 1989) und dessen Fortschreibung im Jahr 2002 (Strobel 2002, Samimi und Strobel 2003/04). Angesichts der seitdem erfolgten Siedlungsentwicklung war im Hinblick auf das derzeitige Belastungsniveau und künftige städtebauliche Planungen eine Aktualisierung der Klimaanalyse notwendig. Dem Stand der Technik gemäß wurde eine mesoskalige Rechnung mit dem Stadtklimamodell FITNAH 3D durchgeführt, um hochaufgelöste, flächendeckende Ergebnisse für das gesamte Stadtgebiet zu erhalten. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Klimaanalyse zusammengefasst, die eine wichtige Grundlage für das vorliegende Klimaanpassungskonzept darstellen. Weiterführende Aussagen und die methodischen Hintergründe werden im separaten Bericht „Teil B: Stadtklimaanalyse Erlangen – Methodik und Ergebnisse“ beschrieben (Stadt Erlangen 2019).

Ergebnisse der Modellierung

Bei Betrachtung der bodennahen Lufttemperatur zeigt sich eine deutliche nächtliche Überwärmung städtischer Bereiche – so weisen die Erlanger Kernstadt oder hochversiegelte Gewerbeflächen bspw. in Bruck bis zu 7 °C höhere Temperaturen als das unbebaute Umland etwa in der Regnitz-Aue auf (Abb. 15). Dieser für Großstädte typische „Wärmeinseleffekt“ kommt vor allem nachts zum Tragen und geht u.a. auf den höheren Versiegelungsgrad bzw. geringeren Grünanteil in der Stadt, die Beeinträchtigung der Strömung durch Hindernisse sowie Emissionen aus Verkehr, Industrie und Haushalten zurück.

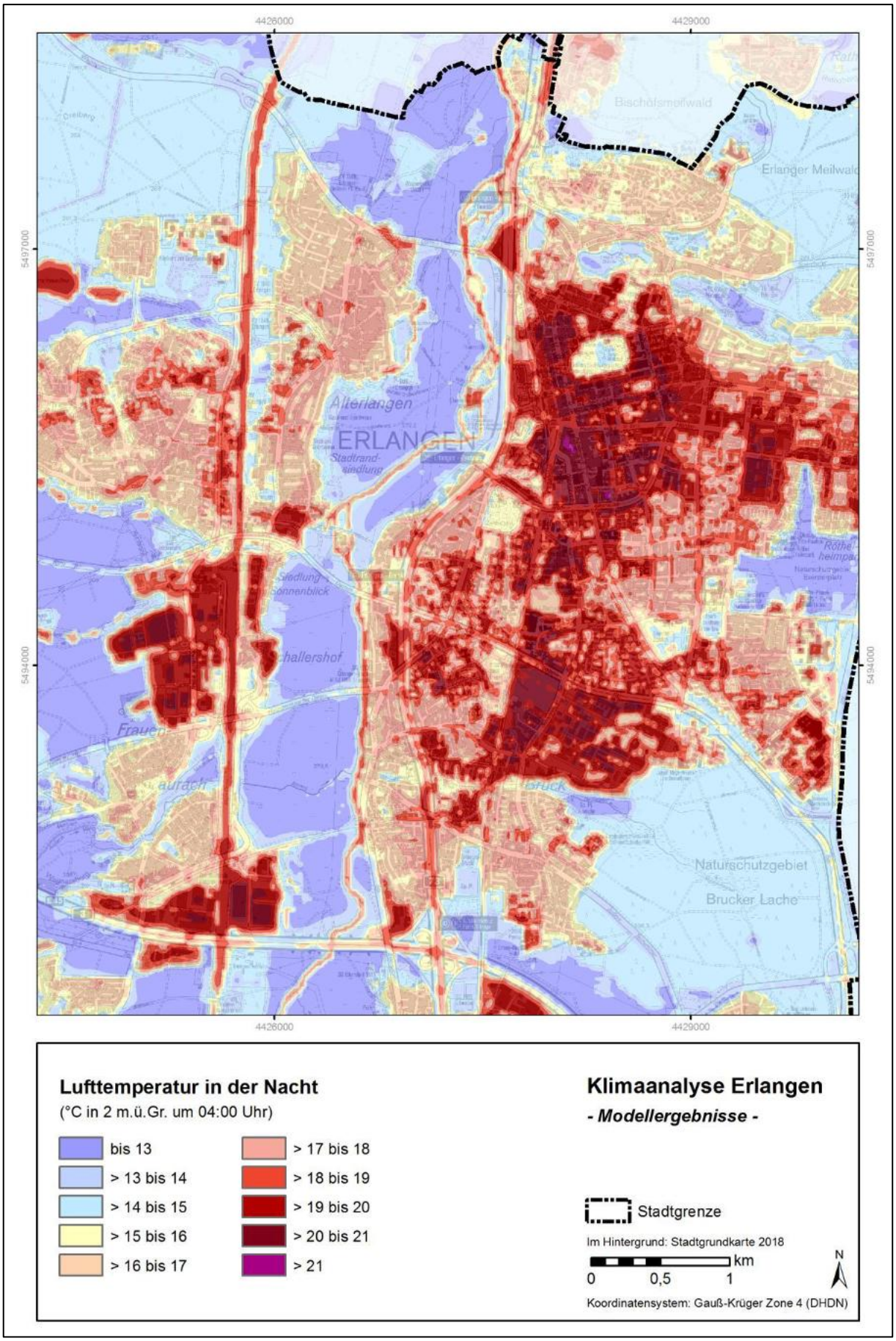


Abb. 15: Modellierte bodennahe Lufttemperatur in der Nacht in einem Ausschnitt der Stadt Erlangen

Die Modellrechnung beruht auf der Annahme einer austauscharmen sommerlichen Strahlungswetterlage (d.h. ohne Bewölkung), die typischerweise zu den höchsten Belastungen führt und in Erlangen an etwa 25 % der Sommertage auftritt. In solch einer „autochthonen Sommernacht“ ist der Wärmeinseleffekt besonders stark ausgeprägt und kein übergeordneter Luftaustausch vorhanden („die Luft steht“). Lokal können sich jedoch Ausgleichsströmungen bilden und für Entlastung im Stadtgebiet sorgen. Neben reliefbedingten Hangabwinden sind Flurwinde die wichtigsten dieser Windsysteme. Flurwinde werden durch Temperaturunterschiede angetrieben und sind vom kühleren Umland auf die überwärmten Stadtgebiete ausgerichtet. Im besten Fall kann damit Kaltluft (und ggf. Frischluft) über zusammenhängende Grünzüge bzw. Freiflächen bis weit in den Stadtkörper fließen.

Besonders wichtige Funktionen als „Kaltluftleitbahnen“ übernehmen in Erlangen die Schwabach-Aue und der Exerzierplatz (vgl. Abb. 16). Auch die Weiherketten samt umliegenden Grünflächen nördlich bzw. südlich von Büchenbach, die Auen der Altaurach in Frauenaurach, des Hutgrabens in Tennenlohe sowie des Bachgrabens in Bruck und die von Süden nach Bruck hineinreichenden Grün- bzw. Sportflächen dienen den jeweiligen Stadtgebieten als Leitbahnen zur Kaltluftversorgung. Von hoher Bedeutung für das Erlanger Stadtklima ist die Regnitz-Aue als flächenhaft durchlüfteter Grünraum mit Siedlungsbezug. Sie weist zwar keine klassische Leitbahnfunktion auf, durch die Trennung der beiden Siedlungsbereiche Innenstadt und Büchenbach, verhindert die Regnitz-Aue jedoch die Ausbildung eines noch stärkeren Stadtklimaeffekts. Zudem können (intakte) städtische Grünflächen einen kühlenden Effekt auf Ihr näheres Umfeld haben. In Erlangen ist diesbezüglich der Schlossgarten hervorzuheben, dessen kühlende Wirkung auf die umliegende Bebauung ausstrahlt. Neben Parks wirken oftmals Friedhöfe (z.B. Zentralfriedhof, Friedhof Büchenbach), Sportflächen (z.B. des ATSV Erlangen in Bruck) oder Kleingärten aufgrund ihrer Grünprägung positiv auf das Stadtklima ein.

Planungshinweiskarten

Die hochaufgelösten Ergebnisse der Modellrechnung sind die Basis der Erlanger Stadtklimaanalyse und erlauben genaue Aussagen zu den Klimaparametern verschiedener Flächen. Für die tägliche Arbeit in der Planungspraxis noch wichtiger ist das Inwertsetzen der Ergebnisse, z.B. in Form der beiden nach Nacht und Tag unterschiedenen Planungshinweiskarten (PHK). In diesen wird eine Bewertung der Siedlungs- und Straßenflächen bzw. Plätze als „Wirkungsraum“ sowie der Grünflächen als „Ausgleichsraum“ hinsichtlich ihrer bioklimatischen Situation vorgenommen und mit allgemeinen Planungshinweisen verbunden. Die Bewertungen beruhen auf den klimaökologischen Funktionen ohne die Belange weiterer Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. die Planungshinweiskarten stellen aus klimafachlicher Sicht gewonnenes Abwägungsmaterial dar.

In der **PHK Nacht** orientiert sich die Bewertung der Grünflächen an ihrer Funktion für den Kaltlufthaushalt des Stadtgebiets, sodass den genannten Kaltluftleitbahnen bzw. den für das Kaltluftprozessgeschehen wichtigen Grünflächen die höchsten bioklimatischen Bedeutungen zugeschrieben werden (Abb. 16). Auf diesen Flächen sollten bauliche Eingriffe möglichst vermieden werden bzw. unter Berücksichtigung stadtklimatischer Belange erfolgen (Gebäudekörperstellung, Begrünung, etc.), um deren Funktion und die Durchlüftung der angrenzenden Bebauung zu erhalten. Die Bewertung ist auf die gegenwärtige Siedlungsstruktur ausgerichtet, d.h. (siedlungsferne) Grünflächen ohne relevante Klimafunktionen sind von geringerer Bedeutung. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen bzw. in ihrer näheren Umgebung muss die Bewertung jedoch ggf. neu vorgenommen werden. Neben den Kaltluftleitbahnen ist in der Karte das Strömungsfeld in Pfeilsignatur dargestellt, um das Strömungssystem außerhalb der Siedlungsräume abzubilden und damit mögliche klimaökologische Konflikte bei etwaigen größeren Vorhaben erkennen zu können.

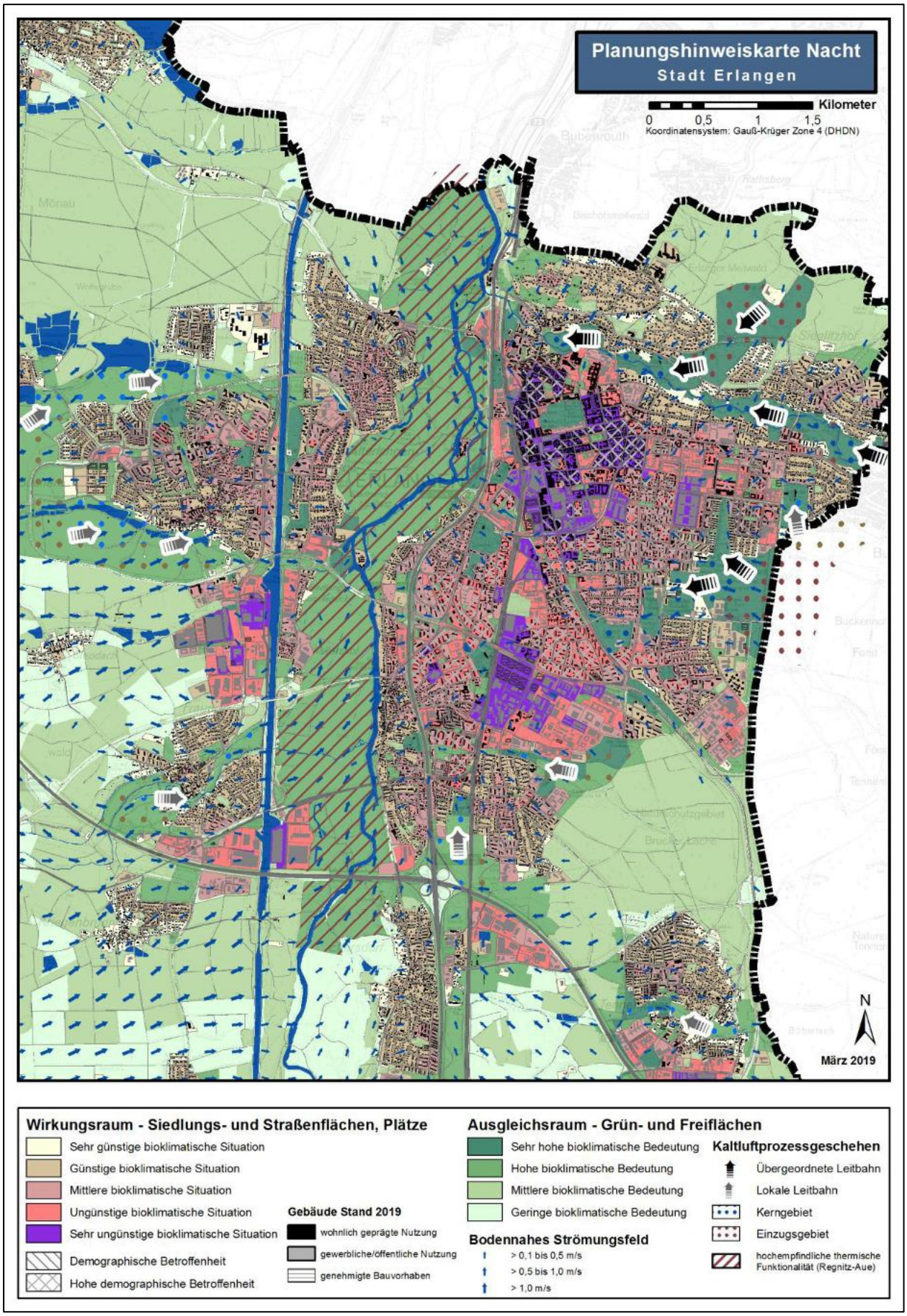


Abb. 16: Planungshinweiskarte Nacht in einem Ausschnitt der Stadt Erlangen (verkürzte Legende)

Die Bewertung des Siedlungsraums spiegelt die nächtliche Überwärmung wider. Entsprechend weist die Erlanger Innenstadt die ungünstigsten Bedingungen auf. Auch in den hochversiegelten Gewerbegebieten fällt die Belastung hoch aus, doch liegt der Fokus in der PHK Nacht auf der Möglichkeit eines erholsamen Schlafs und damit auf der Wohnbebauung[5]. In den ungünstig bewerteten Flächen sollte nicht nur keine weitere Verdichtung erfolgen (insb. zu Lasten von Grün-/Freiflächen), sondern vielmehr Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation angestrebt werden (Durchlüftung fördern, Vegetationsanteil erhöhen, etc.). Günstige bioklimatische Bedingungen sind vornehmlich am Stadtrand und den umliegenden Gemarkungen zu finden. Diese sind weniger empfindlich gegenüber Nutzungsintensivierungen, jedoch sollten klimaökologische Aspekte beachtet werden, um das günstige Bioklima nicht zu gefährden. Ähnlich wie Gewerbegebiete steht der Straßenraum in der nächtlichen Betrachtung weniger im Vordergrund[6], doch geben aufgeheizte Plätze und Straßen nachts ihre Wärme an die Umgebung ab und beeinflussen damit ebenfalls die Situation in der umliegenden Bebauung.

Mit Blick auf das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ sind sensible Bevölkerungsgruppen wie Senior*innen oder Kleinkinder besonders empfindlich gegenüber der Hitzebelastung (vgl. Kap. 3.2.1). Um mögliche Maßnahmen zur Anpassung verorten zu können (bspw. M10 „Klimagerechte Grünflächenentwicklung“), sind in der PHK Nacht Gebiete (hoher) demographischer Betroffenheit hervorgehoben, in denen sich ungünstige bioklimatische Bedingungen mit einer hohen Bevölkerungsdichte (sowie hohem Anteil sensibler Bevölkerungsgruppen) überlagern.

Die **PHK Tag** betrachtet die Wärmebelastung außerhalb von Gebäuden. Dabei sind Wohn- und Gewerbegebiete gleichermaßen von Bedeutung, um die Auswirkungen auf die Wohn- sowie arbeitende Bevölkerung abzubilden. In den Vordergrund rücken zudem der Straßenraum für Wegebeziehungen und Pendlerströme sowie die Aufenthaltsqualität auf Plätzen und Grünflächen. Die Bewertungen einzelner Flächen weichen teilweise von der Nachtsituation ab, was durch eine andere Farbwahl kenntlich gemacht werden soll.

Dies wird gerade bei den Grünflächen deutlich, deren Bedeutung dann am höchsten ist, wenn sie eine hohe Aufenthaltsqualität durch verschattete Bereiche bieten, fußläufig erreichbar und zudem öffentlich zugänglich sind. Für den Kaltlufthaushalt wichtige Freiflächen wie bspw. die Regnitz-Aue sind an Sommertagen dagegen von geringerer Bedeutung, da die fehlende Verschattung zu einer starken Wärmebelastung führt. Umgekehrt weisen (stadtnahe) Wälder am Tage eine höhere Bewertung als in der Nacht auf (z.B. die Mönau nördlich Büchenbach). Die höchsten klimaökologischen Funktionen erfüllen Grünflächen, denen sowohl tagsüber als auch nachts eine hohe Bedeutung zugeschrieben wird. Grünflächen wie bspw. der Schlossgarten, Zentralfriedhof oder Teile der Schwabach-Aue sind somit aus stadtklimatischer Sicht besonders erhaltens- und schützenswert.

Die höchsten Belastungen im Siedlungsraum treten in hochversiegelten Räumen mit eher geringer Gebäudehöhe und Grünausstattung auf, wie sie typischerweise in Gewerbegebieten zu finden sind. Der Schattenwurf hoher Gebäude sorgt für Bereiche geringerer Wärmebelastung, je nach Sonnenstand und Lage können Gebäude jedoch auch Strahlung reflektieren. Mit den Ergebnissen der PHK Tag können

[5] In der PHK Nacht sind Gebäude nachrichtlich aufgenommen (Stand 2019). In Baublöcken mit wohnlich geprägter Nutzung sind die Gebäude schwarz dargestellt, steht dagegen eine gewerbliche oder öffentliche Nutzung ohne bzw. mit sehr geringer Wohnbevölkerung im Vordergrund, sind die Gebäude grau eingefärbt.

[6] Dabei konnten nur diejenigen Straßenzüge bewertet werden, für die eine geeignete Geometrie vorlag (abgeleitet aus der Luftreinhalteplanung). Zusätzlich wurden wichtige städtische Plätze bewertet. Der übrige Straßenraum in der Stadt sowie die Autobahnen und Bahnflächen sind ohne Bewertung in dunkelgrau dargestellt.

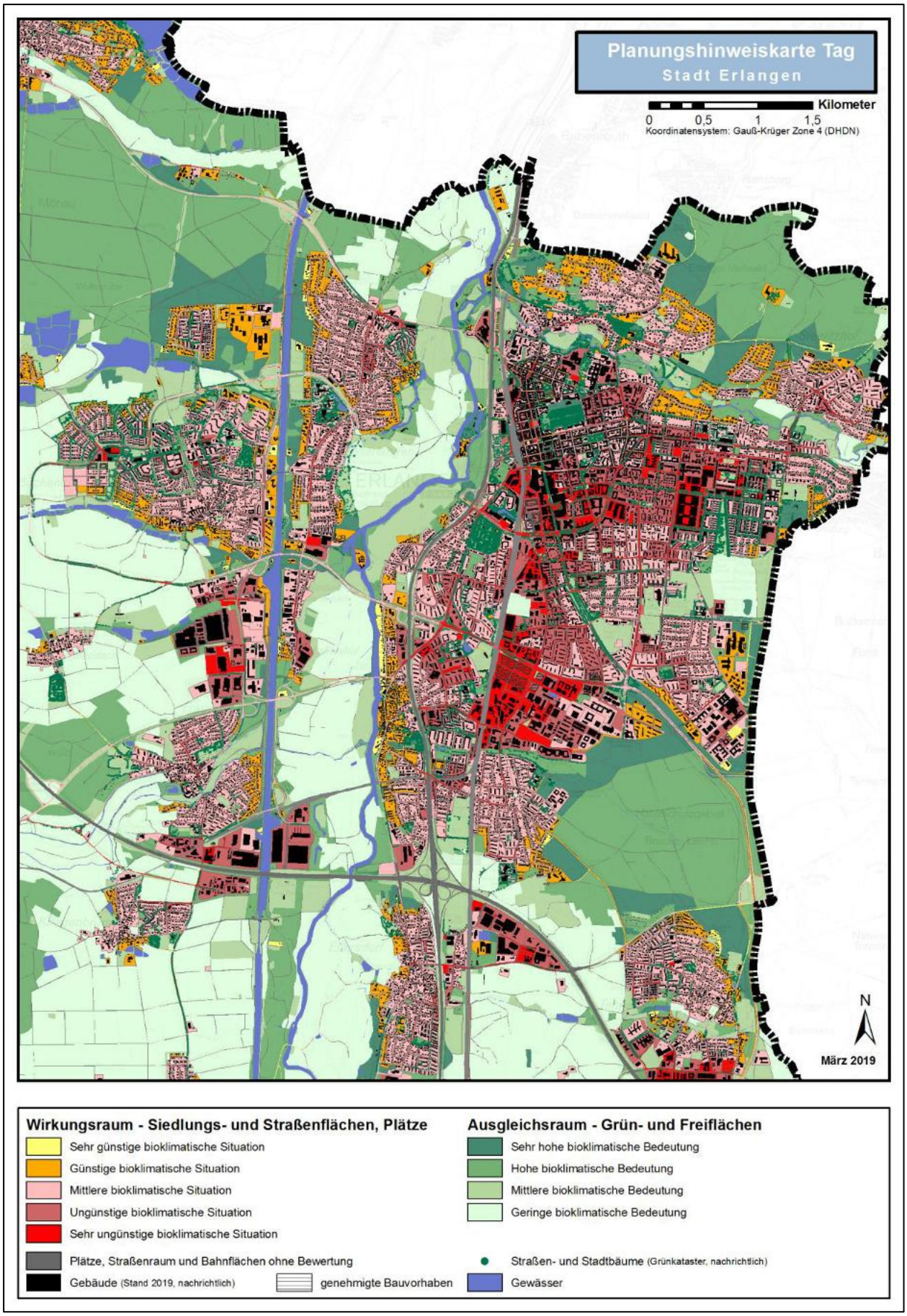


Abb. 17: Planungshinweiskarte Tag in einem Ausschnitt der Stadt Erlangen (verkürzte Legende)

Bereiche hoher Wärmebelastung identifiziert werden, in der die Umsetzung bestimmter Maßnahmen zur Anpassung prioritär erfolgen sollte (z.B. M1 „Verschattung öffentlicher Räume“, M10 „Klimagerechte Grünflächenentwicklung“). Dabei sollten die Ergebnisse des Zukunftskonzepts „Grün in Erlangen 2018“ etwa zu den dort ausgewiesenen Grün-Defizitbereichen Beachtung finden.

Infolge des Klimawandels ist im Raum Erlangen zukünftig von höheren Temperaturen und vermehrten Hitzeperioden auszugehen. Diese Zunahmen sind in den (kern)städtisch geprägten Räumen besonders relevant, da dort aufgrund des Wärmeinseleffekts bereits heute ein höheres Belastungsniveau vorliegt. Entsprechend muss bei den Ergebnissen zum erwarteten Klimawandel beachtet werden, dass die thermische Belastung in den stark verdichteten Bereichen Erlangens zukünftig noch höher ausfallen wird als die in Kapitel 2.3 beschriebenen Zahlen für den gesamten Raum Erlangen.

Aktuelle Messergebnisse bestätigen dieses Phänomen. So traten an der ESTW-Messstation in Erlangen-Bruck im Sommer 2017 zwei Tropennächte auf, während die DWD-Stationen Möhrendorf-Kleinseebach bzw. Nürnberg-Flughafen keine Tropennächte verzeichneten[7]. Noch deutlicher wird der Unterschied bei Betrachtung des sogenannten „Schlecht-Schlaf-Index“, d.h. Nächte, in denen die Temperatur 18 °C nicht unterschreitet (GERICS 2019). Dieser Fall wurde im Sommer 2017 in Bruck in 16 Nächten beobachtet, an den beiden DWD-Stationen dagegen nur in zwei bzw. drei Nächten.

3.2 FUNKTIONALE BETROFFENHEITEN - PRIORITÄRE KLIMAWIRKUNGEN

Im Rahmen der funktionalen Betroffenheitsanalyse wurden die spezifischen Auswirkungen der Klimawandelfolgen für Erlangen untersucht und bewertet. Ausgehend von den Gegebenheiten vor Ort wurde dabei analysiert, in welchen Handlungsbereichen der Stadt besondere Herausforderungen durch die zu erwartenden langfristigen Klimaveränderungen und (extremen) Wetterereignisse entstehen.

In einem ersten Schritt wurden zunächst die für Erlangen relevanten Handlungsfelder identifiziert. Als Referenz diente dabei die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) der Bundesregierung aus dem Jahr 2008, die insgesamt 13 Themenfelder sowie zwei Querschnittsbereiche benennt und für diese auf Bundesebene den politischen Rahmen für die Aktivitäten zur Klimaanpassung setzt.

Das Anpassungskonzept für Erlangen orientiert sich an den Themenfeldern der DAS und modifiziert diese teilweise für den kommunalen Kontext. Insgesamt wurden acht Handlungsfelder betrachtet, die in Erlangen direkt von den Auswirkungen der Klimaveränderungen beeinflusst werden können:

- Menschliche Gesundheit
- Wasser
- Natur und Stadtgrün
- Land- und Forstwirtschaft
- Bauwesen
- Verkehr
- Energie
- Wirtschaft

[7] Die ESTW-Station in Bruck repräsentiert einen städtischen Standort, die beiden DWD-Stationen suburbane Standorte.

Für die genannten Handlungsfelder wurde im nächsten Schritt eine Wirkungsanalyse durchgeführt. Die wesentliche methodische Grundlage hierfür bildeten die durch das bundesweite „Netzwerk Vulnerabilität“ 2012 für den Fortschrittsbericht der Deutschen Anpassungsstrategie erarbeiteten „Wirkungsketten“ (UBA 2015b). Diese dienten dazu, die lokalspezifische Betroffenheit für Erlangen abzuleiten. Sie stellen den Zusammenhang zwischen klimatischen Veränderungen und den daraus resultierenden zentralen Folgewirkungen für die unterschiedlichen Handlungsfelder dar und zeigen darüber hinaus die jeweiligen Wechselbeziehungen zwischen den Sektoren auf.

Im ersten Schritt der Wirkungsanalyse wurden zunächst im Rahmen einer Befragung für die genannten Handlungsfelder erste Einschätzungen ausgewählter Vertreterinnen und Vertreter innerhalb und außerhalb der Stadtverwaltung zu den zukünftig erwarteten Klimawirkungen gesammelt. Hierzu wurden entsprechende Fragebögen entwickelt, versandt und der Rücklauf ausgewertet (siehe Beispielfragebogen im Anhang). Auf Basis dieser Befragung wurden dann im Rahmen eines interdisziplinären Workshops (vgl. Kap. 1.3) die für Erlangen relevanten Klimawirkungen in zwei unterschiedlichen Wirkungsfeldern (1. „Mensch und Umwelt“, 2. „Gebäude und Infrastrukturen“) ausgewählt und mit Blick auf die folgende Phase der Strategie- und Maßnahmenentwicklung der lokalspezifische Anpassungsbedarf priorisiert.

Im Rahmen der Veranstaltung wurde – zusammen mit Vertreterinnen und Vertretern der Stadtverwaltung und externen Akteuren – aus einer großen Zahl möglicher Folgen des Klimawandels eine Auswahl derjenigen Wirkungen vorgenommen, die im Rahmen des Anpassungskonzeptes für Erlangen zutreffend erschienen. Während der Veranstaltung konnten die Teilnehmenden in zwei Arbeitsgruppen über die handlungsfeldspezifischen Klimafolgen diskutieren und die für Erlangen besonders relevanten Auswirkungen identifizieren. Dieser Schritt stellte eine entscheidende Weichenstellung für die anschließende Konzeptentwicklung und für die Maßnahmenableitung dar und bot den Teilnehmenden die Chance, sich aktiv in den Strategieprozess einzubringen.

Die Ergebnisse der Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels in Erlangen wurden in Form von acht lokalspezifischen Wirkungsketten übersichtlich aufbereitet und – geclustert nach den drei Wirkungsfeldern – zusammengefasst (vgl. nachfolgende Kapitel).

3.2.1 HANDLUNGSFELD MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Steigende Temperaturen und warme Sommerabende mögen verlockend klingen – führen diese allerdings zu einer über mehrere Tage bis Wochen anhaltenden Hitzewelle, sind damit ernsthafte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit verbunden.

Besonders betroffen sind sensible Bevölkerungsgruppen wie ältere Menschen. Da sich mit fortschreitendem Alter der Prozess zur Regulierung der Köpertemperatur verlangsamt und die Fähigkeit zur körperlichen Wärmeabgabe abnimmt, leiden sie häufig stärker unter Hitzestress als andere Bevölkerungsgruppen. Die Folgen sind Kreislaufprobleme, Unwohlsein und allgemeine Schwäche. Die extreme Hitzeperiode im vergangenen Sommer 2018 hat jedoch auch in Erlangen gezeigt, dass eine solch langanhaltende Phase hoher Temperaturen, insbesondere verbunden mit fehlender nächtlicher Abkühlung, für alle Bevölkerungsschichten eine erhebliche Belastung darstellt.

Selbst wenn der Sommer 2018 als seltenes Extremereignis einzuordnen ist, treten Hitzeperioden bereits heute regelmäßig in Erlangen auf. Angesichts der prognostizierten Zunahme von *Heißen Tagen*[8], *Tropennächten* oder der Länge von Hitzeperioden ist die steigende **Hitzebelastung** für die Bevölkerung

[8] Als Heiße Tage (Maximaltemperatur ≥ 30 °C) und Tropennächte (Temperatur sinkt nicht unter 20 °C) werden sogenannte meteorologische Kenntage bezeichnet, sie kennzeichnen eine hohe bioklimatische Belastung.

als zentrale Auswirkung des Klimawandels in Bezug auf die menschliche Gesundheit in Erlangen zu sehen. Zusammen mit dem demografischen Wandel muss davon ausgegangen werden, dass das Risikopotenzial hitzebedingter Todesfälle und Erkrankungen steigt.

Dicht bebaute bzw. hoch versiegelte Gebiete weisen die stärkste Hitzebelastung und insbesondere Überwärmung in der Nacht auf („Stadtklimaeffekt“ z.B. in der Innenstadt oder den Gewerbeflächen in Bruck). Durch den Klimawandel wird erwartet, dass sich der Stadtklimaeffekt intensiviert – d.h. zusätzlich zum ohnehin steigenden Temperaturniveau wird die Belastung in den heute bereits betroffenen Stadtgebieten am stärksten zunehmen.

Insbesondere Menschen mit geringem Einkommen und niedriger Bildung sind dabei oft höheren Umweltbelastungen ausgesetzt als sozial besser gestellte Menschen **(Umwelt(un)gerechtigkeit)**. Das Wohnumfeld sozial Benachteiligter verfügt oft über eine schlechte Energiebilanz und ist häufig nicht gesundheitsförderlich (unsanierte Gebäudehülle, Wohnungen/WG-Zimmer unter dem Dach oder nur Südseite, kein Balkon oder Garten als kühler Ort in direkter Wohnumgebung). Sie sind zudem verstärkt von verkehrsbedingten Gesundheitsbelastungen wie Lärm und Luftschadstoffen betroffen und haben weniger Zugang zu städtischen Grünflächen (längere Distanzen), d.h. sie verfügen über geringere wohnortnahe Bewegungs- und Erholungsmöglichkeiten.

Neben der steigenden Hitzebelastung ist in Erlangen mit der Zunahme von Starkregenereignissen und einer mindestens gleichbleibenden Sturmaktivität zu rechnen – beides führt schon heute häufig zu Schäden. Durch den Klimawandel steigt das Risiko von **durch Extremereignisse hervorgerufenen Unfällen**, die (zum Teil sogar tödliche) Verletzungen zur Folge haben können. Zudem können, beispielsweise bedingt durch die Zerstörung von Eigentum oder sonstiger Lebensgrundlagen, gesundheitliche Belastungen der Betroffenen durch Stress oder psychische Störungen auftreten.

Im Zuge dieser Entwicklung wird erwartet, dass die Anforderungen an den Gesundheitssektor und die Belastung der Krankenhäuser, Rettungs- und Pflegedienste zur Bewältigung von Extremereignissen zunehmen. Da die Rettungsdienste jederzeit Kapazitäten für Notfälle vorhalten (müssen), bestehen hier Strukturen, die bereits der Anpassung an den Klimawandel dienen. Über die Rettungsdienste hinaus betreffen **veränderte Arbeitsbedingungen bei Extremwetterereignissen** (darunter auch Hitzeperioden) viele weitere Aufgabenfelder, in denen die Auswirkungen weniger offensichtlich erscheinen, für Erlangen aber als sehr relevant angesehen werden (z.B. Pflege des Stadtgrüns, Müllabfuhr, Arbeit im Außendienst, Pendlerströme; Wechselwirkungen zum Handlungsfeld „Wirtschaft“).

Geänderte klimatische Rahmenbedingungen beeinflussen die menschliche Gesundheit auf vielfältige Weise. Durch den Klimawandel verlängert sich die Vegetationsperiode, die genau wie ein vermehrtes Auftreten invasiver Arten zu **allergischen Reaktionen** oder vektorübertragenen Krankheiten führen kann. Weiterhin kann sich die Zunahme von Starkregenereignissen sowie sommerlicher Hitze und Trockenheit auf die Qualität von Trinkwasser bzw. die Lebensmittelhygiene auswirken, mit möglichen Folgen für die menschliche Gesundheit. Auch wird ein steigendes Hautkrebsrisiko gesehen, das sich als Folge eines geänderten Freizeitverhaltens ergeben könnte (mehr Aufenthalt im Freien bei wärmeren Temperaturen) – zur Frage, ob der Klimawandel zu einem erhöhten Hautkrebsrisiko infolge vermehrter Strahlungswetterlagen führt, liegen keine belastbaren Prognosen vor.

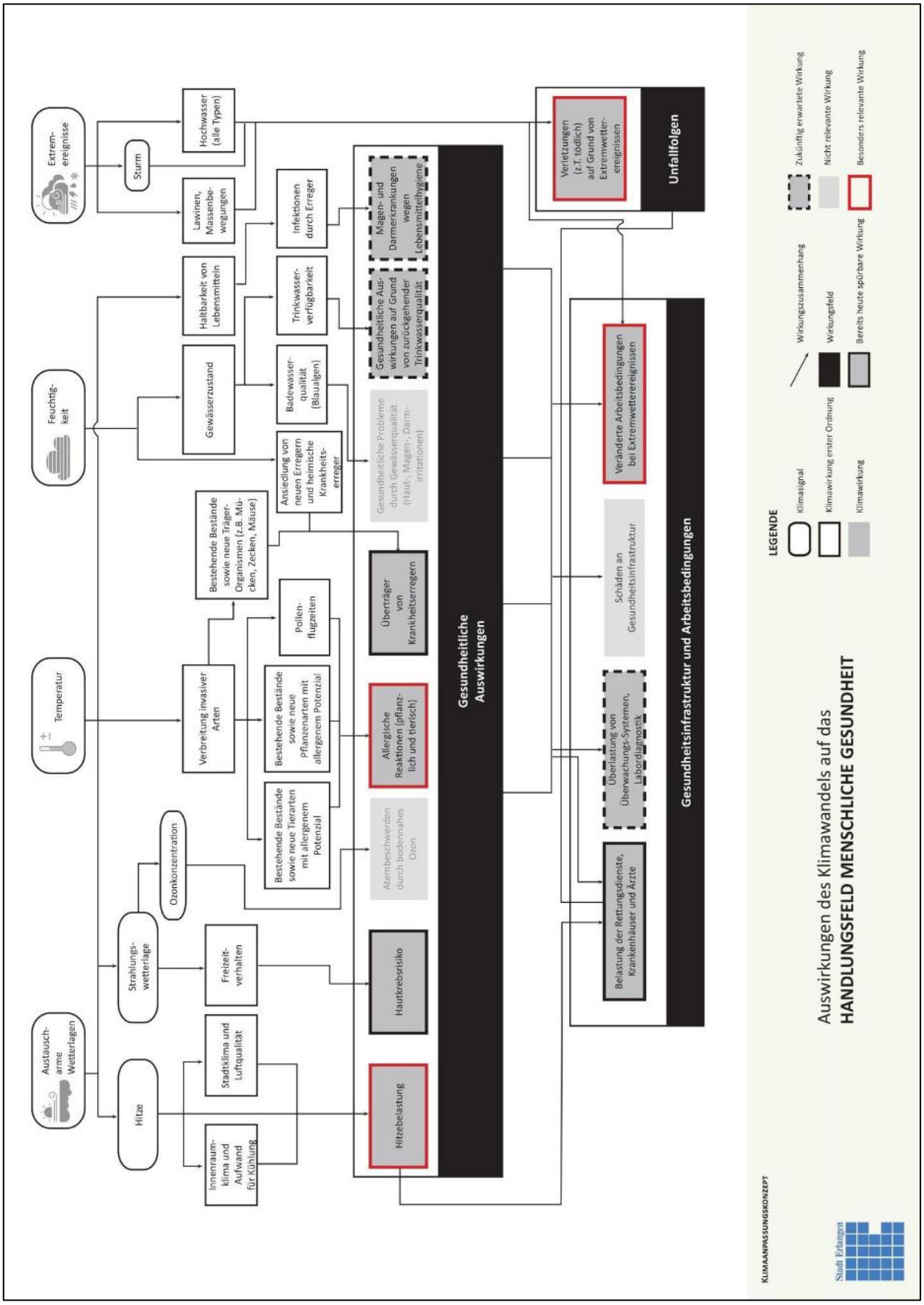


Abb. 18: Wirkungskette Menschliche Gesundheit

3.2.2 HANDLUNGSFELD WASSER

Steigende Jahresmitteltemperaturen und veränderte Niederschlagsmengen mit abnehmenden Werten in den Sommer- und zunehmenden Werten in den Wintermonaten wirken auf alle Größen des Wasserkreislaufs. Die durch die Temperaturzunahme erhöhte Verdunstung, längere Phasen sommerlicher Trockenheit und der durch die veränderte Niederschlagsverteilung beeinflusste Oberflächenabfluss wirken über die Wasserbilanz auf die Grundwasserneubildung.

Schwankungen des Grundwasserspiegels sind ein normaler Vorgang im Jahresverlauf, in Erlangen werden im Trend jedoch fallende Grundwasserstände beobachtet und für die Zukunft weiterhin erwartet. Da sich das Trinkwasser in Erlangen aus dem Grundwasser speist, kann langfristig die Gefahr einer **eingeschränkten Trinkwasserverfügbarkeit** nicht ausgeschlossen werden.

Infolge der zunehmenden sommerlichen Trockenheit ergibt sich ein veränderter Durchfluss von Oberflächengewässern, der zu mehr Niedrigwasserständen führt. Bereits heute sind ausgetrocknete Bachläufe oder Weiher die Folge – im vergangenen Sommer 2018 musste z.B. eine Notabfischung des Bachgrabens erfolgen, nachdem ein Fischsterben eingesetzt hatte. Die Regnitz kann dagegen durch eine Überleitung aus dem Brombachsee und die Main-Donau-Überleitung vor Niedrigwasserständen geschützt werden.

Niedrigwasserstände und das Austrocknen von Gewässern beeinflussen ebenso den Gewässerzustand. Zusammen mit steigenden Temperaturen und längeren Trockenperioden sowie Stoffeinträgen nach Starkregen kann eine **Verschlechterung der Gewässerqualität** die Folge sein. Neben dem Klimawandel sind hierfür jedoch vor allem anthropogene Einträge bspw. von Stickstoff und Pestiziden aus der Landwirtschaft oder Schadstoffen aus Industrie und Verkehr ursächlich.

Im städtischen Bereich ergeben sich daraus Auswirkungen für die Abwasserbewirtschaftung und Entwässerung, die sich auch gegenwärtig schon mit **Ablagerungs-, Korrosions- und Geruchsproblemen im Kanalsystem in Trockenperioden** auseinandersetzen muss. Hinzu kommt das andere Extrem einer **Überlastung des Kanalnetzes bei Starkregenereignissen**, die in den letzten Jahren zu Schäden geführt haben und zukünftig tendenziell häufiger auftreten.

Neben Starkregen- haben Hochwasserereignisse in der Vergangenheit große Schäden nach sich gezogen. Aus diesen Erfahrungen heraus wurde der vorsorgende Hochwasserschutz intensiviert und bspw. Überschwemmungsgebiete für die Regnitz, Schwabach und Aurach sowie den Seebach im Erlanger Stadtgebiet berechnet und als vorläufig gesicherte Gebiete ausgewiesen. Ein steigendes Hochwasserrisiko wird für Erlangen nicht gesehen, doch muss weiterhin mit Ereignissen wie in der Vergangenheit gerechnet werden und die Auswirkungen veränderter klimatischer Verhältnisse und des Abflussgeschehens in den Einzugsgebieten sollten regelmäßig geprüft werden.

Zwischen Boden, Klima und Wasserhaushalt bestehen komplexe Wechselbeziehungen, nicht zuletzt über den Bodenwasserhaushalt. Einerseits sind Böden unmittelbar von künftigen Klimaänderungen betroffen, andererseits haben Veränderungen der Bodenverhältnisse auch umgekehrt Auswirkungen auf das Klima. Dabei wird in Erlangen eine **Beeinträchtigung der Bodenstruktur und Bodenfunktion** als Folge des Klimawandels gesehen. Darunter fällt z.B. die Bodenerosion durch Wasser (und Wind). Bei Starkregen (oder Sturmereignissen) werden Bodenpartikel abgetragen und je nach Intensität über kurze oder lange Distanzen verfrachtet. Auf Ackerflächen geht dadurch bspw. fruchtbarer Boden verloren, gleichzeitig können die an Bodenpartikel gebundenen Nähr- und Schadstoffe in angrenzende Gewässer oder Ökosysteme gelangen.

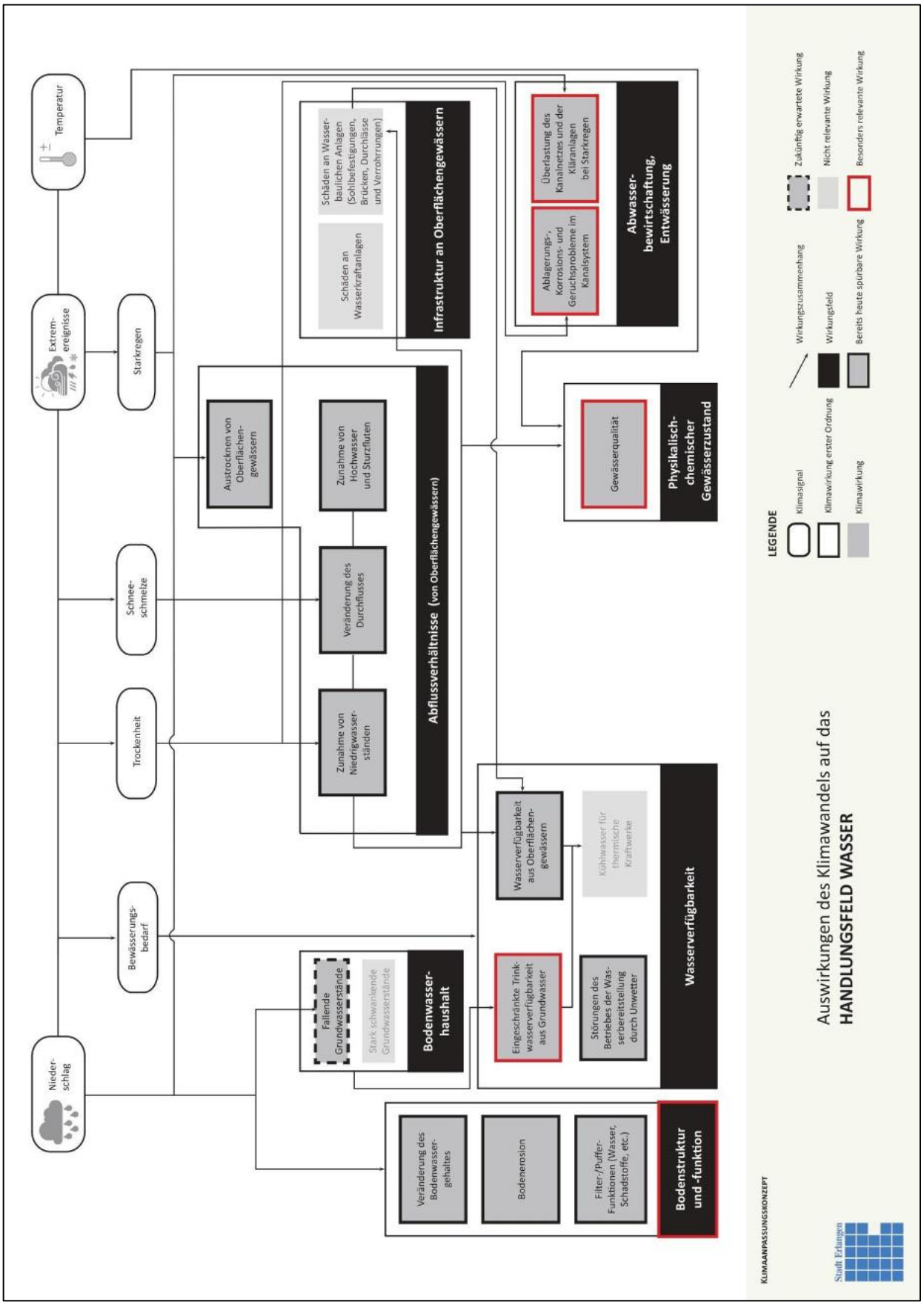


Abb. 19: Wirkungskette Wasser

Weiterhin beeinflusst der Klimawandel den Bodenwasserhaushalt sowie die (damit in Verbindung stehenden) Filter-, Puffer- und Speicherfunktionen der Böden. Böden besitzen die Fähigkeit, Nähr- und Schadstoffe zu speichern, chemisch zu puffern und mechanisch zu filtern. Die Filter- und Pufferfunktion ist somit u.a. wesentlich für den Schutz des Grundwassers und der Pflanzen. Allerdings können Schadstoffe nur solange angereichert und gebunden werden, bis die Speicherkapazität der Böden erschöpft ist. Sobald das Filter- und Puffervermögen überschritten ist, können Schadstoffe freigesetzt werden.

3.2.3 HANDLUNGSFELD NATUR UND STADTGRÜN

Steigende Temperaturen und häufigere Hitzewellen, veränderte Niederschlagsmuster und längere Trockenperioden, zunehmende Starkregenereignisse – durch den Klimawandel ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen so schnell und eingreifend, dass damit eine wachsende **Belastung von Biotopen, Habitaten und Ökosystemen** verbunden ist.

Diese kann einerseits die Ökosystemleistungen einschränken, andererseits von der Verschiebung der Lebensräume über den Rückgang standorteinheimischer Bestände bis hin zum Aussterben heimischer Arten führen. Von den geänderten Bedingungen profitieren konkurrenzstärkere Arten, mit der Temperaturerhöhung wird ebenfalls die Zuwanderung nichtheimischer Arten begünstigt. Als Problem wird in Erlangen darunter die **Ausbreitung invasiver Arten** gesehen, die heimische Ökosysteme gefährden können. Doch auch heimische Schädlinge können vom Klimawandel profitieren, wie der Fall des Eichen-Prozessionsspinners zeigt, der gerade im warmen Sommer 2018 in Erlangen ein Problem darstellte und beim Menschen allergische Reaktionen hervorrufen kann (Wechselwirkung zum Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna gelten nicht nur überirdisch, sondern betreffen gleichermaßen die Lebewesen im Boden. Änderungen der Boden-Biodiversität und mikrobiellen Aktivität können die Habitatfunktion von Böden beeinflussen. Eine besonders hohe Leistungsfähigkeit als Filter und Puffer weisen Böden dann auf, wenn organische Stoffe in Böden besonders gut abgebaut werden. Wärmere Sommer und mildere Winter in Erlangen können jedoch Auswirkungen auf den Abbau organischer Substanz in Böden durch die Mikroorganismen (Mineralisierung) haben. Eine zusätzliche wichtige Bodenfunktion besteht in seiner Kapazität, Wasser zu speichern. Über die Verdunstungskühlung der Vegetation beeinflusst der Boden das lokale Klima. Besonders in städtischen Räumen spielt diese Kühlleistung des Bodens als Temperaturpuffer bei Hitze eine zunehmend wichtige Rolle. Funktionsfähige Böden sind daher ein Baustein zur Vermeidung von Hitzestau in Städten.

Ein anderer (noch wichtigerer) Baustein, um der Überwärmung des Stadtkörpers zu begegnen, ist das städtische Grün – entsprechend sollen Stadtbäume als „Erlanger Herzenssache“ geschützt werden. Durch den geringen Platz für Pflanzen bzw. den eingeschränkten Wurzelraum, wärmere und trockenere Bedingungen, verdichtete Böden und Schadstoffeinträge wächst das Stadtgrün unter schwierigen Bedingungen, die durch den Klimawandel weiter erschwert werden. Die Folge sind ein **erhöhter Bewässerungsbedarf** der Vegetation und eine steigende **Anfälligkeit gegenüber Schädlingsbefall**. Hinzu kommen **Schäden an Grünflächen und Bäumen durch Hitze- und Trockenstress sowie Windwurf**.

Demzufolge ergeben sich für Stadtbäume **veränderte Anforderungen an die Artenzusammensetzung**, um die Widerstandsfähigkeit vor dem Hintergrund des Klimawandels zu erhöhen. Seit einigen Jahren nimmt die Stadt Erlangen an dem Forschungsprojekt „Stadtgrün 21“ der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Veitshöchheim teil. Ziel ist die Sichtung und Erprobung zukunftsträchtiger Baumarten, die aufgrund ihrer Eigenschaften dazu in der Lage sind, den prognostizierten Klimabedingungen in Städten zu trotzen. Die Abteilung Stadtgrün sendet dafür jährlich einen Erfahrungsbericht für 99 Bäume an acht Standorten an die Landesanstalt, den diese dann auswertet.

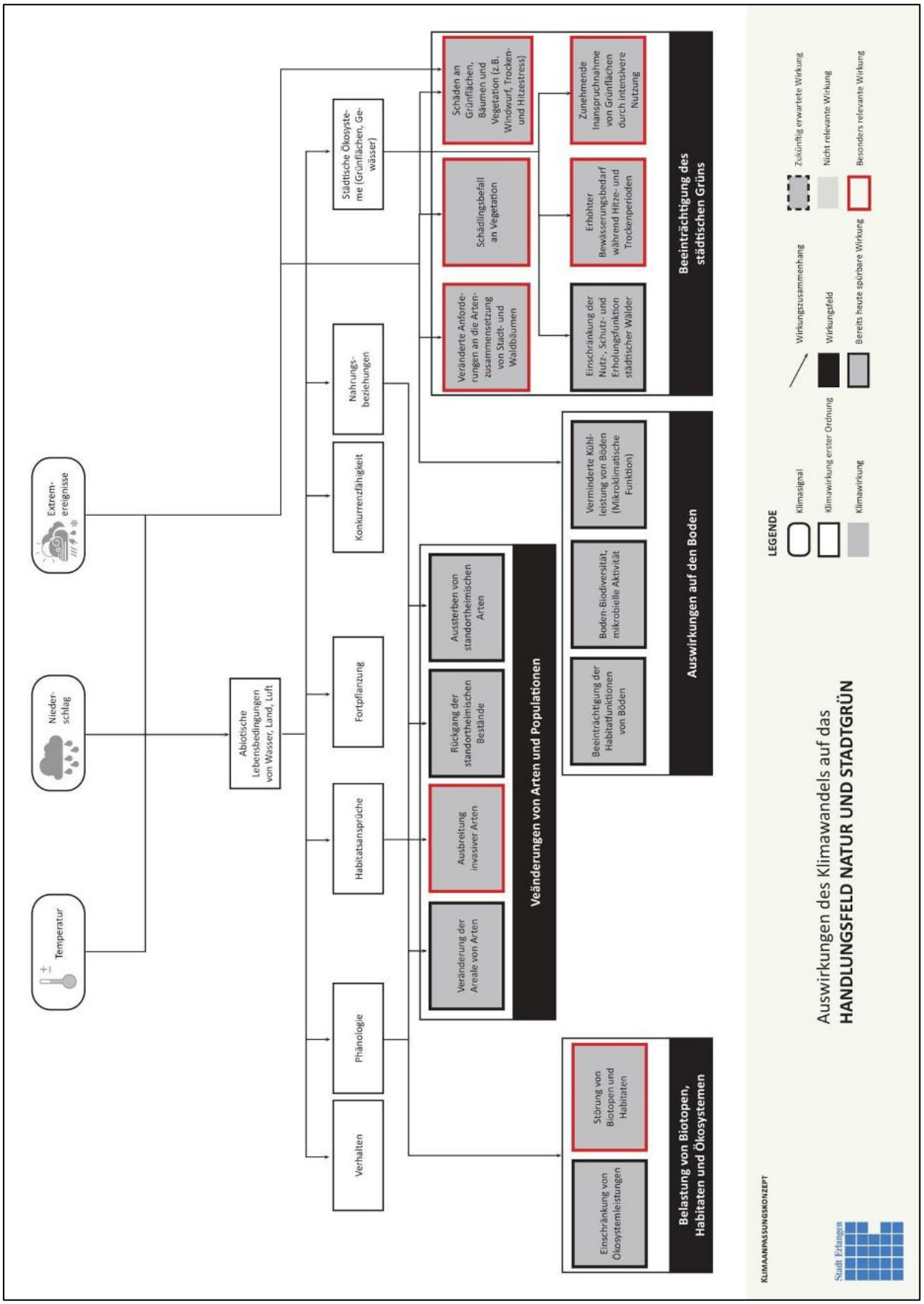


Abb. 20: Wirkungskette Natur und Stadtgrün

Nutzungsbedingt ergibt sich eine **zunehmende Inanspruchnahme von Grünflächen** oder städtischen Wäldern, etwa wenn sie als Rückzugsorte während Hitzeperioden oder als Naherholungsgebiete dienen und übermäßig beansprucht werden. Durch die steigende bioklimatische Belastung im Siedlungsraum nimmt der Ausgleichsbedarf städtischer Grünflächen in Erlangen künftig weiter zu – mit der Gefahr, dass auch die Belastung für die Grünflächen selbst steigt.

3.2.4 HANDLUNGSFELD LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Die Landwirtschaft ist in hohem Maße von den klimatischen Gegebenheiten abhängig und zeigt einige Wechselwirkungen zu den übrigen Handlungsfeldern („Wasser“, „Natur und Stadtgrün“).

So ist die **Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen** heute schon ein Diskussionspunkt in und um Erlangen (z.B. im Knoblauchsland), angesichts vermehrter Trockenheit wird der Bewässerungsbedarf künftig zunehmen (und steht damit ggf. in Nutzungskonkurrenz zur gesetzlich vorrangig gestellten Trinkwasserversorgung). Um Trocken- oder Hitzestress zu begegnen, ist der Anbau robusterer Sorten gefragt. Dank einer verlängerten Vegetationsperiode und höheren Temperaturen bestehen auch Chancen für den **Anbau neuer Sorten**, wobei gleichzeitig die **Gefährdung durch invasive Arten** zunimmt.

Saure und trockene Böden sind eine Herausforderung für die Landwirtschaft in Erlangen, sodass die Auswirkungen des Klimawandels auf den **Bodenstoffhaushalt** (u.a. organische Bodensubstanz) und damit auf die Produktionsfunktion der Böden im Fokus stehen.

All diese Faktoren wirken auf den Ertrag und die Qualität der Ernteprodukte ein und sind von besonderer Bedeutung, da Ertragseinbußen mitunter bäuerliche Existenzen gefährden können. Folglich ist die Anpassung an den Klimawandel im eigenen Interesse der Landwirte, wobei vor allem kleineren Betrieben aus wirtschaftlichem Druck oft die Flexibilität zum Ausprobieren neuer Arten und Wege fehlt. Auch kann der Klimawandel die Umstellung auf eine ökologische Landwirtschaft aufgrund deren erhöhten Flächenbedarfs erschweren.

Durch Extremereignisse wie Starkregen oder Stürme kommt es in Erlangen einerseits immer wieder zu Schäden an den Pflanzen und Bäumen selbst (Windwurf, Astbruch). Andererseits sind auch landwirtschaftliche Infrastrukturen wie z.B. Wege betroffen, die neben Landwirten von vielen anderen Akteuren genutzt werden. Auf den Wald und die Forstwirtschaft wirken im v.a. Temperatur- und Niederschlagsänderungen ein. Die Klimamodelle sagen keine zunehmende Sturmaktivität voraus, doch sind die Ergebnisse noch mit Unsicherheiten behaftet. In jedem Fall muss mit einer mindestens gleichbleibenden Anzahl an Sturmereignissen gerechnet werden, die bereits heute zu starken Schäden führen.

Unter den im Raum Erlangen heimischen Baumarten besitzt die Eiche die größte Anpassungskapazität, doch zieht der Klimawandel genau wie bei den Stadtbäumen **veränderte Anforderungen an die Baumartenzusammensetzung** in Wäldern nach sich, da heutige Jungbäume auch an die Standortbedingungen in mehreren Jahrzehnten angepasst sein müssen.

Höhere Temperaturen können zu einer Vermehrung von Schädlingen führen, etwa durch bessere Überwinterungsmöglichkeiten, sodass das Risiko für Schädlingsbefall zunimmt. Verstärkend kommt hinzu, dass die Immunreaktion der Bäume aufgrund des stärkeren Hitze- und Trockenstresses abnimmt und sich somit die Verwundbarkeit der Vegetation gegenüber Schädlingen generell erhöht. Nicht nur die Bäume, auch die weitere Waldfauna kann durch Schädlinge und geänderte klimatische Bedingungen beeinträchtigt werden. In langanhaltenden Trockenperioden steigt damit zusätzlich die Waldbrandgefahr.

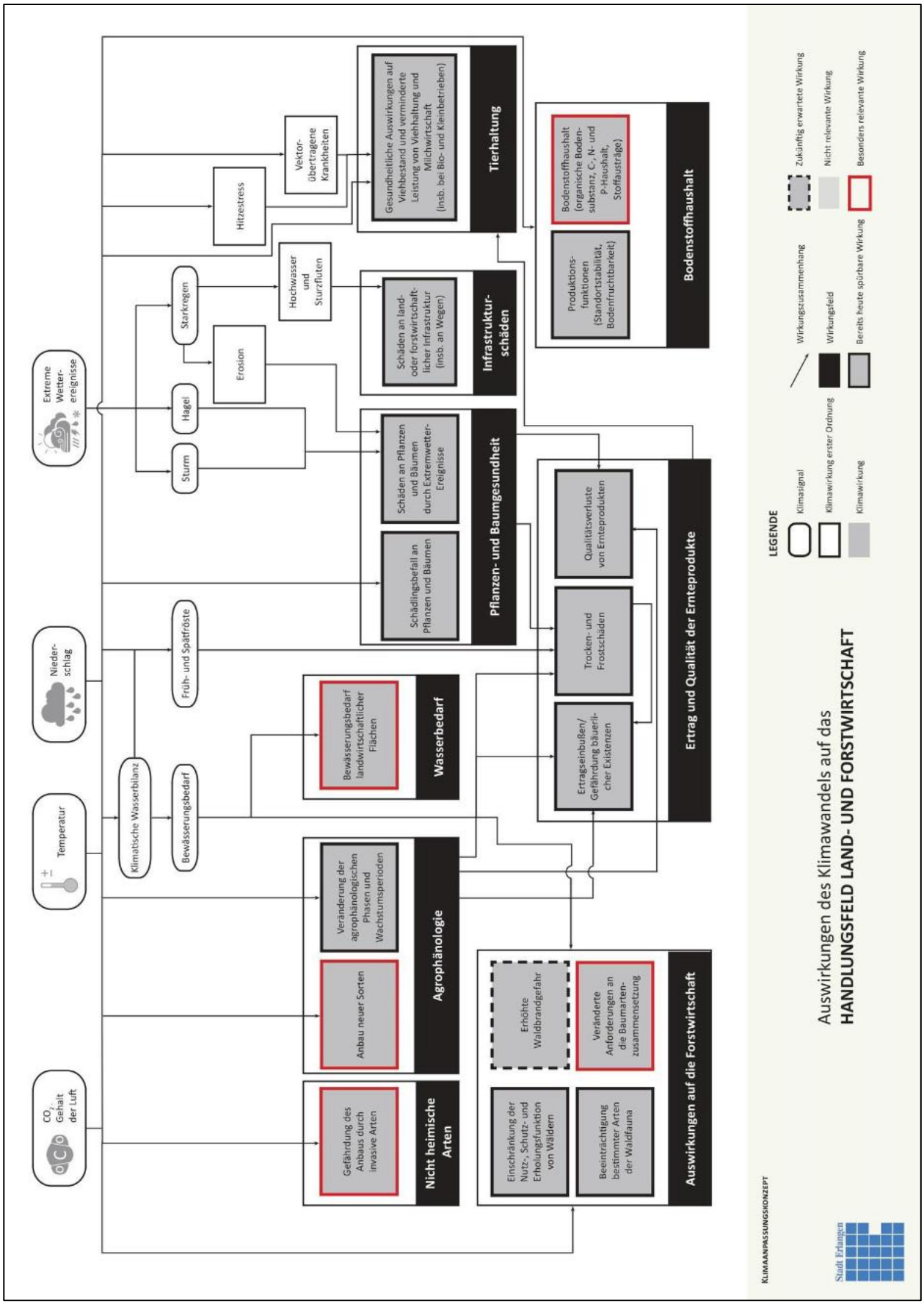


Abb. 21: Wirkungskette Land- und Forstwirtschaft

Als Konsequenz der Herausforderungen durch den Klimawandel ist mit einer Gefährdung der drei wichtigen Funktionen eines Waldes zu rechnen: der Nutzfunktion (relevant für die Forstwirtschaft), Schutzfunktion (Wechselwirkung zum Handlungsfeld „Wasser“) und Erholungsfunktion (Wechselwirkung zur Naherholung im Handlungsfeld „Wirtschaft“).

3.2.5 HANDLUNGSFELD BAUWESEN

Die klimatischen Veränderungen und insbesondere die Extremwetterereignisse wirken in vielfältiger Weise auf die Gebäude und Bauwerke in Erlangen ein. Insbesondere der sommerliche Temperaturanstieg sowie zunehmende Hitzewellen im Sommer sind für die Gebäude und für die Bauwirtschaft in Erlangen von besonderer Bedeutung. Während länger andauernder Hitzeperioden (wie z.B. im Sommer 2018) kommt es schon heute in einigen Gebäuden vermehrt zu **Hitzestress** für die dort lebenden bzw. arbeitenden Menschen. Da sich die nächtliche Abkühlung verringert, können Wohn- und Bürogebäude weniger auskühlen. Auch wird davon ausgegangen, dass mit der Temperaturzunahme die Belastung des Innenraumklimas noch weiter zunimmt.

Da diese Klimaveränderungen die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Menschen in Erlangen beeinflussen, bringen sie neue Anforderungen an Gebäudegestaltung und -technik mit sich. Um ein angenehmes Innenraumklima zu schaffen, entsteht eine **erhöhte Notwendigkeit zum Kühlen**. Während der Heizwärmebedarf im Winter zukünftig zwar tendenziell leicht abnimmt, steigt der Stromverbrauch durch zusätzliche Klimaregelungssysteme vermutlich noch weiter an. Ein verstärkter Einsatz von Klimaanlagen läuft jedoch aufgrund des hohen Energieverbrauchs dem Klimaschutz entgegen. Gleichzeitig sind bei einer Zunahme privater Klimaregelungssysteme mehr Nachbarschaftskonflikte aufgrund der Lärmproblematik zu erwarten. Ziel muss es daher sein, eher über alternative und passive Kühlung (z.B. Verschattung, Gebäudebegrünung, Sonnenschutz, Dämmung, Nachtlüftung) eine Verbesserung des Innenraumklimas zu erzielen. Dies gilt für den Wohnungsneubau, aber in noch viel größerem Maße für den Wohnungsbestand und für die Büro- und Gewerbenutzungen. Auch in vielen öffentlichen Gebäuden (z.B. Verwaltung, Schulen etc.) besteht schon heute ein erheblicher Kühlungsbedarf, dessen Deckung mit hohen Kosten verbunden sein wird.

Die Bauwirtschaft kann von den steigenden Temperaturen durch eine längere Bausaison profitieren. Jedoch können sich die hohen Temperaturen nachteilig auf die Gesundheit und die Produktivität der Arbeitskräfte auswirken, sodass spezielle Schutzmaßnahmen gegen Hitze und Sonneneinstrahlung erforderlich werden.

Auch Unwetter mit erhöhten Windlasten und Starkregen werden verstärkt auftreten und sind in ihren Auswirkungen auf das Bauwesen zu berücksichtigen. Die Zahl der Beeinträchtigungen durch Starkregen und daraus resultierende Überflutungen ist schon heute hoch und wird sehr wahrscheinlich – insbesondere in den dicht bebauten und versiegelten Gebieten der Stadt – zunehmen. Liegen Gebäude in den bereits bekannten und zukünftig zu erwartenden Überflutungshotspots, ist in zunehmendem Maße mit substantiellem **Schaden und/oder funktionellem Verlust (Nutzungseinschränkungen)** zu rechnen. Langfristig wird mit einer mindestens gleichbleibenden, tendenziell zunehmenden Sturmaktivität gerechnet und damit potentiell einer Zunahme von Sturmschäden an Bauwerken bzw. einem höheren Gefährdungspotenzial für Bewohner und Personen im Umfeld der Bauwerke. In Bezug auf die zukünftige Auftrittshäufigkeit von (oft mit zahlreichen Schäden verbundenen) Hagelereignissen und daraus resultierende Schäden sind bislang keine Aussagen möglich. Vermehrte Gebäudeschäden durch Hochwasser (aus Fließgewässern) und/oder Bauwerksschäden durch Grundwasserschwankungen (Setzungen, Vernässung) werden für Erlangen nicht erwartet.

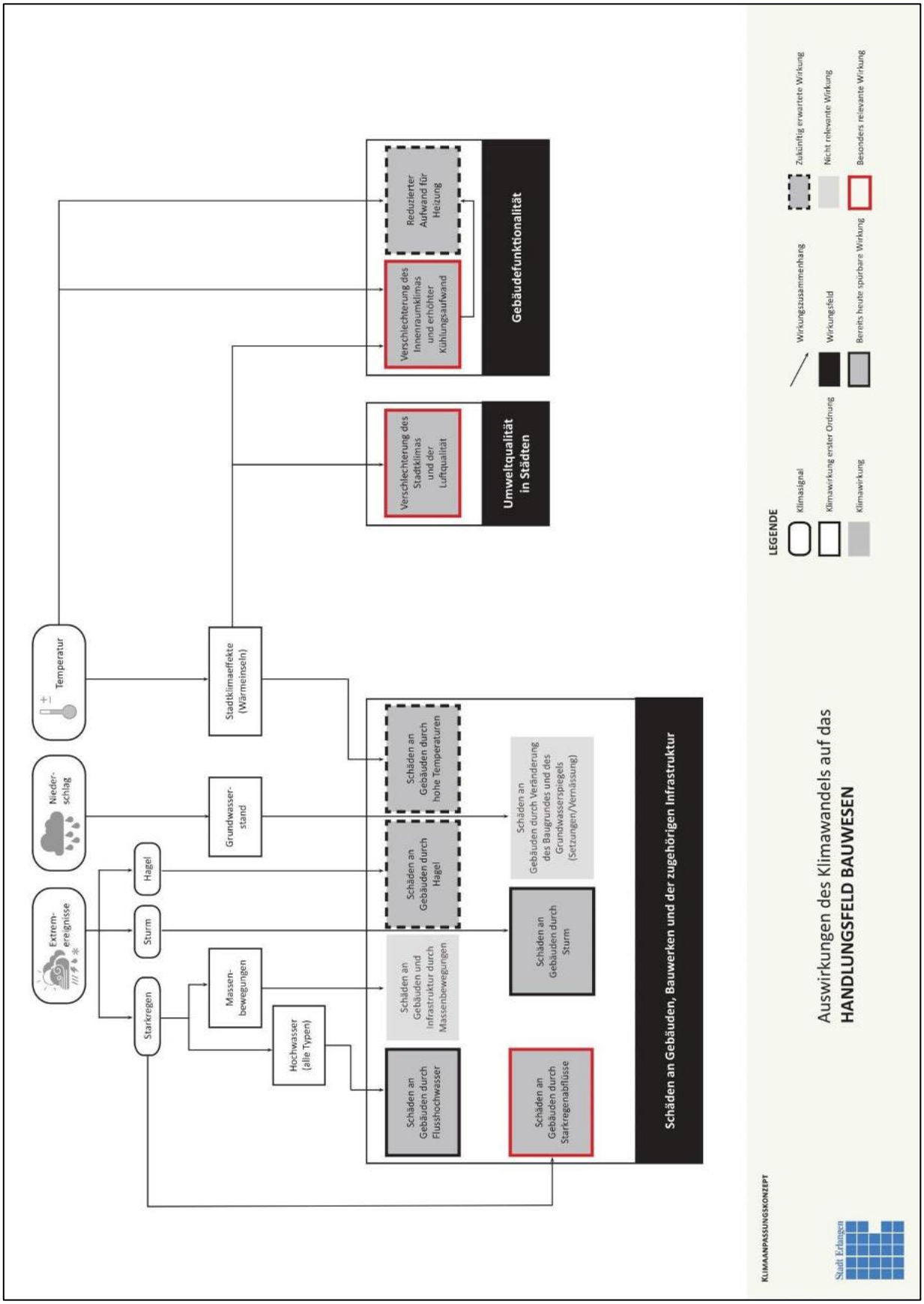


Abb. 22: Wirkungskette Bauwesen

3.2.6 HANDLUNGSFELD VERKEHR

Viele wirtschaftliche und gesellschaftliche Funktionen in Erlangen hängen von einer funktionierenden Verkehrsinfrastruktur ab. Wetterextreme haben in den vergangenen Jahren in Erlangen jedoch immer wieder größere Verkehrsstörungen und Infrastrukturschäden verursacht. Durch den Klimawandel und dessen Folgen werden diese Beeinträchtigungen wahrscheinlich zukünftig zunehmen und dabei die Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraße gleichermaßen betreffen.

Durch häufigere und extremere Temperaturschwankungen sowie den Wechsel von Frost- und Tauwettertagen lässt sich bereits heute eine Zunahme von **Material- und Strukturschäden sowie von Verformungen an Straßenbelägen** (Spurrillen, „Blow-Ups“) und Schienen beobachten. Insbesondere bei Hitze werden diese Schäden z.B. durch den Schwerverkehr/Busverkehr noch weiter verstärkt. Im Zusammenspiel mit der mancherorts verzögerten Instandhaltung haben diese Schäden Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und erhöhen die Unfallgefahr. Schon heute kommt es zu Mehrausgaben aufgrund von Schäden durch Frost, Hitze und Tauwetterlagen.

Neben der Beeinträchtigung der Verkehrsinfrastruktur und der **Verkehrssicherheit** können zunehmende Temperaturen und Hitzewellen in Erlangen auch die Gesundheit von Verkehrsteilnehmenden belasten und Herz-Kreislauf-Probleme bzw. eine abnehmende Konzentrationsfähigkeit im Straßenverkehr bewirken. Dies gilt insbesondere für den öffentlichen Nahverkehr.

Auch andere Wetterextreme haben in den vergangenen Jahren immer wieder größere Verkehrsstörungen in der Stadt verursacht. So kam es in der Vergangenheit durch starkregenbedingte Überflutungen zu **Beeinträchtigungen von Verkehrswegen und Verkehrsinfrastrukturen**. An mehreren Stellen wurden die Bahn- und Autobahn-Unterführungen überflutet, was ebenfalls zu ernsten Verkehrsstörungen in den städtischen Ost-West-Beziehungen führte.

Neben der Zunahme von Temperaturschwankungen sowie von Starkregenereignissen wird der eventuelle Anstieg der Häufigkeit und der Intensität von Stürmen als kritisch für die kommunale Funktionsfähigkeit von Verkehrsinfrastruktur angesehen. Stürme verursachen schon heute vermehrt Schäden an hochragenden Anlagen wie Oberleitungen und Signalen und umfallende Bäume beeinträchtigen die Sicherheit von Verkehrsträgern und -infrastrukturen. Im Hitzesommer 2018 kam es zudem an vielen Stellen des regionalen Verkehrsnetzes zu Böschungsbränden entlang von Straßen und Bahntrassen.

Grundsätzlich führen alle genannten Klimaveränderungen zu einer intensiveren Abnutzung oder gar zu Ausfällen der Infrastruktur, was wiederum verkürzte Lebensdauern, wachsende Erhaltungs- und Instandhaltungskosten sowie erhöhte Ersatzinvestitionen nach sich zieht. Schäden an Verkehrsinfrastrukturen können sich ferner auf den operativen Betrieb auswirken. Häufigere Verzögerungen im Verkehr erstrecken sich auch auf von der Verkehrsinfrastruktur abhängige Wirtschaftszweige in der Stadt.

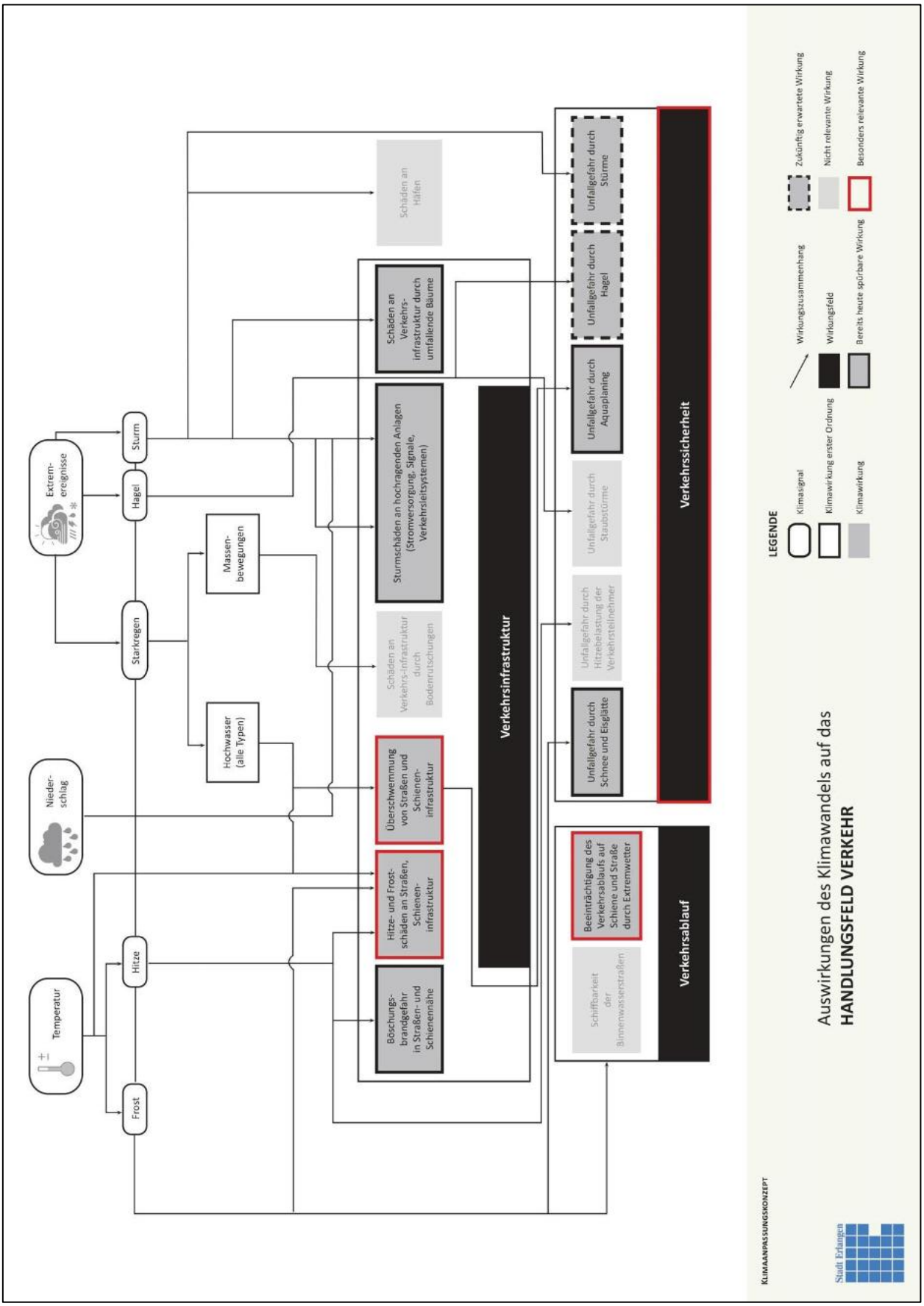


Abb. 23: Wirkungskette Verkehr

3.2.7 HANDLUNGSFELD ENERGIE

Allmähliche Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags und häufigere Extremwetterereignisse können die Energiewirtschaft beeinträchtigen. Die Klimafolgen betreffen dabei die gesamte Prozesskette der Energiewirtschaft: die Erzeugung, -Übertragung und Verteilung von Energie sowie die Nachfrageseite. Die Klimaveränderungen werden zwar eher langfristig wirksam, sollten jedoch schon heute in die Planung von Investitionen einbezogen werden.

Sowohl in der Gesamtnachfrage nach Energie als auch im Verbrauchsmuster sind Veränderungen bei Privathaushalten sowie bei Gewerbebetrieben zu erwarten. Während der Heizwärmebedarf tendenziell leicht abnimmt, **steigt der Stromverbrauch durch zusätzliche Klimaregelungssysteme** im Sommer zukünftig noch weiter an. Da diese Effekte von den Maßnahmen zur Gebäudesanierung überlagert werden, ist die mögliche Gesamtwirkung schwer zu quantifizieren.

Regelungs- und Steuerungssysteme (z.B. Schranken, Lichtsignalanlagen) werden auch in der Energieversorgung immer aufwendiger und komplexer. Zu dem Risiko der Komplexität kommt, dass diese Anlagen für eine ordnungsgemäße Funktion bei Hitze gekühlt werden müssen. Hier wird eine zuverlässige Kühltechnik sehr entscheidend sein.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die **Zuverlässigkeit der Energieversorgung** sind differenziert zu bewerten. Zwar erwarten die Energieversorger in Erlangen langfristig eine erhöhte Anfälligkeit durch Leitungsüberlastungen und Spannungsbandverletzungen, allerdings wird diese eher auf die (angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Einspeiser) zunehmende Komplexität des Netzes zurückgeführt. Die Elektrizitätsverteilung erfolgt in Erlangen zudem überwiegend durch im Erdreich verlegte Leitungen. Da im Stadtgebiet kaum Freileitungen vorhanden sind, stellen häufigere und intensivere Wetterereignisse wie Gewitter, Sturm und Eislasten zumindest kein Risiko für Versorgungsausfälle im Leitungsnetz dar. Auch Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen durch Extremwetterereignisse und daraus resultierende Einschränkungen der Versorgungssicherheit werden seitens der Betreiber nicht erwartet.

Aus Sicht des Katastrophenschutzes stellen großräumige Ausfälle der Energieversorgung jedoch ein ernstzunehmendes Szenario dar. Angesichts der zunehmenden Sensitivität insbesondere im Gesundheitssektor (Beatmungsgeräte etc.) sowie der vielerorts fehlenden Geräte und/oder Schnittstellen für Notstromversorgung muss die Versorgungssicherheit mit Strom jederzeit gewährleistet sein.

Weitere mögliche Folgen für die Energieerzeugung in Erlangen können Brennstoffengpässe sein. So können sich häufigere Starkregen und Gewitter auf Gütertransporte mit Bahn und Schiff auswirken. Die Binnenschifffahrt kann zusätzlich durch Trockenperioden eingeschränkt werden. So hatte der trockene Sommer 2018 aufgrund der Niedrigwasserstände am Rhein erhebliche Auswirkungen auf die Anlieferung der Kohle per Schiff nach Erlangen. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass Kohle in Erlangen ab 2021 nicht mehr verfeuert wird.

Eine Beeinträchtigung der Energiegewinnung durch Wasserkraft aufgrund der sich ändernden klimatischen Wasserbilanz ist für Erlangen nicht relevant, da die Regnitz bei Trockenperioden durch die Altmühlüberleitung gespeist wird. Evtl. kann es jedoch zukünftig zu einer Verringerung des Wasserstroms durch die erhöhte Entnahme zur Bewässerung kommen. Auch die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke stellt kein Problem dar, da es keine mit Kühlwasser betriebenen thermischen Kraftwerke in Erlangen gibt.

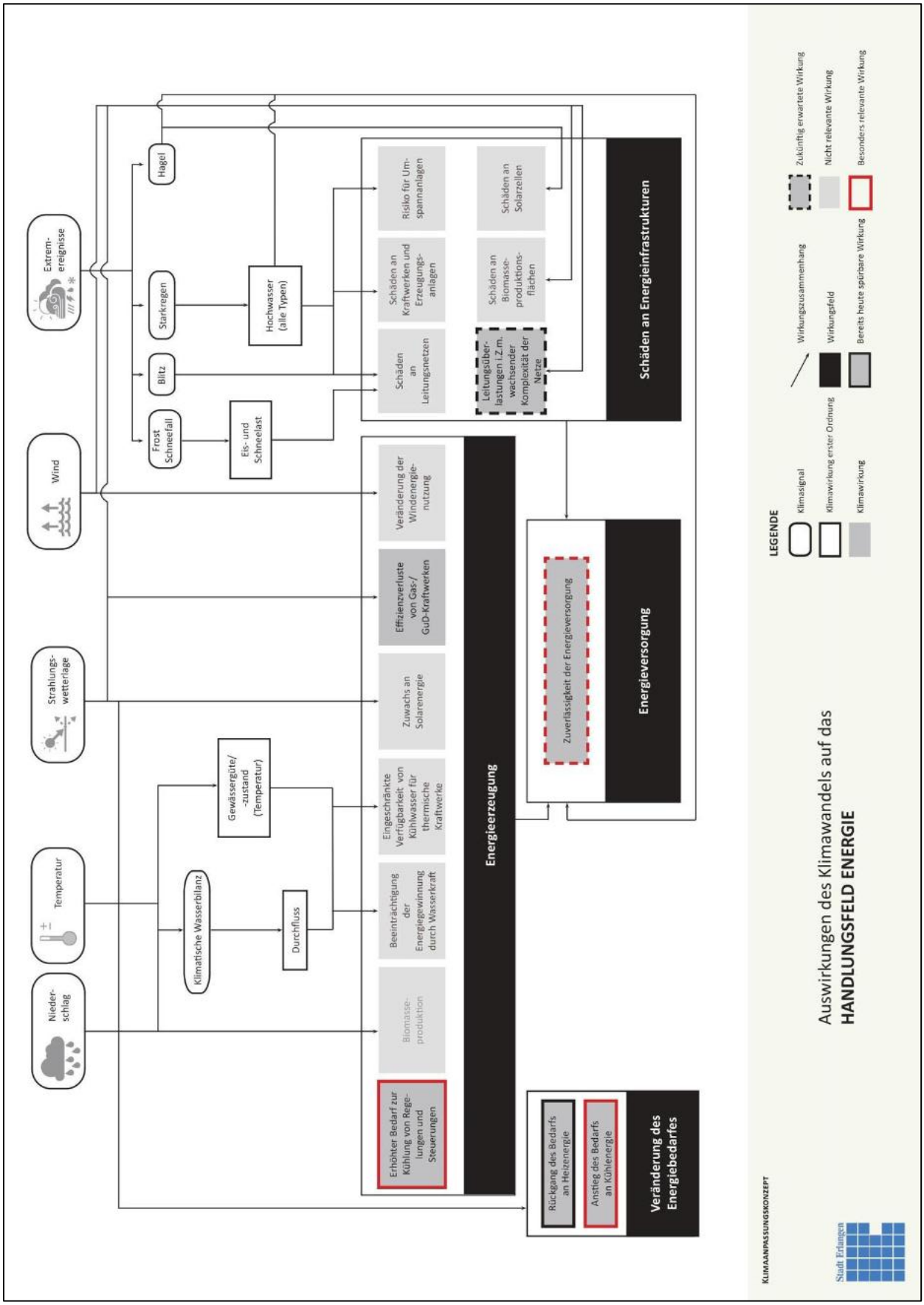


Abb. 24: Wirkungskette Energie

Die Änderung von Strahlungswetterlagen hat bereits heute Einfluss auf die Effizienz von Gas- und GuD-Kraftwerken. Regenerative Energien erzeugen bereits jetzt schon hohe Schwankungen im Stromnetz, die überwiegend durch Gasturbinen und Motoren ausgeglichen werden müssen. Durch die Lastschwankungen arbeiten diese Anlagen dann nicht mehr im optimalen Betrieb.

Auch die erneuerbaren Energien selbst können vom Klimawandel betroffen sein. So kann es durch zunehmende Unwetter mit Hagelereignissen zu mehr Schäden an Solarzellen im Erlanger Stadtgebiet kommen. Allerdings ist die derzeitige PV-Strommenge nicht relevant für die Versorgung. Da es keine nennenswerte Windkraft- und Biomasseanlagen in Erlangen gibt, ist weder eine Veränderung des Windenergiepotenzials noch eine Beeinträchtigung der Biomasseproduktion zu erwarten.

3.2.8 HANDLUNGSFELD WIRTSCHAFT

Die klimatischen Veränderungen erzeugen auch bei vielen Unternehmen in Erlangen die Notwendigkeit, die Arbeitsumgebung und Arbeitsprozesse anzupassen. Mit dem Klimawandel erhöht sich für viele Unternehmen vor allem die Gefahr von Schäden und ökonomischen Wertverlusten. Insbesondere die Zunahme unvorhersehbarer Extremwetterereignisse vergrößert das Risiko, dass die Leistungsfähigkeit von Unternehmen und ganzen Gewerbebranchen beeinträchtigt wird und dass Wettbewerbsvorteile verloren gehen.

Gewerbliche, industrielle oder touristische Infrastrukturen in Erlangen können durch klimatische Einflüsse (insb. Starkregen, Sturm) beschädigt, gestört oder verstärkt abgenutzt werden. Zunehmende Hitze im Sommer kann einen sinkenden Temperaturkomfort und Einschränkungen der Leistungsfähigkeit von Arbeitnehmenden durch Hitzestress an schlecht klimatisierten Arbeitsplätzen in Erlangen zur Folge haben. Um Arbeitsprozesse aufrecht zu halten, steigt an heißen Tagen die Nachfrage der Unternehmen nach **Energie für die Kühlung** von Gebäuden und Anlagen.

Durch Witterungseinflüsse auf den Verkehr und auf technische Infrastrukturen der Energieversorgung kann es zu Versorgungsengpässen und dadurch letztlich zur Beeinträchtigung bzw. zum Ausfall von Produktions-, Liefer- und Arbeitsprozessen kommen. Einschränkungen von Produktionsprozessen bei brauchwasserabhängigen Unternehmensbranchen durch sinkendes Dargebot sind dagegen für Erlangen nicht zu erwarten, da die Regnitz während Trockenperioden durch die Altmühlüberleitung gespeist wird.

Es ist davon auszugehen, dass der Klimawandel teilweise auch den Tourismus und die Naherholung in Erlangen beeinflussen wird. Während der Stadt- und Kulturtourismus relativ unabhängig von klimatischen Verhältnissen ist, kann es insbesondere im Bereich der Naherholung durch den Klimawandel zu Nachfrageverschiebungen und –steigerungen kommen. Einerseits kann die Nutzung und Beanspruchung von Freizeiteinrichtungen und Naherholungsgebieten durch die Erlanger Bevölkerung zunehmen. Andererseits kann es vereinzelt auch zu (temporärem) **Wegfall von Naherholungsangeboten** aufgrund von Witterungsverhältnissen und deren Folgen kommen (z.B. Blaualgen im Dechsendorfer Weiher). Eine weitere Auswirkung der klimatischen Veränderungen stellt das zunehmende Risiko der **Beeinträchtigung und des Ausfalls von Freiluft-Veranstaltungen** (z.B. Bergkirchweih, Klassik am See etc.) aufgrund von häufigeren Extremwettern dar.

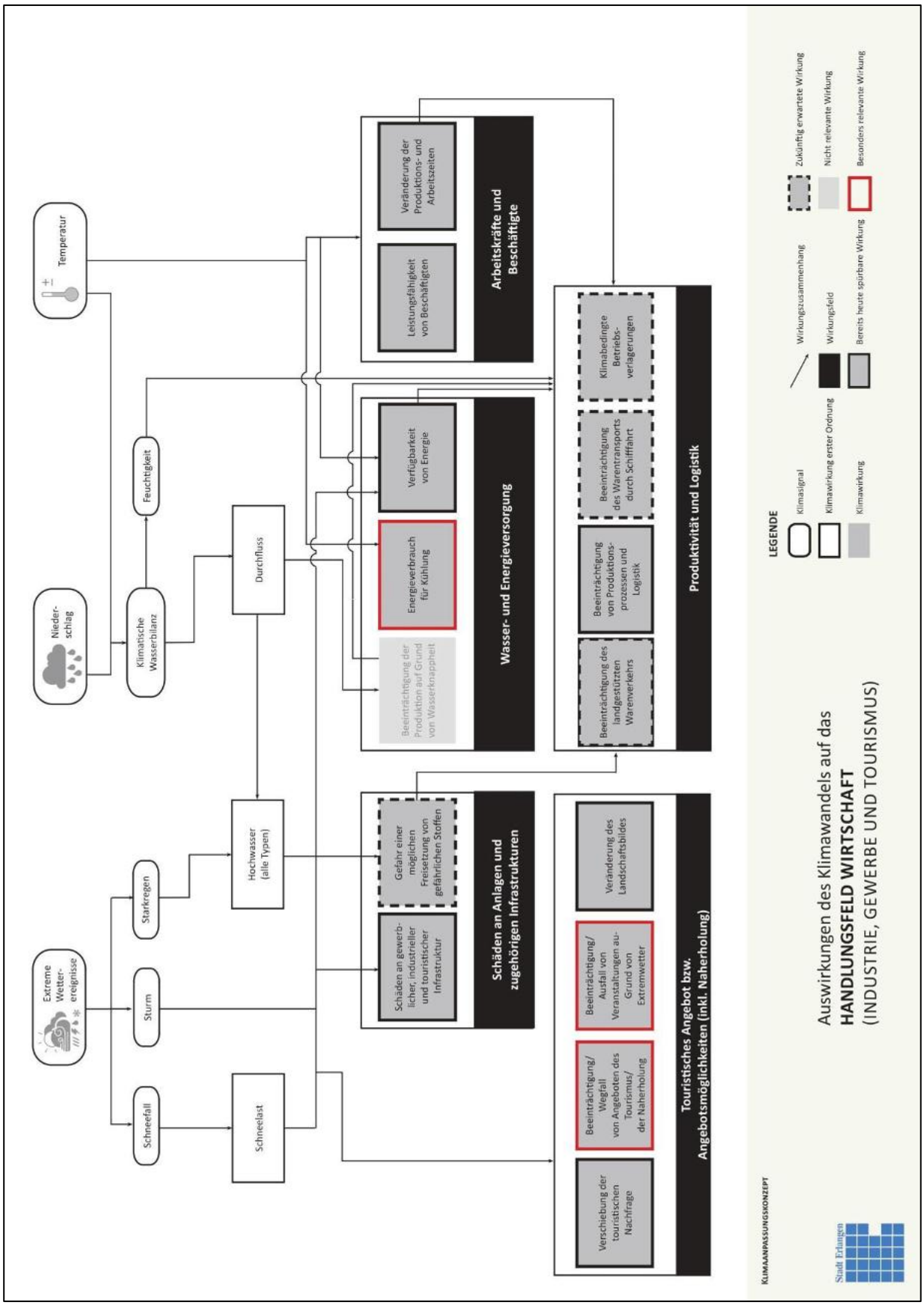


Abb. 25: Wirkungskette Wirtschaft

4. Gesamtstrategie zur Klimaanpassung

4.1 KERNZIELE DER KLIMAANPASSUNG IN ERLANGEN

Nachdem im Rahmen der funktionalen Betroffenheitsanalyse (vgl. Kap. 3) die für Erlangen relevantesten Wirkungen durch die beteiligten Akteure bewertet und priorisiert wurden, konnten im folgenden Schritt sechs Ziele zur Anpassung an diese Klimafolgen formuliert werden.



ERLANGEN BLEIBT GESUND!
Schutz der Bevölkerung vor Hitze und Allergenen



ERLANGEN KOMMT GUT AN!
Sicherung des Verkehrs während und nach Extremwetterereignissen



TROCKENE FÜSSE IN ERLANGEN!
Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen



ERLANGEN BEHÄLT EINEN KÜHLEN KOPF!
Energieeffiziente Verbesserung des Innenraumklimas bei Hitze



GRÜNE WOHLFÜHLOASEN FÜR ERLANGEN!
Schutz des Stadtgrüns vor Klimaeinflüssen und Verbesserung des Mikroklimas



ERLANGER ÖKOSYSTEME BEWAHREN UND BIODIVERSITÄT STÄRKEN!
Schutz von Biotopen, Böden und Gewässern vor Klimawandelfolgen

4.2 STRATEGIEN UND MAßNAHMEN ZUR KLIMAANPASSUNG

In einem nächsten Schritt wurden zunächst alle (sowohl laufenden als auch zukünftig denkbaren) Maßnahmen zusammengetragen, die zur Erreichung der anvisierten Ziele beitragen (könnten). Die Sammlung der Maßnahmenoptionen erfolgte dabei anhand der folgenden Leitfragen:

- Wo besteht noch Bedarf an weiterführenden Untersuchungen zum Klimawandel bzw. zu dessen Wirkungen? (→ analytische Maßnahmen)
- Welche organisatorischen Veränderungen (z. B. Zuständigkeiten, Budgets) sind notwendig? (→ organisatorische Maßnahmen)
- Welche Verfahren und Prozessabläufe müssen für die Klimaanpassung geändert werden? (→ prozessuale Maßnahmen)
- Wo bedarf es einer weiteren Sensibilisierung von Akteuren und Institutionen für die Klimaanpassung? (→ kommunikative Maßnahmen)
- Welche baulich-räumlichen bzw. ökologischen Maßnahmen sind für die Klimaanpassung denkbar und zielführend? (→ bauliche und ökologische Maßnahmen)

Darüber hinaus galt es, bestmöglich an die bisherigen Aktivitäten der Stadt Erlangen in Bezug auf Klimaschutz und Klimaanpassung anzuknüpfen.

Für die Zusammenstellung der Maßnahmenoptionen zur Klimaanpassung wurden die vielfältigen Anregungen und Hinweise ausgewertet, die in der ämterübergreifenden Befragung sowie während des ersten Workshops gegeben wurden. Diese Vorschläge wurden fachlich geprüft und den entsprechenden Zielen zugeordnet. Teilweise wurden seitens der Gutachter auf Basis der Erfahrungen aus anderen Städten weitere Maßnahmenvorschläge ergänzt.

Die so entstandenen zielspezifischen Maßnahmenkataloge wurden anschließend intensiv im zweiten Workshop abgestimmt und bewertet (siehe Anhang IV). Dabei wurden aus der Vielzahl der gesammelten Maßnahmenoptionen diejenigen (prioritären) Maßnahmen ausgewählt, die für die Umsetzung des Anpassungskonzeptes als besonders zielführend angesehen werden und die aus Gründen der Dringlichkeit oder des Leuchtturmeffekts möglichst kurzfristig vorbereitet werden sollten. Die Liste umfasst zum Teil auch solche Maßnahmen, die bereits laufen und im Sinne der Klimaanpassung fortgeführt oder intensiviert werden sollen.

Die abschließende Auswahl der Maßnahmen erfolgte in Abstimmung mit ausgewählten Schlüsselakteuren der Stadtverwaltung. Anschließend wurden die Maßnahmen detailliert in Steckbriefen erläutert. Die Inhalte dieser Steckbriefe wurden von den Gutachtern in enger Kooperation mit ausgewählten Akteuren aus den jeweils betroffenen Fachämtern formuliert und im Rahmen bzw. im Nachgang der Abschlussveranstaltung final abgestimmt (vgl. Kap. 1.3).

Schlüsselmaßnahmen

Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Steckbriefe der Schlüsselmaßnahmen vorgestellt.



Maßnahme M1

Verschattung öffentlicher Räume

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Die öffentlichen Räume einer Stadt sind oft von starker Sonneneinstrahlung betroffen und werden so in ihrer Funktion als Begegnungs-, Aufenthalts- und Erholungsorte eingeschränkt. Außerdem werden durch die Aufheizung der Bodenoberfläche und verzögerte Wärmeabgabe der städtische Wärmeinseleffekt verstärkt. Mit Verschattungsmaßnahmen soll die mikroklimatische Situation städtischer Freiräume in Erlangen, besonders in den Mittagsstunden, verbessert werden.

Durch schattenspendende Elemente kann die bodennahe Lufttemperatur zur Mittagszeit erheblich gesenkt werden – zudem kann durch großflächige Beschattung die nächtliche Überwärmung reduziert werden. Durch eine Prüfung des Bestandes, insbesondere Schulen, Kindergärten, Spielplätze und Stadtplätze, sind Prioritäten zu setzen und erste Anpassungen vorzunehmen. Außerdem haben Sportplätze, ÖPNV-Depots und sonstige stark frequentierte Bereiche in der Stadt Vorrang.

Für Verschattung ist die Pflanzung von Bäumen oder Baumalleen durch ihre zahlreichen weiteren Leistungen vorzuziehen, allerdings sind auch temporäre und mobile Lösungen wie Sonnensegel denkbar. Die Kühlungswirkung ist bei natürlichen und technischen Lösungen vergleichbar, jedoch fällt bei Letzteren der Effekt der Verdunstungskühlung weg. Bei Neuplanungen und Sanierungen sollte eine angemessene Beschattung direkt implementiert werden. Es wird darauf hingewiesen, dass manche öffentlichen Räume aufgrund von im Untergrund verlaufenden Leitungen nicht durch Baumpflanzungen verschattet werden können.

RELEVANTE AKTEURE

- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61) (öffentliche Räume und Plätze)
- Amt für Gebäudemanagement (24) (städtische Schulen, KiGas etc.)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Tiefbauamt (66)
- Schulverwaltungsamt (40)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- City-Management (CM)
- Einzelhandel

WECHSELWIRKUNGEN

- Neben ihrer Kühlungsfunktion durch Verschattung und Verdunstung besitzen Bäume die Fähigkeit der Luftfilterung, wodurch die Feinstaubbelastung in der Umgebung verringert und CO_2 gebunden wird. Sie verbessern die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und werten das Stadtbild auf. Auch die Einrichtung von temporären Beschattungselementen kann gestalterisch attraktiv umgesetzt werden und so die Aufenthaltsqualität erhöhen. Konfliktpotenzial kann in denkmalpflegerischen Belangen, bei dem Vorhandensein von Leitungen im Untergrund sowie in der Zusammenwirkung mit weiteren klimatischen Faktoren wie Sturmgefährdung, Windkomfort und Trockenheit bestehen.
- Es besteht eine Wechselwirkung zur Maßnahme M2 (Baumkonzept) sowie zu allen weiteren Maßnahmen, die auf eine Abkühlung thermisch belasteter Bereiche abzielen.
- Maßnahmen zum Hitzeschutz können eine positive touristische Außenwirkung entfalten.
- Durch eine Kombination der Verschattungselemente mit Solarmodulen (Vorbild „Solargate“ IAA Frankfurt) können Synergien mit dem Klimaschutz erzielt werden.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Durch Maßnahmen zur Abkühlung und Verschattung exponierter öffentlicher Räume können gesundheitliche Folgekosten in Folge einer Überhitzungssituation reduziert werden, ebenso wie hitzebedingte Schäden an Materialen, Stadtgrün etc.
- Es können einmalige Kosten für externe gutachterliche Unterstützung bei der Analyse/Bewertung von Räumen und der Planung von Maßnahmen entstehen.
- Es können Investitions- und Folgekosten für die Maßnahmen selbst entstehen.
- Bei der Finanzierung sollte jeweils die Umsetzbarkeit im Rahmen der Städtebauförderung geprüft werden. Zudem kommt unter Umständen auch eine Beteiligung Privater, z.B. im Rahmen von Eigentümerstandortgemeinschaften (Einzelhandel etc.), in Betracht.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Grün in Erlangen 2018 – ein Zukunftskonzept

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Verschattungsmaßnahmen, Klimaanpassungskonzept Kaiserslautern
- Grünes Zimmer Ludwigsburg
- Klimzug Nordhessen – Sonnenschutz an Haltestellen
- „Das laufende Band“ Graz
- „Solargate“ IAA Frankfurt



Maßnahme M2

Konzept zur Pflege und zum Schutz von Bäumen und zur Schaffung neuer Baumstandorte

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Zunehmende Wetterextreme und ein alternder Baumbestand machen eine intensivere Baumpflege notwendig. Neben den ökologischen und sozialen Bedenken eines sinkenden Baumbestandes kommen auch aus der Bevölkerung Forderungen, die Bäume in Erlangen besser zu schützen. Umwelteinflüsse und Stressfaktoren in urbanen Gebieten reduzieren die wichtige Leistung, die Stadtbäume für das lokale Klima erbringen. Klimabedingte Schädlingsbefälle und Krankheiten sowie Trockenheit, Hitze und Sturm erfordern eine Verbesserung der Standorteigenschaften, was mit einer entsprechenden Aufstockung der finanziellen Ressourcen einhergehen muss. Eine Beibehaltung des hohen Standards der Baumpflege ist notwendig, da Jungbäume bis zu mehrere Jahrzehnte brauchen, um dieselbe Leistung hinsichtlich der stadthygienischen, gesundheitsfördernden und kühlenden Funktion wie ein Altbaum zu erbringen. Die Pflege beinhaltet unter anderem die Totholzentfernung, eine Bewässerungsstrategie für Trockenperioden sowie eine stärkere Berücksichtigung der Belange von Straßenbäumen bei Leitungsverlegungen. Gleichzeitig muss auch der Jungbaumbestand stetig erweitert werden, um langfristig einen soliden Baumbestand in Erlangen und so einen wichtigen Pfeiler der Klimaanpassung zu sichern. Bei Neupflanzungen ist die Auswahl klimaresistenter Arten sowie ein möglichst breites Artenspektrum sinnvoll, um den Schutz vor Wetterextremen zu gewährleisten und eventuelle Schädlingsbefälle gering zu halten. Von besonders großer Bedeutung ist auch die Schaffung der vegetationstechnischen Voraussetzungen für eine langfristig gute Entwicklung der Bäume (z.B. ausreichend große Wurzelräume, Schutz vor Versiegelung und Verdichtung, Anfahrschäden sowie sonstigen schädigenden Nutzungen, Abstand der Leitungen bzw. Schutzmaßnahmen, u.a.m.)

RELEVANTE AKTEURE

- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Tiefbauamt (66)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Erlanger Stadtwerke (ESTW)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)

WECHSELWIRKUNGEN

- Es bestehen Wechselwirkungen zur Maßnahme M1 (Verschattung), M8 (Begrünungskampagne) sowie M11 (Waldentwicklung).
- Stadtbäume erfüllen zahlreiche Funktionen hinsichtlich der Klimaanpassung einer Stadt und erbringen gleichzeitig einen kleinen Beitrag zum Klimaschutz, indem sie Treibhausgase aus der Luft filtern und speichern. Bei der Erschließung neuer Baumstandorte sind durch die Flächenkonkurrenz in der Stadt verschiedene Interessen gegeneinander abzuwägen und fachübergreifende Lösungen von Bedarf.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Der steigende klimabedingte Pflegebedarf des Baumbestandes erfordert kurz- und mittelfristig eine Anpassung der finanziellen und personellen Ressourcen.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Kampagne „Grün in der Stadt“ und „Herzensbäume“
- Baumentsiegelungsmaßnahmen

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Stadtbaumkonzept „Bäume in Jena – Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel“
- Mein Baum – Meine Stadt Hamburg
- Stadtbaumpatenschaften in Berlin, Dresden und anderen Städten



Maßnahme M3

Klimaangepasste Planung, Herstellung und Unterhaltung von Verkehrsflächen

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Viele Funktionen in Erlangen hängen von einer intakten Verkehrsinfrastruktur ab. Extreme Wetterereignisse wie z.B. Starkregen, häufige Temperaturwechsel oder Hitze können zu Schäden (z.B. Verformungen, Material- und Strukturschäden) an der Substanz von Straßenverkehrsflächen führen und die Funktionsfähigkeit des Verkehrssystems in Erlangen erheblich beeinträchtigen. In den vergangenen Jahren haben derartige Wetterextreme, in Verbindung mit anderen Einflussfaktoren, bereits Störungen und Schäden an Verkehrsflächen verursacht. Durch den Klimawandel werden diese Beeinträchtigungen wahrscheinlich zukünftig zunehmen und dabei die Straßen, aber auch Fuß- und Radwege gleichermaßen betreffen. Die Klimaveränderungen führen zu einer intensiveren Abnutzung oder gar zu Ausfällen der Infrastruktur, was wiederum verkürzte Lebensdauern, wachsende Erhaltungs- und Instandhaltungskosten sowie erhöhte Ersatzinvestitionen nach sich zieht. Die Verkehrsflächen in Erlangen sind für den Klimawandel zu rüsten. Sie müssen sicher, robust und nachhaltig ausgelegt werden, so dass sie ihre Funktionsfähigkeit auch in Zukunft behalten. Bei der Neuplanung von Straßen ist eine klimaangepasste Wahl des geeigneten Baumaterials (z.B. hitzebeständige Materialen/Asphaltmischungen für Straßenbeläge, Aufhellung von Straßenflächen) aber auch die Trassenführung mit Schutz vor Witterungseinflüssen (z.B. Ableitung von Regenabflüssen) geboten. Auch im Rahmen von anstehenden Sanierungsmaßnahmen gilt es das Gelegenheitsfenster künftig zu nutzen, indem Klimaanpassungsmaßnahmen in die Instandhaltungsplanung integriert werden um die Schadensanfälligkeit zu vermindern.

ZU BETEILIGENDE AKTEURE

- Tiefbauamt (66)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)

WECHSELWIRKUNGEN

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Bereits heute besteht im Bereich der kommunalen Verkehrsflächen ein erheblicher Investitions- und Instandhaltungsstau. Vor dem Hintergrund des Klimawandels empfiehlt es sich, substanziell mehr Mittel insb. für Sanierungen von Straßen zur Verfügung zu stellen. Durch vorausschauende (klimaangepasste) Strategien und Instandsetzungsmaßnahmen lassen sich unnötige Folgekosten bei Infrastrukturprojekten vermeiden.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Bundesanstalt für Straßenwesen (bast): Klimawandel und Straßenverkehrsinfrastruktur
- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation: Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. In: Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra)
- Münchener Straße, Bremen-Findorff



Maßnahme M4

Umsetzung des Schwammstadtprinzips bei Neuplanungen

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Böden und Vegetationsflächen gewinnen sowohl für die Hitze- und Trockenheitsvorsorge als auch für ein naturnahes Regenwassermanagement zunehmend an Bedeutung. Grünflächen und Pflanzen, die ausreichend mit Wasser versorgt sind, haben eine enorme Kühlleistung, die durch die Speicherung von Regenwasser, bodenverbessernde Maßnahmen und eine kontinuierliche Versorgung mit Wasser noch gesteigert werden kann. Bei größeren Neuplanungen und Umgestaltungen im Erlanger Stadtgebiet sollen daher zukünftig immer die Möglichkeiten geprüft werden, inwieweit das „Schwammstadtprinzip“ bei der Freiraumplanung angewandt werden kann. Dieses Prinzip sieht vor, Regenwasser nicht mehr abzuleiten, sondern dezentral zur Kühlung und zur Bewässerung einzusetzen. Anstelle des Ausbaus teurer technischer Infrastrukturen soll eine größtmögliche verzögerte und/oder natürliche Versickerung oder Rückhaltung von Regenwasser angestrebt werden, um einerseits den Abfluss zu verringern und gleichzeitig die Bewässerung sowie Kühlung vor Ort bei Hitze zu verbessern. Die Strategie der Schwammstadt ist somit mehrdimensional: Das Wasser soll nicht mehr nur schadlos und ökologisch optimiert abgeführt werden, sondern gleichzeitig Orte des Wohlfühlens und der Biodiversität schaffen.

Konkret umfasst das Schwammstadtprinzip sämtliche etablierte Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung wie z.B. Versickerungs- und Rückhaltemulden, Baumrigolen, Tiefbeete, Wasserdurchlässige Beläge, Retentionsdächer und Retentionsgründächer.

RELEVANTE AKTEURE

- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Amt für Gebäudemanagement (24)
- Grundstückseigentümerinnen und Grundstückseigentümer
- Wohnungsbaugesellschaften

WECHSELWIRKUNGEN

- Es bestehen vielseitige Wechselwirkungen mit den Maßnahmen M2 (Baumkonzept), M5 (Retentionsflächen), M8 (Begrünungskampagne) und M10 (Freiflächengestaltungssatzung).
- Neben der Kühlleistung durch Verdunstungsprozesse wirkt sich die Begrünung von Flächen und Dächern positiv auf die menschliche Gesundheit sowie die Biodiversität aus und kann als Gestaltungselement dienen.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Die Investitionskosten für dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (Herstellung und Unterhalt) können die Kosten für herkömmliche Oberflächen übersteigen, zahlen sich aber langfristig im Hinblick auf die vielfältigen gewonnen Ökosystemleistungen sowie die entlastete Kanalisation aus.
- Durch die Speicherung und die Nutzung von Regenwasser kann der Aufwand (Wasser und Personal) für die Grünflächenbewässerung in Trockenperioden reduziert werden.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in den Wohngebieten nördlich der Bimbach in Büchenbach

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Hannover Kronsberg
- Adlershof Berlin



Maßnahme M5

Erhaltung und Schaffung zusätzlicher Retentionsflächen für das Abwassersystem

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Zur Entlastung des Erlanger Kanalnetzes sollen die bereits vorhandenen Retentionsflächen und -becken angesichts des Klimawandels erhalten und in besonders überflutungsgefährdeten Bereichen der Stadt (sofern möglich) durch zusätzliche Rückhaltemaßnahmen ergänzt werden. Bei der entsprechenden Bemessung sollten zukünftig Starkregenereignisse stärker berücksichtigt werden.

Neben klassischen Rückhalteräumen der Stadtentwässerung ist - als weiterer Baustein der Überflutungsvorsorge und der Klimaanpassung- auch der kurzzeitige Einstau von Freiflächen bei extremen Starkregen ins Auge zu fassen. Dabei soll insbesondere in den dicht bebauten Bereichen der Stadt auch eine "multifunktionale" Nutzung von Verkehrs- und Platzflächen als urbane Retentionsräume geprüft werden. Im Kern dieser Maßnahme steht der Ansatz, zur Schadensbegrenzung bei seltenen und außergewöhnlichen Starkregenereignissen, unvermeidbares Oberflächenwasser gezielt in ausgewählte Bereiche mit geringerem Schadenspotenzial zu leiten. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, Frei- und Grünflächen mit vergleichsweise geringen Wiederherstellungskosten (oder geringem Schadenspotenzial) als Notflutungsflächen heranzuziehen. Da diese Flächen nur in seltenen Ausnahmefällen als Rückhalteraum genutzt werden, soll ihre vorrangige Funktion nicht eingeschränkt werden. Der Nutzungszweck dieser Fläche wird lediglich um die Zwischenspeicherung von Oberflächenwasser bei Starkregen erweitert.

RELEVANTE AKTEURE

- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Tiefbauamt (66)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)

WECHSELWIRKUNGEN

- Es bestehen Wechselwirkungen mit den Maßnahmen M3 (Verkehrsflächen), M4 (Schwammstadt) und M9 (Klimagerechte Grünflächenentwicklung). Die Maßnahme M6 unterstützt die Analyse von Überflutungsschwerpunkten und die Standortsuche nach potenziellen (multifunktionalen) Retentionsflächen.
- Eine multifunktionale Nutzung von Freiflächen zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser birgt auch gestalterische Potenziale für die Stadt- und Freiraumgestaltung und für die Aufwertung des Wohnumfelds und der Aufenthaltsqualität. Gleichzeitig kann die biologische Vielfalt gefördert werden.

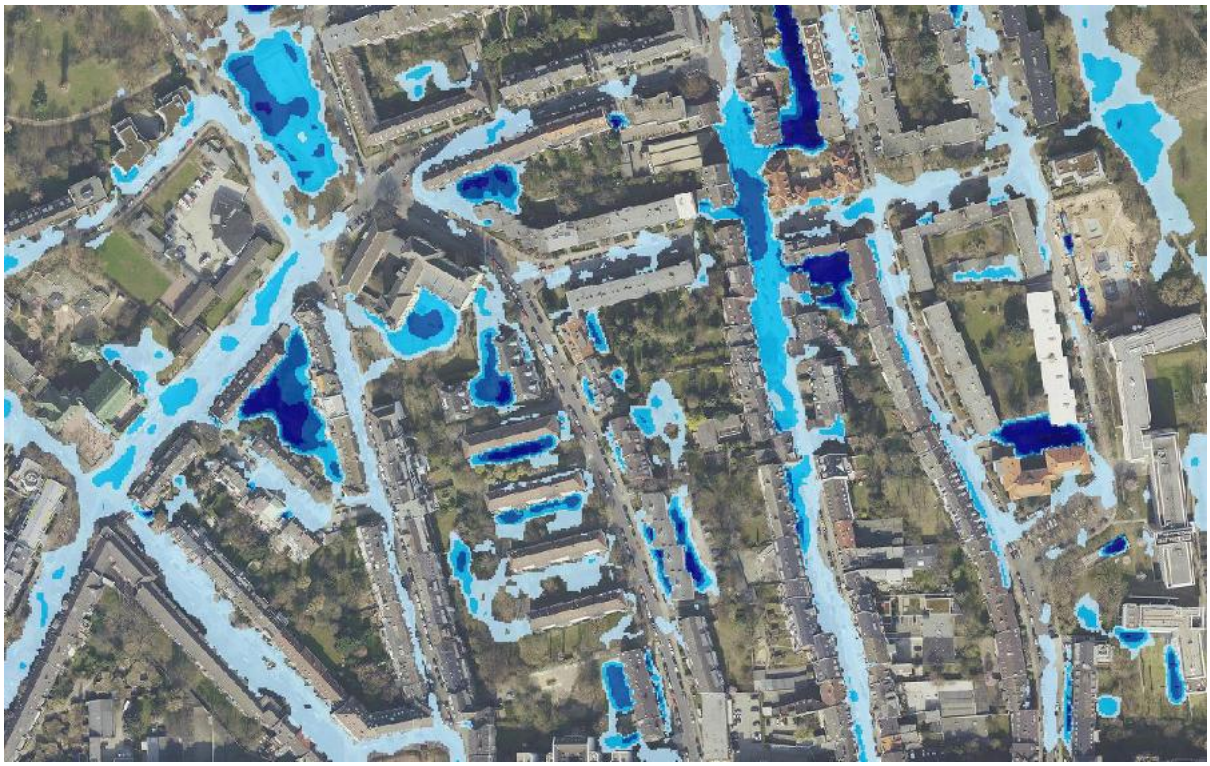
KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Maßnahmen können unter Umständen auch als naturschutzfachliche Kompensationsmaßnahmen (nach Bundesnaturschutzgesetz) angerechnet werden.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb multifunktionaler Retentionsflächen aus dem DBU-geförderten Vorhaben MURIEL
- Multifunktionale Flächen Hamburg (RISA): Ohlendorffs Park, Regenwasserspielplatz Neugraben, Hein-Klink-Stadion in Hamburg-Billstedt
- Zollhallenplatz Freiburg
- Notrückhalt Thelens Wiese, Wesseling
- Wasserplätze Rotterdam, Kopenhagen etc.



Maßnahme M6

Erstellung einer Starkregengefahrenkarte

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Um Starkregenereignisse zukünftig besser bewältigen zu können und resultierende Schäden zu mindern soll für das Erlanger Stadtgebiet eine topografische Überflutungsanalyse[9] durchgeführt werden. Auf der Grundlage einer hydrodynamischen Kanalnetzberechnung, in der u.a. auch Überlastungen im Kanalnetz festgestellt werden, soll die Identifizierung von Überflutungsgefahren bei Starkregen und „hot spots“ erfolgen. Dazu ist es notwendig, eine Überflutungsbetrachtung gemäß DWA-M 119 durchzuführen und in diesem Rahmen auf der Grundlage aktueller, hochaufgelöster Laserscan-Daten der Geländeoberfläche von Erlangen (DGM2 oder feiner) eine topografische Analyse des Stadtgebietes sowie eine Simulation des Oberflächenabflusses bei Starkregen zu realisieren. Idealerweise sollten darüber hinaus neben kleinräumigen Strukturen (Mauern, etc.) auch Brücken sowie Durchlässe aufgenommen und in das Höhenmodell übernommen werden. Eine Überschneidung mit dem Thema Hochwasserschutz ist ebenfalls sinnvoll.

Die Ergebnisse der Überflutungsanalysen sind weitergehend auszuwerten und es sind Schlussfolgerungen für das weitere Handeln zu ziehen. Dies betrifft insbesondere die Priorisierung der bislang erkannten Risiko-Hotspots und der Festlegung des weiteren Vorgehens in diesen Gebieten.

[9] Die Maßnahmen zur Erstellung einer Starkregenkarte können nicht kurzfristig umgesetzt werden. Die hierfür notwendige hydrodynamische Kanalnetzberechnung mit den aktuellen Regendaten befindet sich derzeit in der Vergabephase. Als Ausführungszeit ist hier mit mindestens neun Monaten zu rechnen.

RELEVANTE AKTEURE

- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Tiefbauamt (66)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Amt für Brand- und Katastrophenschutz (37)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)

WECHSELWIRKUNGEN

- Die Maßnahme stellt eine wichtige Grundlage für die Maßnahmen M3 (Klimaangepasste Straßen), M4 (Schwammstadtprinzip) und M5 (Retentionsflächen) dar. Auf Basis der Analyseergebnisse sind entsprechende Maßnahmen zum Risikomanagement, zur wassersensiblen Stadtentwicklung und zur Information der Bürger*innen und Unternehmen möglich.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Es entstehen Kosten für die analytischen, organisatorischen und ggf. planerischen Arbeiten. Diese sind in angemessenem Umfang aus Abwassergebühren refinanzierbar (Daseinsvorsorge, kommunale Überflutungsvorsorge).
- Mit den gewonnenen Informationen können Überflutungsschäden an kommunaler Infrastruktur, von Privateigentum und Wirtschaftsbetrieben sowie etwaiger Folgekosten (z.B. Produktionsausfälle) minimiert bzw. vermieden werden.
- Es können investive und/oder betriebliche Folgekosten für Vorsorgemaßnahmen in kommunaler Regie entstehen (z.B. für Retentionsräume).

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Generalentwässerungsplan Erlangen
- hydrodynamische Kanalnetzberechnung

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Merkblatt 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (DWA)
- Leitfäden für die Aufstellung örtlicher HW-Schutz-/Starkregenkonzepte (ibh)
- Starkregen und urbane Sturzfluten: Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (DWA Themen T1/2013)
- Praxisleitfaden „Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen“ (KLAS, Bremen)
- Starkregengefahrenkarten der Stadt Köln (www.hw-karten.de)



Maßnahme M7

Verbesserung der Arbeitsbedingungen und des Innenraumklimas in öffentlichen Gebäuden

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Die prognostizierte Zunahme von Hitzeperioden wirkt sich nicht nur auf das Wohlbefinden bzw. die Gesundheit der Erlanger Bevölkerung und Unternehmen aus, sondern beeinträchtigt auch die Arbeitsbedingungen sowie die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten. Generell sollte diese Maßnahme von allen betroffenen Arbeitgebern durchgeführt werden. Sie wird aufgrund der Zuständigkeit hier für den öffentlichen Dienst dargestellt.

Die Belastungen betreffen im besonderen Maße im Außendienst tätige Personen (Stadtgrün, Müllabfuhr, EBE, etc.), doch auch innerhalb von Gebäuden können in Hitzeperioden weit über den optimalen Bedingungen liegende Temperaturen erreicht werden, wie in der Vergangenheit in öffentlichen Gebäuden in Erlangen mehrfach geschehen.

Sofern möglich sollte der Hitzebelastung im Außendienst durch eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten während heißer Tage begegnet werden – eine Verlegung der Arbeitszeit in die frühen Morgenstunden ist jedoch u.a. aus Lärmschutzgründen oder aufgabenbedingt nicht immer möglich. Generell sind ausgeweitete Pausenzeiten erforderlich, in denen die Möglichkeit zum Aufsuchen von Gebäuden oder verschatteten Bereiche besteht.

Eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten oder das Ausweichen auf Home-Office ist auch in Büro- oder Gewerbeeinrichtungen nur eingeschränkt bzw. in öffentlichen Einrichtungen wie Schulen, Krankenhäuser kaum möglich. Um ein angenehmes Innenraumklima zu schaffen, entsteht daher eine erhöhte Notwendigkeit zum Kühlen. Der verstärkte Einsatz von Klimaanlagen steht jedoch aufgrund des hohen Energieverbrauchs Klimaschutz-

Zielen entgegen, führt außerdem zu Abwärme und ist mit Kosten verbunden. Ziel muss es daher sein, eher über alternative und passive Kühlung eine Verbesserung des Innenraumklimas zu erzielen. Dabei kann es sich u.a. um bauliche Maßnahmen wie Sonnenschutz (möglichst außen) am Gebäude, eine geeignete Dämmung, Erhöhung der Albedo (helle Dächer) bzw. der Einrichtung eines Kühlwasserkreislaufes oder Erdsondenpumpen handeln. Diese Maßnahmen sind bei Neubauten einfacher umzusetzen, doch genau wie Maßnahmen zur Gebäudebegrünung oder -verschattung (Dach- und Fassadenbegrünung, Bäume) auch im Bestand möglich. Schließlich sollten organisatorische Maßnahmen wie eine angepasste Raumnutzung oder Nachtlüftungskonzepte geprüft werden.

RELEVANTE AKTEURE

- Amt für Gebäudemanagement (24)
- Personal- und Organisationsamt (Sicherheitsfachkraft) (11)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Sicherheitsbeauftragte
- Betrieblicher Gesundheitsdienst

WECHSELWIRKUNGEN

- Querbezüge zur Maßnahme M1 „Verschattung öffentlicher Räume“

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Es können Kosten für bauliche/technische Maßnahmen an Gebäuden entstehen. Dementgegen stehen Einsparpotenziale im Bereich der Kühlenergie.
- Verbesserte Arbeitsbedingungen wirken sich in aller Regel positiv auf die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten aus, auch wenn dies schwerlich monetär messbar ist.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Experimentier- und Demonstrationsgebäude „Energy-Efficiency-Center“ des ZAE Bayern in Würzburg (Kälteerzeugung durch "Passive Infrarot Kühlanlage")
- ÖkoZentrum NRW: „Max Kelvin“ - Entwicklung und Erprobung eines modularen Curriculums zur passiven und aktiven Kühlung von Gebäuden
- Planungsleitfaden Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden, LfU
- Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Energieeffizienzpotentiale und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gebäudebestand, Umweltbundesamt



Maßnahme M8

Kampagne zur Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Während in Neubaugebieten und bei Nachverdichtungen Maßnahmen zur Begrünung vorgegeben (und „einfacher“ umgesetzt) werden können, ist der Einfluss auf den – überwiegend in Privatbesitz befindlichen – Gebäudebestand begrenzt. Doch gibt es bereits heute verdichtete Bereiche in Erlangen, die sich aufgrund ihres hohen Bauvolumens und Versiegelung am Tag stark aufheizen und durch ihre Wärmeabgabe in der Nacht zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt führen (nächtliche Überwärmung).

Die intensive Begrünung von Gebäuden und Innenhöfen stellt eine der wirksamsten Maßnahmen zur Verbesserung des thermischen Wohlbefindens im Innen- und Außenraum dar. Ziel dieser Maßnahme ist es daher, die Begrünung im Bestand in Erlangen zu intensivieren – sowohl über Anreize (Förderprogramm für private Begrünungsmaßnahmen) als auch öffentliche Bewerbung.

Für einen Anreiz soll die Förderrichtlinie "Gemeinsam mehr Grün für Erlangen“ sorgen, die Haushaltsmittel u.a. für die Dach- und Fassadenbegrünung sowie Entsiegelung und Begrünung von Höfen bzw. Freiflächen bereitstellt. Zu Beginn des Förderprogramms sowie ggf. begleitend sollte eine Informationskampagne erfolgen, die auf die Fördermöglichkeiten aufmerksam macht. Über Flyer und Veranstaltungen könnten gute Beispiele bestehender Begrünungen als Vorbilder gezeigt und gleichzeitig Hinweise zur Umsetzung sowie der Wirkungen und Synergieeffekte der verschiedenen Begrünungsarten gegeben werden.

Sollte das Förderprogramm auf Resonanz treffen, sind dessen Verstetigung und eine Aufstockung der Haushaltsmittel anzustreben, um langfristig dazu beizutragen, das Erlanger Stadtklima (und Stadtbild) zu verbessern.

RELEVANTE AKTEURE

- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Bürgermeister- und Presseamt (13)

WECHSELWIRKUNGEN

- Querbezüge bestehen zur Maßnahme M10 (Konsequente Umsetzung der Freiflächengestaltungssatzung).
- Synergieeffekte sind u.a. im Hinblick auf Biodiversität, Klimaschutz (Gebäudeenergie), Regenwasserrückhalt (insb. Dachbegrünung), Luftreinhaltung und Lärmschutz (Fassadenbegrünung) möglich.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Die Verstetigung und Aufstockung der Haushaltsmittel würden zu zusätzlichen laufenden Kosten führen.
- Es entstehen Sach- und Personalkosten für die Informationskampagne (Veranstaltungen, Druck von Flyern etc.).

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Leitlinien zur Gewerbeentwicklung
- Bestehende begrünte Gebäude in Erlangen mit Vorzeigecharakter
- bisherige Praxis bei Bebauungsplanfestsetzungen

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Aufklärungskampagne „Vorteile der Gebäudebegrünung“ München
- Richtlinie und Förderprogramm „GRÜN hoch 3 Dächer | Fassaden | Höfe“ der Stadt Köln zur Dach- und Fassadenbegrünung sowie zur Entsiegelung von Höfen
- Förderprogramm „Mehr Grün für Nürnberg“
- Grüne Höfe, Dächer und Fassaden für Karlsruhe
- Hamburger Gründachstrategie
- Green City Vorteile der Gebäudebegrünung. Übersicht für die Münchner Stadtgesellschaft
- Green City Praxisratgeber Gebäudebegrünung. Empfehlungskatalog für Eigentümer und Interessierte in München
- Stadt Würzburg Förderprogramm Urbanes Grün



Maßnahme M9

Klimagerechte Grünflächenentwicklung

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Städtische Grünflächen erfüllen je nach Gestaltung und Größe gleich mehrere Funktionen – sie bieten u.a. eine hohe Aufenthaltsqualität, wirken positiv auf das Stadtklima, sorgen für Regenwasserrückhalt, stellen Lebensräume dar und können die Luftqualität verbessern. Gleichzeitig stehen sie, gerade in wachsenden Städten wie Erlangen, bei begrenztem Flächenangebot in Konkurrenz zu anderen Nutzungen und der Herausforderung, dass die Bedarfe und Ansprüche an städtische Grünräume steigen.

Die Erlanger Grünräume stehen im Fokus des jüngst beschlossenen Zukunftskonzepts „Grün in Erlangen 2018“, das u.a. die Freiraumstruktur untersucht und den genannten Herausforderungen in Form eines Aktionsplans begegnet. Angesichts der prognostizierten Zunahme an Sommertagen und Hitzeperioden ist zukünftig von einer stärkeren Nutzung und somit Inanspruchnahme der Grünflächen auszugehen, zumal der Klimawandel zu mehr sommerlichen Hitze- und Trockenstress führen wird. Entsprechend verfolgt die „Klimagerechte Grünflächenentwicklung“ eine konsequente Umsetzung des Zukunftskonzepts, da die dort genannten Maßnahmen vielfach der Klimaanpassung dienen (z.B. Ränder des Regnitztals naturverträglich bzw. Schwabachtal als zusammenhängenden Landschaftsraum erlebbar machen, Weiherketten, Bäche und Gräben westlich des Regnitztals als Biotopverbund stärken).

Darüber hinaus werden Grünflächen in hitzebelasteten Bereichen (vgl. Stadtklimaanalyse) in Hinblick auf ihre Aufenthaltsqualität neu bewertet und ggf. durch zusätzliche Schattenräume, Sitzgelegenheiten oder die Anlage von Wasserelementen bzw. intensivere Pflegemaßnahmen aufgewertet.

Ein weiterer Baustein der „Klimagerechten Grünflächenentwicklung“ ist die Schaffung von dezentralem *Grün für*

alle (bspw. Pocket-Parks) in den durch das Zukunftskonzept identifizierten Grün-Defizitbereichen (z.B. ER-Süd, Bruck). Dafür eignen sich Baulücken oder Brachflächen (dabei sollte eine Eignung immer von Amt 61 im Einzelfall geprüft werden), auch sind Entsiegelungen von Schulhöfen oder allgemein im Zuge von Straßenarbeiten denkbar. Neue Grünflächen sollten möglichst so gestaltet bzw. platziert werden, dass sie der Ausweitung der Biotopvernetzung dienen. Wichtig ist zudem die Pflege bestehender Grünflächen mit Biotopfunktion, insb. um durch Trockenheit gefährdete Biotope zu schützen.

Schließlich sieht die Maßnahme die Sicherung von aus der Stadtklimaanalyse abgeleiteten klimaökologisch wichtigen Flächen vor. Beispielsweise sollen Baumaßnahmen in Kaltluftleitbahnen möglichst vermieden bzw. so umgesetzt werden, dass die Leitbahn-Funktion erhalten bleibt. Dies kann bspw. über die Darstellung entsprechender Flächen in Flächennutzungsplänen, die Ausweitung der Freiflächengestaltungssatzung auf den öffentlichen Raum oder verbindliche Vorgaben in der Bauleitplanung geschehen (z.B. Festsetzung von Grünflächen oder „T-Flächen“ bei der Erstellung von B-Plänen mit integrierten Grünordnungsplänen) - etwa den Nachweis, dass Bauvorhaben die klimaökologischen Funktionen der entsprechenden Flächen nicht gefährden.

RELEVANTE AKTEURE

- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Entwässerungsbetrieb (EBE)
- Liegenschaftsamt (23)
- Amt für Gebäudemanagement (24)

WECHSELWIRKUNGEN

- Querbezüge bestehen zu den Maßnahmen M1 (Verschattung öffentlicher Räume), M2 (Baumkonzept) und M10 (Konsequente Umsetzung der Freiflächengestaltungssatzung).
- Es sind Synergieeffekte u.a. zur Biodiversität, Naherholung, Regenwasserrückhalt und Bodenschutz möglich. Als lokale Begegnungsstätte besitzen Pocket Parks zudem einen Wert für den sozialen Zusammenhalt innerhalb der Quartiersbevölkerung.
- Die Entwicklung von Grünflächen in einer wachsenden Stadt wie Erlangen steht in Konkurrenz zur Schaffung von Wohnraum oder Entwicklung von Gewerbeflächen.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Die Umsetzung der Maßnahmen des Zukunftskonzepts ist mit Pflege- und ggf. Investitionskosten verbunden.
- Für die Anlage von Pocket Parks fallen ebenfalls Pflege- und Investitionskosten sowie ggf. einmalige Kosten für den Flächenerwerb an.
- Es können einmalige Kosten für Entsiegelungsaktivitäten und Entsorgung des Materials anfallen.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Zukunftskonzept „Grün in Erlangen 2018“
- Laufende Maßnahmen zur Biotopvernetzung
- Aktualisierung der Stadtklimaanalyse

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Urbane Lebensqualität durch regionale Vielfalt (NABU Brandenburg an der Havel)
- Pocket Park Florastraße Berlin-Pankow
- "Natur in graue Zonen" (Wissenschaftsladen Bonn)



Maßnahme M10

Erstellung und konsequente Umsetzung der Freiflächengestaltungssatzung

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Eine Freiflächengestaltungssatzung verfolgt das Ziel, die angemessene Durchgrünung und Gestaltung von Baugrundstücken und Kinderspielplätzen sicherzustellen bzw. zu fördern. Sie gilt für die unbebauten Flächen der bebauten Grundstücke sowie für die äußere Gestaltung baulicher Anlagen im gesamten Stadtgebiet. Sie ist auf Vorhaben anzuwenden, für die ein Bauantrag oder ein die baurechtliche Prüfung umfassender Antrag gestellt wird oder eine Vorlage der Genehmigungsfreistellungsunterlagen erfolgt. Die Satzung gilt nicht, soweit in rechtsverbindlichen Bebauungsplänen o.ä. Sonderregelungen getroffen werden. Mit einer solchen Satzung können z.B. die Bepflanzung der nicht überbauten Flächen eines Grundstücks sichergestellt und Vorgaben zur Bepflanzung getroffen werden (z.B. standortgerechte und vorwiegend heimische Gehölzarten unter Berücksichtigung der vorhandenen Gehölzbeständen).

Die Verwaltung der Stadt Erlangen wurde per Beschluss vom 26.10.2017 mit der Erarbeitung einer Freiflächengestaltungssatzung beauftragt.

RELEVANTE AKTEURE

- Bauaufsichtsamt (63)
- Rechtsamt (30)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)

WECHSELWIRKUNGEN

- Es besteht eine Wechselwirkung zur Maßnahme M8 (Kampagne zur Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung)
- Synergieeffekte sind u.a. zu Biodiversität und Regenwasserrückhalt möglich.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Für die Vollzugskontrolle der Einhaltung der Satzung bedarf es an personellen Ressourcen, gegebenenfalls kommen Kosten für den Druck von Informationsmaterial auf.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern (TU München 2018)
- Doppelte Innenentwicklung – Perspektiven für das urbane Grün (Bundesamt für Naturschutz 2017)
- „Stadtgrün 2021“ Stadtbaumarten im Klimawandel (LWG Bayern)

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Freiflächengestaltungssatzung München
- Freiflächengestaltungssatzung Weimar



Maßnahme M11

Klimagerechte Waldentwicklung

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Die klimawandelgerechte Waldentwicklung zielt auf den Schutz und die Erhaltung der Erlanger Stadtwälder ab, um deren Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion langfristig zu gewährleisten. Um den prognostizierten veränderten Umweltbedingungen begegnen zu können, sollen bestehende Waldflächen erhalten und möglichst weitere Waldgebiete etwa über Landschaftsschutzgebiete oder als Bannwälder gesichert werden – auch sollte eine Ausweitung des Geltungsbereichs der Baumschutzverordnung geprüft und die Einhaltung der Verordnung konsequent kontrolliert werden. Bei bereits laufenden Maßnahmen in Erlangen wie der waldbaulichen Entwicklung hin zu toleranten Mischbeständen und der Verjüngung der Wälder sollte die Priorität auf einheimischen Arten liegen. Zur Ergänzung der heimischen Bestände ist überdies der Einsatz klimaangepasster neuer Baumarten gefragt. Dafür ist die Identifizierung geeigneter Arten gefragt, um eine nachhaltige und langfristige Entwicklung der Erlanger Waldgebiete zu gewährleisten.

Viele Waldflächen in Erlangen befinden sich in Privatbesitz. Hier besteht ein ureigenes Interesse der Besitzerinnen und Besitzer zu deren Sicherung, das durch eine Ausweitung der Beratung unterstützt werden soll. Aktuelle Erkenntnisse und Empfehlungen aus Praxis und Wissenschaft sowie Informationen zu Fördermöglichkeiten können über Flyer, Online-Angebote oder Veranstaltungen (ggf. auch als „Waldspaziergänge“ vor Ort) zielgerichtet an die Besitzerinnen und Besitzer weitergegeben werden – denkbar ist auch die Einrichtung einer Beratungsstelle für Fragen zu Privatwäldern in der Forstverwaltung. Mit den Materialien bzw. Veranstaltungen ließe sich auch die interessierte Öffentlichkeit informieren bzw. für die Thematik sensibilisieren.

RELEVANTE AKTEURE

- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth (AELF)
- Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung (EB77)
- Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung (61)
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)

WECHSELWIRKUNGEN

- Es bestehen Querbezüge zur Maßnahme M2 (Baumkonzept).
- Synergieeffekte können u.a. zu Naherholung, Klimaschutz (Kohlenstoff-Senke), Luftreinhaltung (Frischluftproduzent), Bodenschutz, Biodiversität und Regenwasserrückhalt erzielt werden.

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Für die Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterialien sowie Beratungen sind ein personeller Aufwand und ggf. Druckkosten erforderlich.
- Es bestehen Fördermöglichkeiten für waldbauliche Maßnahmen zur Pflege oder Naturverjüngung über ein Programm des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (WALDFÖPR 2018).

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Baumschutzverordnung Erlangen (von 1988 in der Fassung 2011)
- Bayerisches Wald-Informationssystem (BayWIS) u.a. mit Anbaurisikokarten (LWF Bayern)
- „Stadtgrün 2021“ Stadtbaumarten im Klimawandel (LWG Bayern)

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Wälder gestalten für die Zukunft (LWF aktuell 102, Bayerische Forstverwaltung 2014)
- Forstliche Gutachten zur Situation der Waldverjüngung 2018 (Bayerische Forstverwaltung) – Regionale Ergebnisse für Erlangen



Maßnahme M12

Schaffung naturnaher und klimagerechter Wasserflächen

ZIEL- UND MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Infolge zunehmender Temperaturen und Hitzeperioden, einer erhöhten sommerlichen Trockenheit sowie der Zunahme von Starkregen (Stoffeinträge) ergeben sich künftig zusätzliche ökologische Belastungen für Oberflächengewässer, die zu verschlechterten Lebensbedingungen für die aquatische Flora und Fauna führen können (neben anthropogenen Einträgen aus der Landwirtschaft bzw. Schadstoffen aus Industrie und Verkehr). Zur Sicherung der Gewässergüte sind im Sinne des Leitbilds eines „potentiell natürlichen Zustands“, d.h. die naturgemäße Ausprägung des Gewässerlaufs und seiner Auen, geeignete Maßnahmen anzustreben, darunter z.B.:

- Gewässerrenaturierung
- Beschattung von Fließgewässern
- Einrichten von Gewässerrandstreifen
- Minimierung von Stoffeinträgen
- konsequente Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)

Im Rahmen des Zukunftskonzepts „Grün in Erlangen 2018“ wurden bereits Maßnahmen beschlossen, die in Zusammenhang mit der „Schaffung naturnaher und klimagerechter Wasserflächen“ stehen und bei deren Umsetzung Maßnahmen zum Gewässerschutz integriert werden können (z.B. Weiherketten, Bäche und Gräben westlich des Regnitztals stärken, Ufer der Dechsendorfer Weiher als landschaftlichen aktiven Naherholungsraum weiterentwickeln).

RELEVANTE AKTEURE

- Wasserwirtschaftsamt Nürnberg
- Amt für Umweltschutz und Energiefragen (31)

WECHSELWIRKUNGEN

- Es besteht ein Querbezug zur Maßnahme M9 (Klimagerechte Grünflächenentwicklung).

KOSTEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Die Maßnahmen zum Gewässerschutz sind mit Unterhaltungs- (Pflege, Personal) und ggf. Investitionskosten (bei Flächenerwerb) verbunden.
- Es bestehen Fördermöglichkeiten für Umsetzungskonzepte nach EU-WRRL, Ausbaumaßnahmen zur naturnahen Entwicklung und Gestaltung von Gewässern bzw. ihrer Auen, zur Verbesserung des natürlichen Rückhalts, Unterhaltungsmaßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und die naturnahe Gewässerunterhaltung nach einem Gewässerentwicklungskonzept über das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

MÖGLICHE ANKNÜPFUNGSPUNKTE

- Zukunftskonzept „Grün in Erlangen 2018“

REFERENZEN (BEST PRACTICE)

- Gewässer in Bayern – auf dem Weg zum guten Zustand. Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramm für den Zeitraum 2016 - 2021 (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2017)
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2007): Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwasser-management
- Gewässerentwicklung Esslingen

4.3 VERSTETIGUNGSSTRATEGIE

Im Rahmen der Abschlussveranstaltung am 2. Mai 2019 wurde mit den verwaltungsinternen Akteuren diskutiert, inwieweit eine Nachhaltigkeit des Klimaanpassungsprozesses in Erlangen gewährleistet werden kann und wie sich das Klimaanpassungskonzept sowie die in der Projektlaufzeit entwickelten Instrumente und Produkte dauerhaft im Verwaltungshandeln verankern lassen. Dabei stand die Frage im Mittelpunkt, wie der Umgang mit Klimafolgen in Zukunft insbesondere in Verwaltungs- und Planungsabläufen berücksichtigt werden kann, und welche Verantwortlichkeiten sich daraus ableiten lassen.

Eine zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Integration der Klimaanpassung in die Erlanger Verwaltung bilden tragfähige und ämterübergreifende Kooperationsstrukturen. Ein wichtiges Ziel des vorliegenden Anpassungskonzeptes ist es daher, die fachübergreifende Zusammenarbeit und den Austausch im Bereich der Klimaanpassung innerhalb der Stadt optimal zu organisieren und zu verstetigen. Um dies zu gewährleisten gilt es, das Thema der Klimawandelfolgenanpassung 1.) in die **kommunale Verwaltungsorganisation** sowie 2.) in **gängige Verfahren und Abstimmungsprozesse** (insbesondere innerhalb der Stadtplanung, bei der Stadterneuerung und bei der Bauleitplanung) einzubinden. Dabei soll möglichst auf die bereits vorhandenen Zuständigkeiten für die Klimaanpassung in Erlangen aufgebaut werden.

4.3.1 VERANKERUNG DER KLIMAANPASSUNG IN DER ERLANGER VERWALTUNGSSTRUKTUR

Die Anpassung an den Klimawandel stellt eine Querschnittsaufgabe dar, die mehrere Referate bzw. Ämter und Eigenbetriebe in der Erlanger Stadtverwaltung berührt. Allen voran sind hier die Bereiche der Stadt- und Umweltplanung zu nennen. Darüber hinaus werden insbesondere die Handlungsfelder Grünflächen, Stadtentwässerung, Tief- und Hochbau, Bauaufsicht, Gesundheit sowie der Katastrophenschutz tangiert.

Um die Klimaanpassung langfristig im Erlanger Verwaltungshandeln zu verstetigen, sind geeignete und praktikable Organisationsformen erforderlich. Dabei bietet es sich an, auf bereits in der Stadt vorhandene und bewährte Arbeitsstrukturen in anderen Handlungsfeldern wie insbesondere dem Klimaschutz zurückzugreifen und diese bei Bedarf für die Klimaanpassung anzupassen und zu ergänzen. Der Klimaschutz hat inzwischen in Erlangen als feste Aufgabe Einzug in die Verwaltungsorganisation gehalten, indem im Amt für Umweltschutz und Energiefragen eine zuständige Koordinierungsstelle (Klimaschutz- und Energiebeauftragte) geschaffen wurde. Dadurch konnte dem Klimaschutz in der Erlanger Stadtverwaltung mehr Gewicht und Durchsetzungsvermögen verliehen werden.

Der Belang der Klimaanpassung hat bislang als eigener Themen- und Handlungsbereich noch keinen Eingang in die kommunale Verwaltungsstruktur gefunden. Auf der Website der Stadt Erlangen findet der Begriff der Klimaanpassung aktuell weder im Geschäftsverteilungsplan noch in der Tätigkeitsbeschreibung der verschiedenen Ämter und Eigenbetriebe eine explizite Erwähnung.

Angesichts des hohen Stellenwertes und des Querschnittcharakters der Klimaanpassung sollte angestrebt werden, analog zum Klimaschutz auch für diesen Belang eine stabile Organisationseinheit in der Erlanger Stadtverwaltung zu schaffen. Diese könnte an die bereits bestehenden tragfähigen Strukturen des Umweltamtes angedockt werden. Dort sind bereits gut vernetzte Fachkräfte im Einsatz, die dem Thema Klimaanpassung zudem grundsätzlich offen gegenüberstehen. Durch die personelle Besetzung eines Klimaanpassungsmanagements kann eine Koordinierungsstelle innerhalb der Verwaltungsstruktur geschaffen werden, die einerseits den Belang der Klimafolgenanpassung dauerhaft

vertritt und andererseits die Beratungs- und Informationsangebote im Umgang mit den Folgen des Klimawandels bündelt.

Eine Klimaanpassungsbeauftragte bzw. Klimaanpassungsbeauftragter kann die städtischen Ämter und Eigenbetriebe bei der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen vernetzen, Bundes- oder Landesfördermittel für geeignete Projekte und Maßnahmen zu akquirieren. Darüber hinaus kann er/sie Netzwerkarbeit zum Wissenstransfer und zum Erfahrungsaustausch mit der Klimaforschung und mit anderen Kommunen betreiben. Nicht zuletzt kann das Klimaanpassungsmanagement das Monitoring der Maßnahmenumsetzung sowie die zukünftige Fortschreibung des Klimaanpassungskonzeptes sicherstellen.

Alternativ oder zusätzlich zu einer personellen Besetzung des Klimaanpassungsmanagements innerhalb der Erlanger Stadtverwaltung, ist es denkbar für die Bewältigung der Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung und für die Umsetzung der Maßnahmen des Anpassungskonzeptes eine ämterübergreifende Arbeitsgruppe ins Leben zu rufen. Die Federführung einer solchen Arbeitsgruppe sollte einer oder mehreren der für die Klimaanpassung zentralen Verwaltungseinheiten (z.B. Umwelt, Stadtplanung, Stadtentwässerung) obliegen. Anknüpfungspunkte für ein solches Gremium bieten die Teilnehmenden der interdisziplinären Workshops, die im Rahmen der Konzepterstellung durchgeführt wurden. Im Abschlussworkshop haben die anwesenden Ämtervertretenden vereinbart, dass zeitnah intern geprüft werden soll, welche Personen der Arbeitsgruppe angehören und wo diese innerhalb der Verwaltungsstruktur angesiedelt werden sollte.

4.3.2 VERSTÄRKTE BERÜCKSICHTIGUNG DER KLIMAANPASSUNG IN PLANUNGSPROZESSEN

Neben der institutionellen Verankerung des Klimabelanges innerhalb der Erlanger Verwaltung müssen die bei der Erarbeitung des Anpassungskonzeptes gewonnenen Erkenntnisse zu den lokalen Wirkungen des Klimawandels (Stadtklimaanalyse) sowie zu den möglichen Anpassungsoptionen (Planungshinweise, Schlüsselmaßnahmen) künftig als neues Abwägungsmaterial in die gängigen Planungs- und Entscheidungsprozesse der Stadt eingespeist werden. Ziel ist es, dass Aspekte der Klimafolgenanpassung in der Zukunft bei allen Planungen in Erlangen frühzeitiger und kontinuierlicher als bisher berücksichtigt werden, ohne den Verwaltungsaufwand spürbar zu erhöhen.

Insbesondere die Stadtplanung und das Umweltamt übernehmen dabei eine tragende, koordinierende Rolle. Die Vorsorge vor den Risiken des Klimawandels stellt keine alleinige Aufgabe der Umweltplanung dar. Vielmehr erfordert sie eine stadtplanerische Koordinierung und Unterstützung. Dabei geht es darum, räumlich konkrete Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen zu kombinieren und in enger Abstimmung mit den Fachämtern (Stadtentwässerung, Grünflächen, Straßenbau, Gebäudemanagement etc.) zu verfolgen.

Mit der Novelle des Baugesetzbuches 2011 hat der Bund der Klimaanpassung sowohl im „Allgemeinen“ als auch im „Besonderen Städtebaurecht“ einen höheren Stellenwert eingeräumt. Zunächst wurde durch die neue Klimaschutzklausel im § 1a Abs. 5 BauGB den Klimabelangen bei der planungsrechtlichen Abwägung ein zusätzliches rechtliches Gewicht verliehen und die Stadtplanung dazu veranlasst, die Koordinierungs- und Steuerungsfunktion der Bauleitplanung voll auszuschöpfen, um den in § 1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB geforderten „allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung“ mit Hilfe integrierter zukunftsgerichteter Anpassungskonzepte für die Stadt- und Infrastrukturplanung gerecht zu werden.

Darüber hinaus wurden die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung im Rahmen der Novellierung 2011 auch in die Vorschriften des §171a BauGB zum Stadtumbau integriert. Während bis dato die für Stadtumbaumaßnahmen erforderlichen „erheblichen städtebaulichen Funktionsverluste“ in der Regel insbesondere dann vorlagen, „wenn ein dauerhaftes Überangebot an baulichen Anlagen für bestimmte Nutzungen, namentlich für Wohnzwecke“ bestand oder zu erwarten war, sind solche Verluste seit der Gesetzesänderung auch dann gegeben, „wenn die allgemeinen Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung nicht erfüllt werden“ (§171a Abs. 2 BauGB). Als Beispiele für derartige Funktionsverluste können in diesem Zusammenhang ein erhöhter Energiebedarf für Gebäude oder eine hohe Anfälligkeit gegenüber Hitze oder Starkregenereignissen genannt werden.

Mit den genannten Zielen und Grundsätzen im BauGB sind bundesrechtlich die ersten Weichen für eine kontinuierliche Betrachtung der Klimaanpassung im Rahmen der Bauleitplanung und somit für eine klimagerechte Stadtentwicklung in Erlangen gestellt. Ausgehend von den im Rahmen der Konzepterstellung gewonnenen neuen Erkenntnissen zur räumlichen Betroffenheit der Stadt, müssen zukünftig anpassungsrelevante Aspekte (z.B. die Planungshinweiskarten zum Stadtklima und zum Starkregen) im Rahmen der planerischen Abwägung ergänzend berücksichtigt werden. Dabei ist zu prüfen, inwieweit die räumlichen Planungen und Maßnahmen den Anforderungen der Klimaanpassung entsprechen, ob klimawirksame Bereiche (Kaltluftentstehungsgebiete, Leitbahnen, Niederschlagsabflusswege etc.) beeinträchtigt werden und ob die Wirkungen des Klimawandels durch planerische Modifikationen oder geeignete Maßnahmen minimiert werden können. Bei größeren Planungen und Entwicklungsprojekten können unter Umständen in Einzelfällen noch zusätzliche Fachgutachten erforderlich sein, welche die gesamtstädtischen Planungshinweise für den betrachteten Planungsraum konkretisieren (z.B. ein Begleitplan zur Starkregenvorsorge oder kleinräumliche mikroklimatische Analysen). Hierfür müssen entsprechende finanzielle und personelle Mittel bereitgestellt werden.

Abgesehen von der Bauleitplanung handelt es sich bei der Klimaanpassung bislang um keine etablierte kommunale Pflichtaufgabe, die in Planungsverfahren standardmäßig bearbeitet werden muss. Um der Forderung nach einem vorsorgenden planerischen Umgang mit den erwarteten Klimafolgen auch in Planungsverfahren außerhalb der Bauleitplanung nach zu kommen, müssen verwaltungsinterne Verfahrensregeln für die Kooperation zwischen den beteiligten Fachbereichen erarbeitet werden. Es gilt klar festzulegen, wo und wie die Belange der Klimaanpassung frühzeitig in den Prozessen der stadt-, straßen- und freiraumplanerischen Projekte und Planungen (z.B. Rahmenpläne, städtebauliche Verträge, städtebauliche Wettbewerbe, Straßenausbaupläne etc.) berücksichtigt werden können. Insbesondere bei Neubaumaßnahmen können neue Standards (z.B. Straßenprofile, Leitungsverlegung, Begrünung, Baumauswahl und -dimensionierung Oberflächenabfluss) vereinbart werden. Im Siedlungsbestand sind die Spielräume dagegen – abgesehen von Grundinstandsetzungen von Straßen und Freiräumen –in vielen Fällen begrenzt.

Es wird angeregt, Empfehlungen in Form von Standards, Kriterienkatalogen oder Checklisten zu erarbeiten, um die Klimaanpassung künftig zu einem festen Bestandteil in räumlich und stadtklimatisch relevanten Planungs- und Entscheidungsprozessen in Erlangen werden zu lassen. Neben den formellen (bauleitplanerischen) Verfahren sollen diese Empfehlungen auch für sonstige Planungsverfahren wie z.B. Rahmenpläne, Baulandmanagement, Städtebau- und Hochbauwettbewerbe, öffentliche Bauvorhaben und Ausschreibungen sowie für die Gebäudebewirtschaftung herangezogen werden. Sie sollen Perspektiven aufzeigen und ein einheitliches, abgestimmtes Vorgehen in Bezug auf Klimaanpassung innerhalb der Verwaltung und in der Zusammenarbeit mit externen Akteuren (z. B. privaten Dienstleistern und Planungsbüros) erleichtern. Dazu sollen – aufbauend auf vorhandene Leitfäden und

Checklisten aus anderen Städten – greifbare Planungsanforderungen und Vereinbarungen formuliert werden, die im Sinne einer Praxis- und Argumentationshilfe aufzeigen, wie Klimaanpassungsbelange konkret in Planungsverfahren berücksichtigt und argumentiert werden können. Zusätzlich sollten vorhandene Instrumente (z.B. Baumliste, örtliche Satzungen etc.) wenn möglich um Klimaanpassungsaspekte ergänzt werden.

Die Anwendung der Empfehlungen zur Klimaanpassung soll keinen starren Rahmen vorgeben, sondern weiterhin einen flexiblen Umgang mit den unterschiedlichsten planerischen Rahmenbedingungen ermöglichen. Die Hinweise sollen Planungs- und Abwägungsprozesse in Erlangen eher erleichtern, statt zusätzlich Arbeitsaufwand zu erzeugen. In erster Linie sollen sie zu einer Sensibilisierung für das Thema Klimaanpassung auf allen Arbeitsebenen beitragen. Die zentrale Voraussetzung für ein einheitliches Vorgehen bei der Klimaanpassung innerhalb der Erlanger Stadtverwaltung ist allerdings erst dann gegeben, wenn das Thema auch auf politischer Ebene hoch angesiedelt und explizit kommuniziert wird. Politische Grundsatzbeschlüsse als Ausgangspunkt erleichtern die Etablierung zusätzlicher für den Anpassungsprozess wirkungsvoller Strukturen. Wesentlich für die Umsetzung des Anpassungskonzeptes der Stadt Erlangen ist daher auch, dass die Handhabung der Empfehlungen (z.B. Checklisten, Standards, Grünfaktoren) zum vorsorgenden Umgang mit Klimawandelfolgen in Planungsprozessen in der kommunalen Politik legitimiert wird. Daher wird ein politischer Beschluss der Planungshinweise als allgemeingültiger Auftrag an die Verwaltung empfohlen. Dieser sollte im Zusammenhang mit einer allgemeinen Leitbilddiskussion zur klimagerechten Stadtentwicklung in Erlangen stehen.

Eine Ausnahme hinsichtlich der Einflussmöglichkeiten der Stadt auf Planungsprozesse stellen bislang die (landesrechtlich geregelten) Baugenehmigungsverfahren dar. Obwohl in diesem Handlungsfeld erhebliche Potenziale für die Klimaanpassung (bzw. für die Hitzevorsorge und für den Objektschutz) liegen, bleiben die Steuerungsmöglichkeiten der Stadt Erlangen hier sehr beschränkt. Anders als z.B. der Brandschutz sind stadtklimatische Aspekte (insb. Hitze) oder die Überflutungsgefährdung von Gebäuden in der bayrischen Landesbauordnung (bislang) kein Prüfkriterium für Genehmigungsverfahren. Während die baurechtliche Zulassung klaren Regeln unterliegt, werden Fragen der Klimaanpassung derzeit nicht behandelt. Im Kontext der aktuellen bauordnungsrechtlichen Bestimmungen kann die Stadt derzeit nur über informelle Bauberatung (z.B. Bereitstellung von Hinweisen über Überflutungsgefahren, Empfehlungen zur Hitzevorsorge und zum Objektschutz) Einfluss auf klimaangepasste Bauweisen nehmen. Von entscheidender Bedeutung für eine Verstetigung ist daher, dass dem Bauaufsichtsamt und allen anderen beratenden Stellen in der Stadtverwaltung die klimarelevanten Grundlagendaten (z. B. die Stadtklimaanalyse) als Planungshinweise und als Abwägungsmaterial auf dem GEO-Server der Stadt Erlangen bereitgestellt werden.

Ebenso wichtig ist es, eine intensive Öffentlichkeitsarbeit durchzuführen, um auch Private nachhaltig für die Folgen des Klimawandels, für lokale Betroffenheiten von Grundstücken und für die Anpassungsmöglichkeiten zu überzeugen (vgl. Kommunikationskonzept in Kap. 4.5). Bei der Sensibilisierung von Bauherren und Gebäudeeigentümern sollte dabei der Ansatz des „Förderns“ und des „Forderns“ verfolgt werden. Durch ein Förderprogramm für Neubauten und Bestandssanierungen können z.B. Anreize für die Gebäude- oder Grundstücksbegrünung gesetzt werden. Unter dem Aspekt „Fordern“ werden dagegen rechtliche Instrumente wie etwa das Abwassergesetz (z.B. über Gebühren oder Einleitbegrenzungen), das Naturschutzgesetz (Ausgleichsmaßnahmen) oder die Landesbauordnung (z.B. über Satzungen) genutzt, um den Ausbau von Grün in der Stadt voranzutreiben.

4.4 CONTROLLING-KONZEPT

Der Aufbau eines dauerhaften Controllings ist eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Anpassungskonzeptes. Das Controlling muss dabei über eine reine Daten-/ Faktensammlung hinausgehen und im Sinne einer echten Evaluation den Fortschritt im kommunalen Anpassungsprozess dokumentieren und bewerten. Es wird empfohlen, das Controlling in die Bausteine „Monitoring“ und „Evaluation“ zu untergliedern und die Erkenntnisse ab Herbst 2020 in einem regelmäßigen Fortschrittsbericht zusammenzufassen, der den relevanten Akteuren sowie der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden sollte (Abb. 26).

Im Zuge der Erhebung, Bereitstellung und Auswertung von Daten ist bei den beteiligten Fachstellen ein erhöhter Zeitaufwand aber voraussichtlich kein zusätzlicher Personal- oder Technikbedarf zu erwarten. Sofern mit dem Controlling ein externer Dienstleister betraut werden soll, sind Kosten im unteren fünfstelligen Bereich zu kalkulieren. Um über die Jahre eine Vergleichbarkeit der Berichte sicherzustellen, sollten die im Folgenden skizzierten Indikatoren dauerhafte Anwendungen finden, wobei eine Konkretisierung im Rahmen des ersten Fortschrittsberichtes erfolgen kann.

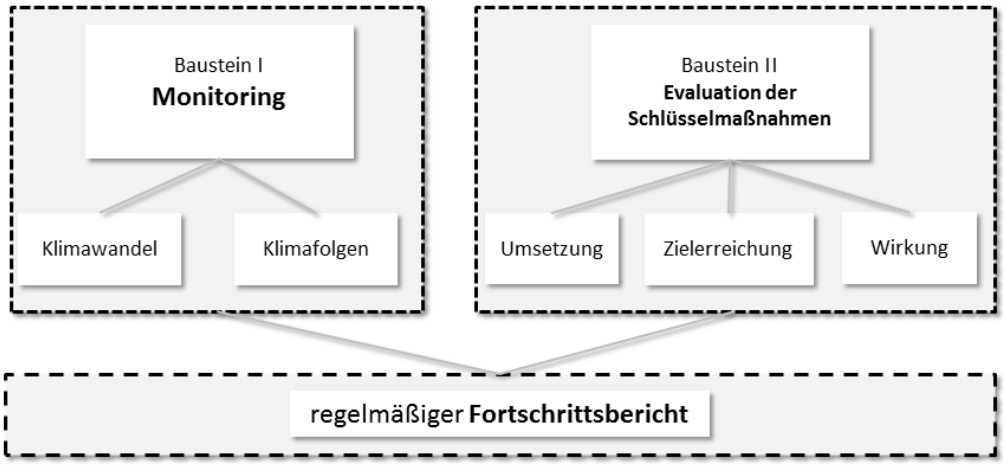


Abb. 26: Zentrale Bausteine für den regelmäßigen Fortschrittsbericht

Im **Monitoring-Baustein** steht zunächst eine kontinuierliche Auswertung von Erlanger Klimastationen (z.B. Stationen der Stadtwerke, des Entwässerungsbetriebs, des Uniklinikums und des Geographischen Instituts) sowie zusätzlicher regionaler Stationen im Fokus (DWD Stationen Möhrendorf-Kleinseebach und Nürnberg Flughafen). Hiermit soll ermittelt werden, ob der (Stadt-)Klimawandel – als zentrale Prämisse für die Bewertung der Handlungsnotwendigkeit sowie für die Auswahl der Maßnahmen – im vorhergesagten Ausmaß stattfindet. Für die Stationen sollten Zeitreihenanalysen für die in Kapitel 2 definierten Cluster (Temperaturzunahme/Hitze, Niederschlagsverschiebung, Starkregen und Wind/Stürme) bzw. deren Einzelparamater durchgeführt werden. Dabei sind sowohl die Betrachtung von jährlichen, jahreszeitlichen und monatlichen Werten als auch von einzelnen Extremwetterereignissen relevant. Grundsätzlich sollten die Betrachtungsjahre in den Kontext langjähriger Mittel- und Extremwerte gesetzt werden. Als Kompromiss zwischen einem engmaschigen Monitoring und der Erfassung langfristiger klimatischer Trends, wird die Auswertung der Klimastationen im 5 Jahres-Turnus vorgeschlagen.

Darüber hinaus soll im Monitoring-Baustein der Frage nachgegangen werden, zu welchen Auswirkungen Extremereignisse – ggf. auch allmähliche Klimaveränderungen – im Stadtgebiet im Berichtszeitraum geführt haben. Die zu betrachtende Grundgesamtheit stellen dabei insbesondere die in Kapitel 3 skizzierten potentiellen Betroffenheiten dar. Als Erhebungsmethode werden Experteninterviews mit

Vertretenden der Fachämter empfohlen, die ggf. bereits in die Erstellung des Anpassungskonzeptes eingebunden waren. Die Erhebung sollte parallel zur Auswertung der Klimastation alle fünf Jahre erfolgen werden. Bei einzelnen Extremereignissen oder sich abzeichnenden Schäden durch den Klimawandel, sind jedoch anlassbezogene Untersuchungen der Ursachen, Auswirkungen und des Umgangs mit den Folgen anzustreben.

Der **Evaluations-Baustein** betrachtet die Umsetzung der Schlüsselmaßnahmen sowie deren Wirkungs- bzw. Zielerreichungskontrolle (Abb. 27). Kernelement sollten Leitfragen gestützte (Telefon-)Interviews mit den federführenden Verwaltungseinheiten bzw. Institutionen sein. Darin ist zunächst der Stand der Umsetzung der jeweiligen Maßnahme zu eruieren. Sofern Maßnahmen – ggf. im Zusammenhang mit konkreten Vorhaben – bereits vollständig umgesetzt worden sind, sollten deren Wirksamkeit bzw. die angestrebten Ziele im Fokus der Interviews bzw. der Evaluierung stehen. Die Wirksamkeit kann dabei je nach Schlüsselmaßnahme entweder (semi-)quantitativ (bspw. mit Hilfe von Messungen oder Modellierungen) oder qualitativ (etwa durch Fachgespräche) analysiert werden. Der Grad der Zielerreichung ist eng verknüpft mit den Zielen der Klimaanpassung. Da diese ausschließlich einen qualitativen Charakter aufweisen, erfolgt auch die Zielerreichungskontrolle auf qualitativer Ebene.

Es wird empfohlen, die Ziele im Rahmen des ersten Fortschrittsberichtes anhand von Indikatoren zu operationalisieren, um einen transparenten Bewertungsmaßstab zu generieren. Maßnahmen, die sich zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch in der Umsetzung befinden, sollten im Sinne eines Zwischenfazits analysiert werden. In beiden Fällen ist eine Bewertung dahingehend vorzunehmen, inwiefern die Maßnahme als erfolgreich und abschließend umgesetzt betrachtet werden kann oder ob Nachsteuerungen vorgenommen werden sollten. Bei (noch) nicht umgesetzten Maßnahmen stehen die Identifizierung von möglichen Umsetzungshindernissen sowie Empfehlungen zur Überwindung der Hindernisse im Mittelpunkt des Evaluationsprozesses. Je nach Maßnahme kann das die Erarbeitung konkreter Arbeitsschritte zur Unterstützung der Umsetzung oder auch die Modifikation einzelner Schlüsselmaßnahme bedeuten. In Einzelfällen kann auch die Aufgabe einer Schlüsselmaßnahme erforderlich sein, bspw. wenn sich die Rahmenbedingungen für deren Notwendigkeit geändert haben oder die Maßnahme nicht als wirksam für die Zielerreichung gesehen wird. In diesem Fall gilt es, die Entscheidung transparent zu begründen und zu prüfen, ob die ursprünglich angedachten Ziele über andere Maßnahmen erreicht werden können. Im Gegensatz zum 5 Jahres-Rhythmus des Monitorings wird dabei zu einer jährlichen Evaluation der Maßnahmen geraten.

Die Ziele des jüngst beschlossenen Zukunftskonzepts „Grün in Erlangen 2018“ decken sich vielfach mit denen des Klimaanpassungskonzepts. Folglich ist dessen Umsetzung mit zu berücksichtigen.

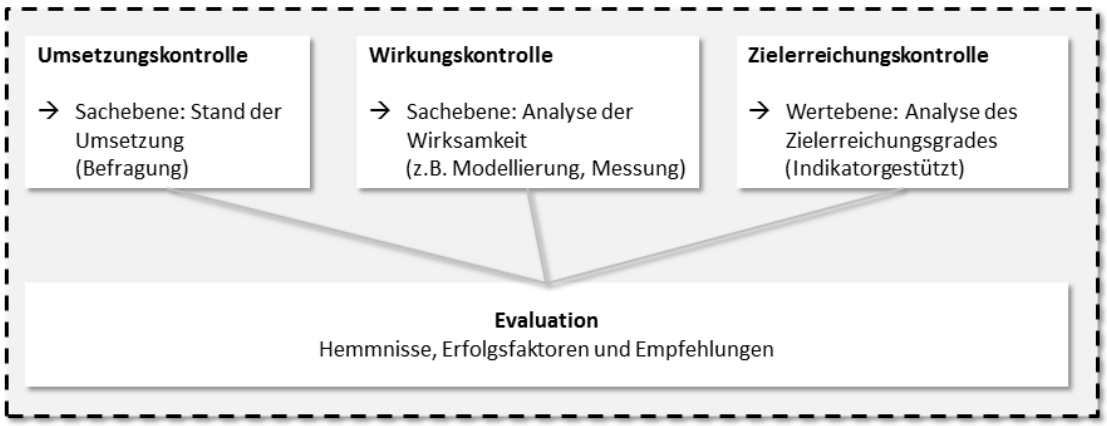


Abb. 27: Schema zur Evaluation der Schlüsselmaßnahmen

4.5 STRATEGIE ZUR KOMMUNIKATION DES ANPASSUNGSKONZEPTES IN DIE STADTGESELLSCHAFT

Für eine langfristig erfolgreiche Umsetzung des Erlanger Klimaanpassungskonzepts ist eine transparente, breite Kommunikation in die Öffentlichkeit essentiell. Es soll ein Bewusstsein in der Bevölkerung, der Politik und der Wirtschaft für den bereits heute bestehenden Handlungsbedarf geschaffen werden, der sich durch die aktuell auftretenden klimatischen Veränderungen sowohl für Erlangen als auch für die individuellen Mitglieder der Stadtgesellschaft ergibt. Dies soll auf vier Zielebenen der Kommunikationsstrategie nach Prutsch et al. (2014: 10f.) geschehen:

1. Sensibilisierung und Akzeptanzförderung erhöhen: Information der Stadtbevölkerung über den Klimawandel, dessen Auswirkungen und den Anpassungsbedarf
2. Voraussetzungen zum Handeln schaffen: Befähigung betroffener AkteurInnen, Anpassungsmaßnahmen zur (Eigen)vorsorge zu ergreifen
3. Zum Handeln motivieren: Anregung der Stadtbevölkerung durch Kommunikationsaktivitäten, eigenständig Maßnahmen umzusetzen
4. Akzeptanz fördern: Durch geeignete Kommunikationsmaßnahmen Akzeptanz für Maßnahmen erhöhen, die zunächst mit Skepsis oder Widerwillen gesehen werden

Das Bewusstsein für den Klimawandel und dessen globale Auswirkungen steigt zwar stetig, doch viele sind sich der Folgen, die bereits heute im eigenen Alltag vorkommen, noch nicht bewusst. Die meisten Projektionen beziehen sich auf einen Zeitraum von 50-100 Jahren und die in Deutschland bereits spürbaren Auswirkungen werden noch kaum mit dem globalen Klimawandel in Verbindung gebracht. Deshalb wird empfohlen, bei der Kommunikation des Klimawandels einen persönlichen Bezug herzustellen, sodass die individuelle Risikowahrnehmung gesteigert wird (vgl. Grothmann 2017: 9f). Das Anknüpfen an bestehende Erfahrungen wie Extremwetterereignisse und damit verbundene Auswirkungen auf den Arbeitsalltag oder die Freizeitgestaltung kann hier helfen. Außerdem kann es förderlich sein, Kommunikationselemente vorzubereiten und diese an geeigneten Momenten wie an Heißen Tagen oder nach Starkregenereignissen einzusetzen, um die erhöhte Aufmerksamkeit zu nutzen.

Eine einseitige Kommunikation von Risiken und Worst-Case-Szenarien sollte vermieden werden, da dadurch schnell Überforderungs- und Ohnmachtgefühle ausgelöst werden und Adressatinnen bzw. Adressaten „abschalten“ (vgl. Grothmann 2017: 10, Prutsch et al. 2014: 24). Positive Emotionen können durch die Betonung positiver Aspekte im Zusammenhang mit Klimaanpassungsmaßnahmen wie Lebensqualität, Wohlbefinden und Gestaltung erzielt werden. Auch gute, innovative Beispiele und bereits umgesetzte Maßnahmen können inspirieren und zum Nachmachen anregen (vgl. Prutsch et al. 2014: 22).

Bei Verunsicherung fällt es Vielen schwer, Entscheidungen zu treffen. Daher sollten mit der Darlegung von Informationen gleichzeitig immer Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Beispielsweise kann das Vorsorgeprinzip erläutert werden, nach dem vorsorgende Maßnahmen auch dann bereits ergriffen werden, wenn das Auftreten einer Gefahr noch nicht sicher ist. Dies kann anhand von Bezügen zum Alltag (Versicherungen, Vorsorgeuntersuchungen) unterstützt werden. (vgl. Prutsch et al. 2014: 16f.)

Zielgruppen

Bei der Kommunikation der Klimaanpassung sollte auf die verschiedenen Zielgruppen eingegangen werden. Innerhalb einer Zielgruppe herrschen vergleichbare Wertvorstellungen, Erfahrungen, Rollenbilder etc., weshalb jeweils die entsprechende Sprache, Metaphern und Bilder verwendet werden

sollten (vgl. Prutsch et al. 2014: 22). Die Zusammenarbeit mit „Botschafter*innen“ aus einer Zielgruppe erleichtert den Zugang und das Erreichen von Aufmerksamkeit. Oft wird Klimawandel und -anpassung von Expertinnen und Experten kommuniziert – wird die Kommunikation hingegen von betroffenen Menschen aus dem eigenen Umfeld geführt, kann dies die Glaubwürdigkeit und die Relevanz des Themas erhöhen. (vgl. ebd.: 24)

Besonders Jugendliche, Studierende, Migrantinnen und Migranten sowie sozioökonomisch schlechter gestellte Gruppen nehmen Beteiligungsangebote oft nicht wahr. Viele dieser Menschen wohnen jedoch gerade in den Bereichen der Stadt, die gegenüber Hitze und Starkregen am wenigsten geschützt sind – wenig oder bioklimatisch nicht sehr effektive Vegetation, wenig Aufenthaltsmöglichkeiten in unmittelbarer Wohnumgebung zum Abkühlen wie Balkon oder Garten, schlechter Sanierungsstatus der Gebäude. Deshalb ist eine zielgruppenspezifische Kommunikation mit möglichst verschiedenen Formaten wichtig.

Formate

Generell ist es empfehlenswert, möglichst viele Formate miteinander zu kombinieren, um eine breite Masse der Bevölkerung zu erreichen. Das Einbinden der Kommunikation des Klimaanpassungskonzepts in bereits vorhandene Medienformate Erlangens (Newsletter, Facebookseite, etc.) sollte eigenständigen Formaten vorgezogen werden. Ein kurzer Absatz im Newsletter, der bereits von vielen abonniert wird, ist vielleicht effektiver als eine ganze Broschüre, die jedoch nur wenige Bürger*innen lesen. Dennoch gehören auch Papiermedien zu einer umfassenden Kommunikationsstrategie. Öffentliche Veranstaltungen erreichen zwar weniger Menschen als Flyer und Broschüren, bieten aber dafür die Möglichkeit zur persönlichen, interaktiven Kommunikation. Die Auftaktveranstaltung bietet sich zum Zeitpunkt des Durchführens der ersten Maßnahme an. Mit Social Media wird ein großes Publikum verschiedenster Zielgruppen erreicht, die Handhabung ist kostengünstig und es erlaubt den Dialog zwischen Nutzer*innen und Stadtverwaltung. So können im laufenden Prozess noch Bedürfnisse und Interessen und das lokalspezifische Wissen der Bevölkerung eingearbeitet werden. Dieses Potenzial wird oft vernachlässigt. Übliche Formate zur öffentlichen Kommunikation sind folgende:

- Flyer/Flugblatt,
- Broschüre
- Infografik
- Informations-Website
- Podcast/Radiobeiträge
- Video
- Social Media
- Informationsveranstaltung (s.u. Infobox)
- Beratungsgespräch/Einbindung der erarbeiteten Ergebnisse in die vorhandenen Beratungsangebote sowie deren Vernetzung (alle bestehenden Beratungsangebote sollten Kenntnis voneinander haben und ggf. aufeinander verweisen können)

Bestehende Formate der Stadt Erlangen, die genutzt werden können, sind unter anderem:

- Facebookseiten *Erlangen.de* und *Umweltamt Erlangen*
- Twitteraccount *Stadt Erlangen*
- Instagramaccount *erlangen.de*
- Youtubeaccount *Stadt Erlangen*
- Stadtzeitung *Rathausplatz 1*
- Amtsblatt *Die amtlichen Seiten*
- *RathausReport*
- *Newsroom*
- Unterrichtseinheiten und Vorträge durch die Stadt zu verschiedenen Umweltthemen

Themenfelder der Öffentlichkeitsarbeit

Die folgenden Themen sollten in der Öffentlichkeitsarbeit abgedeckt werden, um eine umfassende Information der Erlanger Bürger*innen zu erreichen:

- Allgemeine Informationen zu Klimawandel und -anpassung sowie Sensibilisierung für die spezifischen bzw. individuellen Betroffenheiten
  - Anschauliche Wissensvermittlung über die aktuellen und zukünftigen Auswirkungen der Klimaveränderungen in Erlangen, die vielfältige Betroffenheit aller Bereiche sowie den Begriff Klimaanpassung
  - Förderung des Verständnisses für die klimabedingten Herausforderungen und deren Ursachen sowie für die individuelle Betroffenheit
- Was leistet die Stadt (Erlangen) zur Klimaanpassung und warum?
  - Bekanntmachung der Ziele des Erlanger Klimaanpassungskonzepts in der Öffentlichkeit und Berichte über Aktivitäten und Maßnahmen
  - Bewerbung der Möglichkeiten zur Partizipation und Einflussnahme
- Welche Handlungsmöglichkeiten stehen jedem einzelnen zur Verfügung?
  - Bereitstellung von Hinweisen und Hilfestellungen, wie jedes Mitglied der Erlanger Bevölkerung einen Beitrag zur Klimaanpassung leisten kann

Faktoren für eine erfolgreiche städtische Kommunikation zur Klimaanpassung

Damit das Thema Klimaanpassung in Erlangen in den Köpfen bleibt und die Öffentlichkeitsarbeit Früchte tragen kann, sollten die folgenden drei Faktoren stets berücksichtigt werden:

- Transparent
  Nicht nur die Umsetzung von Maßnahmen und deren Erfolg, auch der Gesamtprozess und die Gründe der Entscheidungsfindung sollten anschaulich kommuniziert werden. Bestehende Unsicherheiten und mögliche Konflikte wie beispielsweise bei Wegnahme oder Veränderung von Stellplatzflächen sollten von Anfang an offen dargelegt werden. So kann die Akzeptanz für das Handeln der Stadtverwaltung verbessert sowie Kritik vorgebeugt werden.
- Kontinuierlich
  Um die Erlanger Bevölkerung nachhaltig für die Thematik zu sensibilisieren, sollte sie wiederholt und auf unterschiedliche Arten informiert werden. So wird das Bewusstsein für bestehende Risiken und Gefahren gestärkt.
- Sichtbar
  Viele umgesetzte Maßnahmen der Stadt und anderen Akteuren dienen neben weiteren Aspekten bereits der Klimaanpassung, werden aber als solche nur selten dargestellt – dementsprechend spielt die Klimaanpassung in der Öffentlichkeit noch keine große Rolle. Zukünftig sollte das Thema als (weiterer) Handlungsgrund klar benannt werden. Klimaanpassung kann durch die Überschneidung mit dem Begriff Lebensqualität positiv vermarktet werden.

5. Zusammenfassung

Das vorliegende Klimaanpassungskonzept zielt auf die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an bereits beobachtete und zukünftig zu erwartende Klimaveränderungen in Erlangen ab. Das Konzept teilt sich in einen analytischen Teil auf, in dem Betroffenheiten durch den Klimawandel ermittelt werden, und einen partizipativ-handlungsorientierten Teil, der auf die langfristige Umsetzung des Anpassungsprozesses ausgerichtet ist. Das Projekt wurde als „Klimaschutzteilkonzept zur Klimaanpassung“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative durch das Bundesumweltministerium gefördert (Förderkennzeichen 03K06266).

Eine wesentliche Datenbasis für das Klimaanpassungskonzept ist das Ausmaß des beobachteten und prognostizierten Klimawandels in Erlangen, das anhand von Stationsdaten des Deutschen Wetterdienst (gemessener Klimawandel) bzw. auf Grundlage regionaler Klimamodelle analysiert wurde (erwarteter Klimawandel). Die Prognosen gelten für die nahe (2021-2050), mittlere (2041-2070) und ferne Zukunft (2071-2100) und stützen sich auf Modellensembles der EURO-CORDEX-Initiative, die verschiedene Entwicklungspfade der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigen. Zusammengefasst gelten für den Erlangen folgende **Kernaussagen zum erwarteten Klimawandel**:

Temperaturzunahme und Hitze

- Zunahme der Jahresmitteltemperaturen
- Mehr Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte
- Häufigere und länger andauernde Hitzeperioden
- Abnahme von Frost- und Eistagen

Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

- Zunahme der Jahresniederschlagsmenge
- Trockenere Sommer, feuchtere Winter
- Längere Trockenperioden im Sommer
- Abnahme der klimatischen Wasserbilanz im Sommer

Starkregen

- Zunahme der Niederschlagsintensität
- Tendenziell häufigere Starkregenereignisse

Wind und Sturm

- Mindestens gleichbleibende Sturmaktivität

Von den ausgewerteten klimatischen Veränderungen weisen die Cluster Temperaturzunahme und Hitze sowie Starkregen die stärksten Klimaänderungssignale auf. Niederschlagsverschiebung und Trockenheit sowie insb. Sturmereignisse zeigen dagegen (noch) Modellunsicherheiten in den Änderungssignalen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde in der Betroffenheitsanalyse untersucht, wo sich die am stärksten von den Auswirkungen des Klimawandels betroffenen Bereiche in Erlangen befinden. Mit der Kenntnis der **räumlichen Betroffenheiten** können Schwerpunkte identifiziert und gezielte Maßnahmen zur Anpassung entwickelt werden. Teilweise existieren entsprechende räumliche Informationen in Erlangen bereits (z.B. Berechnung von Überschwemmungsgebieten im Stadtgebiet), teilweise wurde weiterer Analysebedarf erkannt (z.B. Schlüsselmaßnahme M6 „Erstellung einer Starkregen-gefahrenkarte“). Im Hinblick auf die Aufenthaltsqualität in der Stadt und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit rückt die Überwärmung städtischer Räume in den Fokus. Um zu diesem Thema eine geeignete Datenbasis zu schaffen, wurde die Stadtklimaanalyse aus dem Jahr 2002 im Rahmen des Klimaanpassungskonzepts aktualisiert (siehe separater Berichtsteil B „Stadtklimaanalyse Erlangen – Methodik und Ergebnisse“).

In einer **funktionalen Betroffenheitsanalyse** wurde zudem unter Einbeziehung der fachlichen Expertise lokaler Vertreterinnen und Vertreter innerhalb sowie außerhalb der Stadtverwaltung analysiert, in welchen kommunalen Handlungsfeldern besondere Herausforderungen durch die zu erwartenden Klimaveränderungen bestehen (Menschliche Gesundheit, Wasser, Natur und Stadtgrün, Land- und Forstwirtschaft, Bauwesen, Verkehr, Energie, Wirtschaft). Dabei wurden die für Erlangen relevantesten Klimawirkungen bewertet und priorisiert sowie sechs **Ziele zur Anpassung** formuliert:

1. ERLANGEN BLEIBT GESUND!
   Schutz der Bevölkerung vor Hitze und Allergenen
2. ERLANGEN KOMMT GUT AN!
   Sicherung des Verkehrs während und nach Extremwetterereignissen
3. TROCKENE FÜßE IN ERLANGEN!
   Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen
4. ERLANGEN BEHÄLT EINEN KÜHLEN KOPF!
   Energieeffiziente Verbesserung des Innenraumklimas bei Hitze
5. GRÜNE WOHLFÜHLOASEN IN ERLANGEN!
   Schutz des Stadtgrüns vor Klimaeinflüssen und Verbesserung des Mikroklimas
6. ERLANGER ÖKOSYSTEME BEWAHREN UND BIODIVERSITÄT STÄRKEN!
   Schutz von Biotopen, Böden und Gewässern vor Klimawandelfolgen

Im nächsten Schritt wurde ein **Maßnahmenkatalog** erstellt, der für alle laufenden sowie zukünftig denkbaren Maßnahmen zur Erreichung der sechs Ziele zusammenträgt. Wiederum unter Akteursbeteiligung wurden aus diesem Katalog diejenigen Maßnahmen ausgewählt, die für die Umsetzung des Anpassungskonzeptes als besonders zielführend angesehen werden und die aus Gründen der Dringlichkeit oder des Leuchtturmeffekts möglichst kurzfristig vorbereitet werden sollten. Insgesamt wurden 12 solcher „Schlüsselmaßnahmen“ abgestimmt und jeweils in einem Steckbrief beschrieben, worum es bei den Maßnahmen geht, welche Akteure bei der Umsetzung beteiligt werden sollten, mit welchen Kosten zu rechnen ist und welche Anknüpfungspunkte bestehen bzw. Wechselwirkungen beachtet werden müssen.

Erlanger Schlüsselmaßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels

- M1. Verschattung öffentlicher Räume
- M2. Konzept zur Pflege und zum Schutz von Bäumen und zur Schaffung neuer Baumstandorte
- M3. Klimaangepasste Herstellung und Unterhaltung von Verkehrsflächen
- M4. Umsetzung des Schwammstadtprinzips bei Neuplanungen
- M5. Erhaltung und Schaffung zusätzlicher Retentionsflächen für das Abwassersystem
- M6. Erstellung einer Starkregengefahrenkarte
- M7. Verbesserung der Arbeitsbedingungen und des Innenraumklimas in öffentlichen Gebäuden
- M8. Kampagne zur Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung
- M9. Klimagerechte Grünflächenentwicklung
- M10. Erstellung und konsequente Umsetzung der Freiflächengestaltungssatzung
- M11. Klimagerechte Waldentwicklung
- M12. Schaffung naturnaher und klimagerechter Wasserflächen

Die Kombination aus (möglichst kurzfristig umzusetzenden) Schlüsselmaßnahmen und weiteren Maßnahmenoptionen zielt auf die langfristige Umsetzung des Anpassungsprozesses ab. Um die **Verstetigung des Klimaanpassungsprozesses** über das Ende dieses Projekts zu gewährleisten, schließt der Bericht mit zwei konzeptionellen Bausteinen ab: Ein **Controlling-Konzept** skizziert, wie die Umsetzung des Konzeptes in Zukunft regelmäßig kontrolliert und auf Stärken, Schwächen und Hemmnisse überprüft werden kann. Schließlich zeigt eine **Kommunikationsstrategie** geeignete Wege, um die Ergebnisse in die (Fach-) Öffentlichkeit zu tragen.

Literaturnachweis

Boden T.A., Marland G., Andres R.J. (2017): Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO_2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. *https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf* (Abruf 11.06.2019).

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels. Online: *www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf* (Abruf 11.06.2019).

Cubasch U., Wuebbles D., Chen D., Facchini M.C., Frame D., Mahowald N., Winther J.-G. (2013): Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Deutscher Städtetag (2019): Anpassung an den Klimawandel in den Städten. Forderungen, Hinweise und Anregungen.

Deutschländer T., Mächel H. (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland.

Donat M. G., Leckebusch G. C., Pinto J. G., Ulbrich U. (2010): European storminess and associated circulation weather types: future changes deduced from a multi-model ensemble of GCM simulations. Climate Research 42:27–43.

DWD – Deutscher Wetterdienst (1989): Klimagutachten zur Entwicklungs- und Flächennutzungsplanung der Stadt Erlangen. Wetteramt Nürnberg.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2016): Nationaler Klimareport 2016.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2018): Wetterlexikon (Homepage). Online:*www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html* (abgerufen am 29.01.2018).

EU-Kommission (2007): Grünbuch. Anpassung an den Klimawandel – Optionen für Maßnahmen der EU.

EU-Kommission (2009): Weissbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen.

EU-Kommission (2013): Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Online: *http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0069_de.htm* (Abruf 11.06.2019).

Fink A. H., Pohle S., Pinto J. G., Knippertz P. (2012): Diagnosing the influence of diabatic processes on the explosive deepening of extratropical cyclones. Geophysical Research Letters 39:L07803.

Giorgi F., Jones C., Asrar G. R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework, WMO Bulletin, 58(3):175-183.

GERICS Climate Service Center Germany (2019): Schlecht-Schlaf-Index (Homepage). Online: *https://gerics.de/products_and_publications/publications/IPCC/detail/078103/index.php.de* (Abruf 21.06.2019).

Grothmann, Torsten: Psychologische Eckpunkte erfolgreicher Klima(schutz)kommunikation. Erschienen in: I. López (Hg.), CSR und Wirtschaftspsychologie. Psychologische Strategien zur Förderung nachhaltiger Managemententscheidungen und Lebensstile (S. 221-240). Berlin

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

Kaspar, F., G. Müller-Westermeier, E. Penda, H. Mächel, K. Zimmermann, A. Kaiser-Weiss, T. Deutschländer: Monitoring of climatechange in Germany – data, products and services of Germany`s National Climate Data Centre. Adv. Sci. Res., 10, 99–106, 2013

LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019a): Das weiß-blaue Klima (Homepage). Online: *www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/bayern/index.htm* (Abruf 11.06.2019)

LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019b): Klimaanpassung in Bayern (Homepage). Online: *www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/index.htm* (Abruf 11.06.2019).

LHH München (Auftraggeber, 2016): Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Landeshauptstadt München. Redaktion: bifa Umweltinstitut GmbH (Augsburg) und Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW, Berlin) in Kooperation mit dem Referat für Gesundheit und Umwelt der LHH München und dem Deutschen Wetterdienst.

Linke C. et al. (2016): Leitlinien zur Interpretation regionaler Klimamodelldaten des Bund-Länder-Fachgespräches „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“, Potsdam, 56 S.

McDonald R. E. (2011): Understanding the impact of climate change on Northern hemisphere extra-tropical cyclones. Climate Dynamics 37:1399–1425.

Moss R. H., Edmonds J. A., Hibbard K. A., Manning M. R., Rose S. K., van Vuuren D. P., Carter T. R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G. A., Mitchell J. F. B., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S. J., Stouffer R .J., Thomson A. M., Weyant J. P., Wilbanks T. J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756.

Peters G.P., Andrew R.M., Boden T., Canadell J.G., Ciais P., Le Quéré C., Marland G., Raupach M.R., Wilson C. (2012): The challenge to keep global warming below 2 °C. Nat. Clim. Change 3, 4–6.

Piani C., Haerter J.O., Coppola E. (2010): Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. Theor Appl Climatol 99:187–192

Pinto J. G., Ryers M. (2017): Winde und Zyklonen. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland.

Pinto J. G., Zacharias S., Fink A. H., Leckebusch G. C., Ulbrich U. (2009): Factors contributing to the development of extreme North Atlantic cyclones and their relationship with the NAO. Climate Dynamics 32:711–737

Prutsch, A., Glas, N., Grothmann, T., Wirth, V., Dreiseitl-Wanschura, B., Gartlacher, S., Lorenz, F. & Gerlich, W. (2014): Klimawandel findet statt. Anpassung ist nötig. Ein Leitfaden zur erfolgreichen Kommunikation. Umweltbundesamt, Wien.

Rauthe M., Malitz G., Gratzki A., Becker A. (2014): Starkregen. In: Becker P., Hüttl R. F. (Hrsg.): Forschungsfeld Naturgefahren. Potsdam und Offenbach, S. 112.

ReKliEs-De (2017): Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland - Nutzer-handbuch. doi: 10.2312/WDCC/ReKliEsDe_Nutzerhandbuch

Samimi, C. und Strobel, B. E. (2003/04): Das Stadtklima von Erlangen unter Berücksichtigung kleinräumiger stadtklimatischer Strukturen. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft. Bd. 50/51: S. 147-178.

Stadt Erlangen (Auftraggeber, 2016): Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Erlangen. Redaktion: Energievision Franken GmbH (Bamberg).

Stadt Erlangen (Hrsg., 2018): Grün in Erlangen 2018 – Ein Zukunftskonzept. Redaktion: bgmr Landschaftsarchitekten (Berlin), Betrieb für Stadtgrün, Abfallwirtschaft und Straßenreinigung der Stadt Erlangen.

Stadt Erlangen (Hrsg., 2019): Klimaanpassungskonzept der Stadt Erlangen. Teil B: Stadtklimaanalyse Erlangen – Methodik und Ergebnisse. Redaktion: GEO-NET Umweltconsulting (Hannover) und MUST Städtebau (Köln).

Stadt Nürnberg (Hrsg., 2012): Handbuch Klimaanpassung. Bausteine für die Nürnberger Klimaanpassungsstrategie. Redaktion: Planungsgruppe Landschaft Nürnberg, Umweltamt Nürnberg und Universität Erlangen-Nürnberg.

STMUV - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg., 2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie.

Strobel, B. E. (2002): Klima-Mosaik der Stadt Erlangen. Diplomarbeit am Institut für Geographie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Themeßl M.J., Gobiet A., Leuprecht A. (2011): Empirical-statistical downscaling and error correction of daily precipitation from regional climate models. Int J Climatol 31(10):1530–1544

UBA – Umweltbundesamt (2015): Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau. S. 258. Online: *www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf(Abruf* (Abruf 11.06.2019).

Anhang

ANHANG I: BESTANDSAUFNAHME: KONZEPTEN UND STUDIEN MIT RELEVANZ FÜR DAS KLIMAANPASSUNGSKONZEPT

Tab. A 1: Zusammenstellung von Konzepten und Studien in der Stadt Erlangen mit Relevanz für das Klimaanpassungskonzept (KlAK).

Jahr	~~Titel~~ Autor / Link	Beschreibung und Ziele	Ergebnisse	Klimaanpassungs-Relevanz
2004	**Das Stadtklima von Erlangen** Samimi & Strobel in: Mitteilungen der Fränkischen Geograph. Gesellschaft (50/51)	Grundlagenuntersuchung zum Stadtklima in Erlangen auf Basis einer Diplomarbeit zum Klima-Mosaik der Stadt Erlangen (Strobel 2002), dem Stadtklimagutachten des DWD (1989) und einer Thermalbefliegung (1982)	Klimafunktionskarte der Stadt Erlangen	**Geringe Relevanz** → Sehr hohe Relevanz für das Handlungsfeld *Menschliche Gesundheit* (insb. Hitzebelastung) → Datenbasis veraltet – wird im Rahmen des KlAK aktualisiert
2016	**Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Erlangen** Energievision Franken GmbH	Fortschreibung vorhandener Aktivitäten zum Klimaschutz (Untersuchungen, Klimaschutzberichte, Maßnahmenlisten) und Vereinigung dieser in einer gesamtstädtischen Strategie.	- Energie- und CO_2-Bilanz - Potentiale Erneuerbarer Energien - Maßnahmenempfehlungen (u.a. geht das KlAK als Maßnahme aus dem Klimaschutzkonzept hervor)	**Mittlere Relevanz** → Unterschiedliche Zielsetzungen von Klimaanpassung und Klimaschutz, dennoch Synergieeffekte bei den Maßnahmen und insb. Potential zur Nutzung bestehender Netzwerke
2017	**ISEK Erlangen-Südost** Büro PLANWERK, Topos team im Auftrag des Amts für Stadtentwicklung und Stadtplanung	Das Integrierte Städtebauliche Entwicklungskonzept (ISEK) führt bestehende Aktivitäten und Planungen für den Erlanger Südosten zusammen. Ergänzt durch aktuelle Erhebungen und eine breite Akteursbeteiligung soll das ISEK in den kommenden 10-15 Jahren als Leitfaden für die Entwicklung dieses Stadtteiles dienen.	Handlungsprogramm mit Maßnahmen und Projekten für eine integrierte Stadtentwicklung in den fünf zentralen Handlungsfeldern: Gebäude und Wohnen, Soziales Miteinander, Verkehr und Mobilität, Freiraum sowie Bildung und Bewegung.	**Hohe Relevanz** → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen insb. in den Handlungsfeldern *Bauwesen* sowie *Natur und Stadtgrün* → Ergebnisse des KlAK können für den weiteren Prozess genutzt werden (siehe „Soziale Stadt Erlangen-Südost“)
2017	**Überschwemmungsgebiete im Stadtgebiet** Amt für Umweltschutz und Energiefragen: Gewässerschutz	Berechnung der Überschwemmungsgebiete im Stadtgebiet für die Regnitz, die Schwabach, die Aurach und den Seebach auf Grundlage eines HQ_{100} (100-jähriges Hochwasser).	Die Überschwemmungsgebiete gelten als vorläufig gesicherte Gebiete. Damit bedürfen z.B. die Ausweisung neuer Baugebiete oder Errichtung baulicher Anlagen einer Genehmigung der Stadt, die u.a. nur erteilt werden kann, wenn der bestehende Hochwasserschutz nicht beeinträchtigt wird.	**Hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Wasser* → Anpassung an mögliche Zunahme von Hochwasserereignissen infolge steigender Winterniederschläge
2018	**Erlanger Herzenssache - Gemeinsam für unsere Bäume** Amt für Umweltschutz und Energiefragen: Stadtgrün (*www.erlangen.de/stadtbäume)*	Über das Thema Stadtbäume informieren und es von allen Seiten betrachten, Beteiligungsmöglichkeiten anbieten sowie die Arbeit der Fachkräfte hinter den Kulissen öffentlich und nachvollziehbar machen. Geplant ist zudem die Nach- und Neupflanzung einer großen Anzahl von Bäumen. Dafür sollen alle städtischen Ämter und die Leitungsträger einbezogen werden, um Standorte zu finden und Pflanzungen zu ermöglichen.		**Hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Natur und Stadtgrün* → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen u.a. zur Verschattung im öffentlichen Raum
2018	**Zukunftskonzept „Grünkonzept in Erlangen“** bgmr Landschaftsarchitekten	Stadtweites Grünkonzept mit dem Ziel, langfristig wirksame Leitziele und Maßnahmen, sowie kurzfristige Umsetzungsprojekte für das öffentliche Grün in Erlangen zu definieren.	- Bestandserfassung Freiraumsystem - Leitziele, Handlungsschwerpunkte und Maßnahmen - Aktionsplan 2025	**Sehr hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Natur und Stadtgrün* → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen und die räumliche Betroffenheitsanalyse zur Hitzebelastung in der Stadt
laufend	**Gesundheitsregion ^{plus}** Landkreis Erlangen-Höchstadt und Stadt Erlangen: Sportamt	Modellprojekt des LK Erlangen-Höchstadt und der Stadt Erlangen, das als regionales Netzwerk die Gesundheit der Menschen in der Region verbessern soll. Dabei liegt der Fokus auf Chancengleichheit und Partizipation.	Folgende Aufgaben werden im Projekt angegangen (u.a.): - Gesundheitsstrategie als Planungs- und Handlungskonzeptes - Unterstützung von Maßnahmen - Netzwerkstrukturen bilden sowie Kommunikation der Ergebnisse	**Sehr hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Menschliche Gesundheit* → Netzwerk kann als Multiplikator dienen
laufend	**Hochwasserschutzmaßnahme an der Schwabach** Wasserwirtschaftsamt Nürnberg	Die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete hat gezeigt, dass die bereits vorhandenen Schutzanlagen nicht ausreichen, um bei einem hundertjährlichen Hochwasser die Überflutung größerer Siedlungsgebiete durch die Schwabach zu verhindern (insb. im Bereich zwischen Bahnlinie und Essenbacher Straße).		**Hohe Relevanz** → Anpassungsmaßnahme an bereits erkannte Gefahren im Handlungsfeld *Wasser*
laufend	**Konzept Naherholungsgebiet Dechsendorfer Weiher**	Die Entwicklungspotenziale für die Freizeit- und Erholungsnutzung sollen aufgezeigt werden. Identifizierung von Flächen, die für einen Fitnessparcours, Kinderspielplatz und Baumpflanzungen geeignet sind.		**Mittlere Relevanz** → Konzept und insb. dessen Umsetzung mit Auswirkungen auf das Handlungsfeld *Natur und Stadtgrün*
laufend	**Leben am Bach in Eltersdorf**	Gewässerrenaturierung und Verbesserung des Hochwasserschutzes im Innen- und Außenbereich von Eltersdorf.	Umsetzung verschiedener Teilmaßnahmen in 2018/2019 zur Verbesserung des Hochwasserschutzes.	**Hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Wasser* → Anpassung an mögliche Zunahme von Hochwasserereignissen infolge steigender Winterniederschläge

laufend	**Leitlinien zur Gewerbeentwicklung (Entwurf 2017)** Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung	Leitlinien als Orientierung für zukünftige Gewerbeentwicklung, die unabhängig von konkreten Flächen die generelle Zielrichtung der Stadt Erlangen verdeutlichen sollen.	Erfolgreiche Handlungsansätze bei der „Sicherung bestehender Gewerbeflächen“ und der „Innenentwicklung“ sollen weitergeführt werden. Qualitätsstandards für die Entwicklung neuer Gewerbeflächen. Als denkbare Festsetzungen werden u.a. Maßnahmen zur Begrünung genannt.	**Hohe Relevanz** → Auswirkungen auf bzw. Wechselwirkungen mit mehreren Handlungsfeldern (*Wirtschaft, Verkehr, Natur und Stadtgrün*) → Ergebnisse des KlAK in Leitlinien berücksichtigen
laufend	**Sanierung des Hauptsammlers zum Klärwerk** Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen (EBE)	Sanierung des Hauptsammlers vom Regenüberlaufbecken an der Kreuzung Äußere Brucker Str./ Michale-Vogel-Str. bis zum Klärwerk zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit der öffentlichen Entwässerung.	Bauarbeiten voraussichtlich bis Mai 2020	**Mittlere Relevanz** → Keine direkten Anknüpfungspunkte, jedoch Synergien zum Handlungsfeld *Wasser*
laufend bis ca. 2030	**Verkehrsentwicklungsplan** Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung	Grundlage für Planung und Organisation des Verkehrs in Erlangen unter Berücksichtigung aller Verkehrsarten – einzeln und mit Blick auf das Miteinander (ÖPNV, Rad- und Fußverkehr, MIV, Wirtschaftsverkehr).	Anknüpfungspunkte für Maßnahmen in und Wechselwirkungen zu den Handlungsfeldern *Wirtschaft*, *Menschliche Gesundheit* sowie *Natur und Stadtgrün* (bspw. ruhender Verkehr).	**Sehr hohe Relevanz** → Handlungsfeld *Verkehr* → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen

Tab. A 2: Auswahl laufender oder geplanter Vorhaben, für deren Umsetzung die Ergebnisse des Klimaanpassungskonzepts (KlAK) relevant sind.

Status	Vorhaben	Beschreibung und Ziele	Relevanz der Ergebnisse des KlAK für das Vorhaben
laufend bis ca. 2030	**Entwicklung Siemens Mitte**	Im Zuge der Entwicklung des Siemens Campus soll in den kommenden Jahren das innenstadtnahe Quartier „Siemens Mitte“ in weiten Teilen freigezogen werden. Ziel ist es, ein urbanes und gemischt genutztes Quartier mit einem Dienstleistungs- und Büroschwerpunkt entlang der Werner-von-Siemens-Straße zu entwickeln.	**Sehr hohe Relevanz** → Entwicklungsvorhaben im Bereich bestehender Bebauung → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen insb. in den Handlungsfeldern *Bauwesen* sowie *Natur und Stadtgrün* → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, insb. räumliche Betroffenheitsanalyse zur Hitzebelastung
laufend	**Erweiterung des Uni-Südgeländes**	Zur Stärkung des Hochschulstandorts und Sicherung einer geordneten städtebaulichen Entwicklung wurde die Verwaltung beauftragt, die Verfahren zur Änderung des Flächennutzungs-plans und Aufstellung von Bebauungsplänen einzuleiten.	**Hohe Relevanz** → Entwicklungsvorhaben auf bisherigen Freiflächen (eingeschränkter Einfluss der Stadt) → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen
laufend	**Gesamtkonzept Bergkirchweihgelände**	Das Gesamtkonzept soll die gesamte Infrastruktur (u.a. Straßenführung, Wege, Gebäude) und den zwingend erforderlichen Platzbedarf für Nachpflanzungen berücksichtigen. Die aus Sicht der einzelnen Behörden notwendigen Maßnahmen sollen zusammengeführt werden.	**Mittlere Relevanz** → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, z.B. Auswirkungen von Extremereignissen auf Veranstaltungen und Anforderungen an Bäume bei Nachpflanzungen
laufend bis ca. 2030	**Innenstadtentwicklung Erlangen**	Gegenstand der Sanierung in den Gebieten "Erlanger Neustadt und Teile des Quartiers Lorlebergplatz" und "Nördliche Altstadt" ist in erster Linie die Aufwertung des Gebietes durch die Förderung von Baumaßnahmen bei öffentlichen Gebäuden, die Umgestaltung von Straßen, Plätzen, etc. sowie Unterstützung von privaten Initiativen bei Gebäudesanierungen.	**Sehr hohe Relevanz** → Entwicklungsvorhaben im Bereich bestehender Bebauung → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen insb. in den Handlungsfeldern *Bauwesen* sowie *Natur und Stadtgrün* → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, insb. räumliche Betroffenheitsanalyse zur Hitzebelastung
laufend bis ca. 2030	**Siemens Campus**	Entwicklung eines Campusquartiers auf dem Siemens-Gelände südlich der Paul-Gossen-Str. Der erste Abschnitt wird bereits bebaut, der zweite Abschnitt ist in Planung. Aktuell läuft das Bebauungsplanverfahren für den dritten Bauabschnitt des Siemens Campus.	**Hohe Relevanz** → Großflächige Umgestaltung bestehender Bebauung (eingeschränkter Einfluss der Stadt) → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen insb. in den Handlungsfeldern *Bauwesen* sowie *Natur und Stadtgrün*
laufend bis ca. 2030	**Soziale Stadt „Erlangen-Südost“**	Aufwertung des Gebiets Erlangen-Südost u.a. durch die Förderung von Baumaßnahmen bei öffentlichen Gebäuden und Umgestaltung von Straßen, Plätzen sowie öffentlichen Bereichen wie Spiel- und Grünflächen. Grundlage: ISEK Erlangen-Südost	**Sehr hohe Relevanz** → Entwicklungsvorhaben im Bereich bestehender Bebauung → Anknüpfungspunkte für Maßnahmen insb. in den Handlungsfeldern *Bauwesen* sowie *Natur und Stadtgrün* → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, insb. räumliche Betroffenheitsanalyse zur Hitzebelastung
laufend seit 2006	**Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Erlangen-West II**	Entwicklung neuer Wohngebiete auf ca. 34 ha in Büchenbach-West durch die Stadt Erlangen. Bisher wurden zwei Baugebiete realisiert (B-Pläne 410, 411) und mit der Vermarktung im Baugebiet 412 begonnen, während das Baugebiet 413 noch aussteht.	**Sehr hohe Relevanz** → Großflächige Entwicklungsvorhaben auf bisherigen Freiflächen → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, insb. räumliche Betroffenheitsanalyse zur Hitzebelastung
laufend bis ca. 2027	**Stadt-Umland-Bahn**	Die Stadt-Umland-Bahn (StUB) soll Nürnberg, Erlangen und Herzogenaurach verbinden. Aktueller Bearbeitungsstand und nächste Schritte: Vorbereitung Raumordnungsverfahren und Optimierung des Trassenverlaufs im Hinblick auf das Raumordnungsverfahren.	**Hohe Relevanz** → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen, insb. aus dem Handlungsfeld *Verkehr*
beantragt	**Soziale Stadt „Büchenbach Nord“**	Antrag zur Aufnahme des Gebiets „Büchenbach Nord“ in das Bund-Länder-Städtebauförder-programm "Soziale Stadt".	**Sehr hohe Relevanz** → Ergebnisse des KlAK bei Umsetzung berücksichtigen → Umweltgerechtigkeit als mögliches Ziel (Wechselwirkung u.a. zu den Handlungsfeldern *Menschliche Gesundheit*, *Natur und Stadtgrün*)

ANHANG II: KLIMAWANDEL IN ERLANGEN

METHODIK

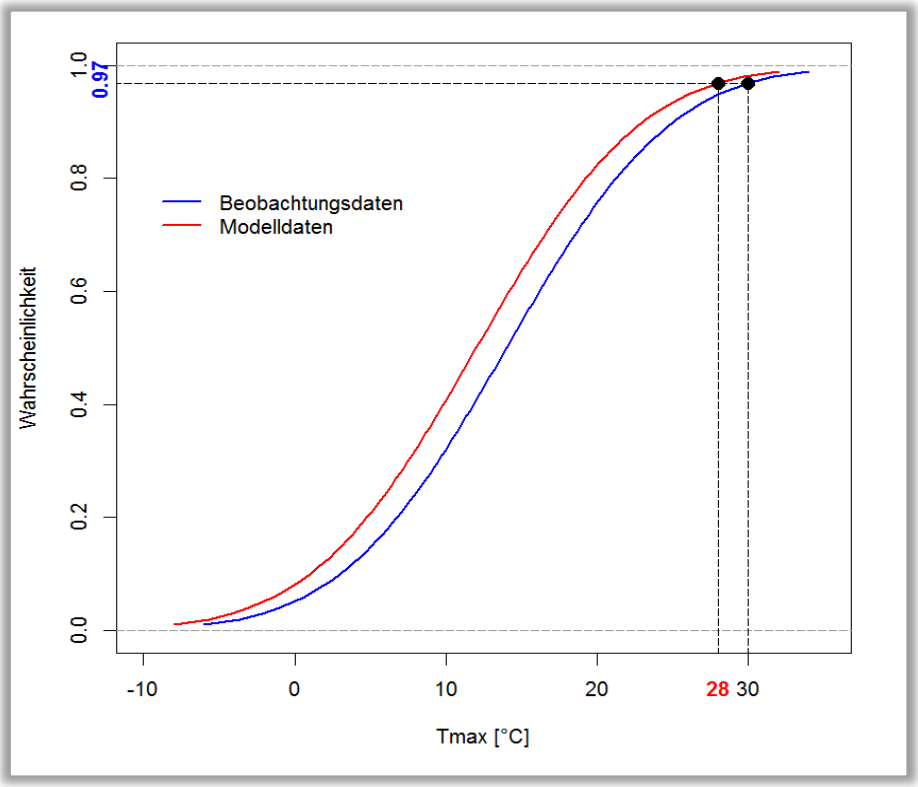


Abb. A 1: Methode der Adjustierung von Schwellenwerten für Kenntage. Die blaue Zahl auf der y-Achse zeigt das berechnete Perzentil des Schwellenwertes und die rote Zahl auf der x-Achse zeigt den adjustierten Schwellenwert.

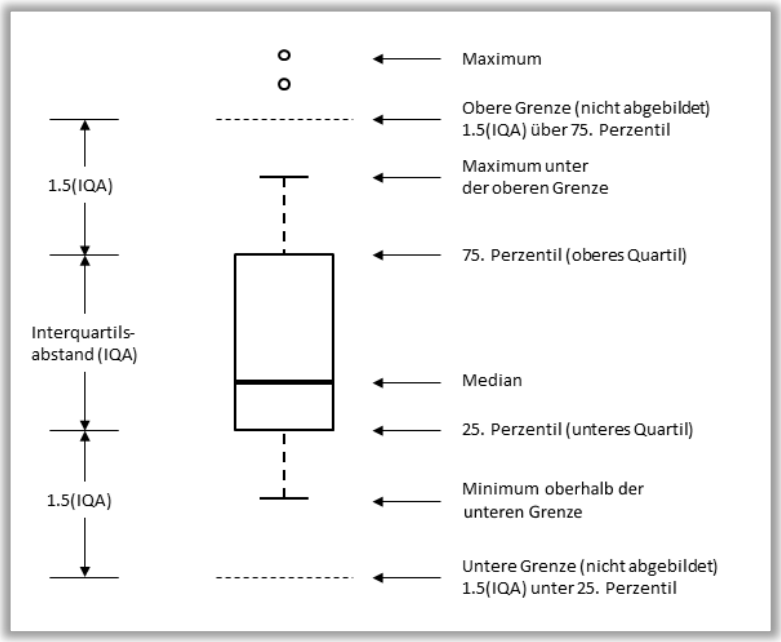


Abb. A 2: Konventionen und Bedeutung der grafischen Darstellung eines Box-Whisker Plots

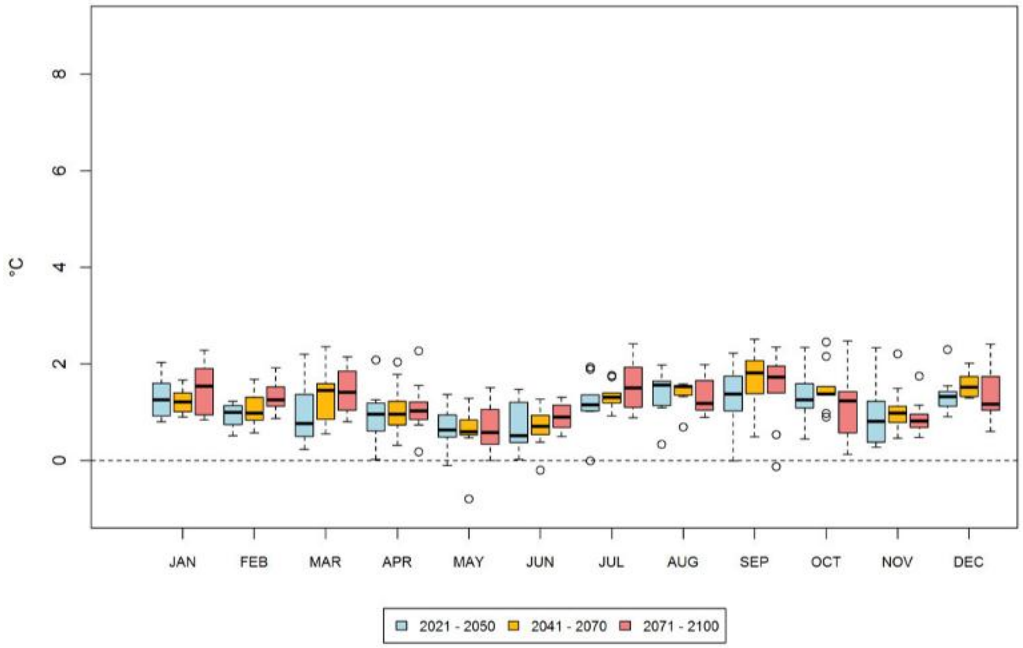


Abb. A 3: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen in Erlangen (RCP 2.6).

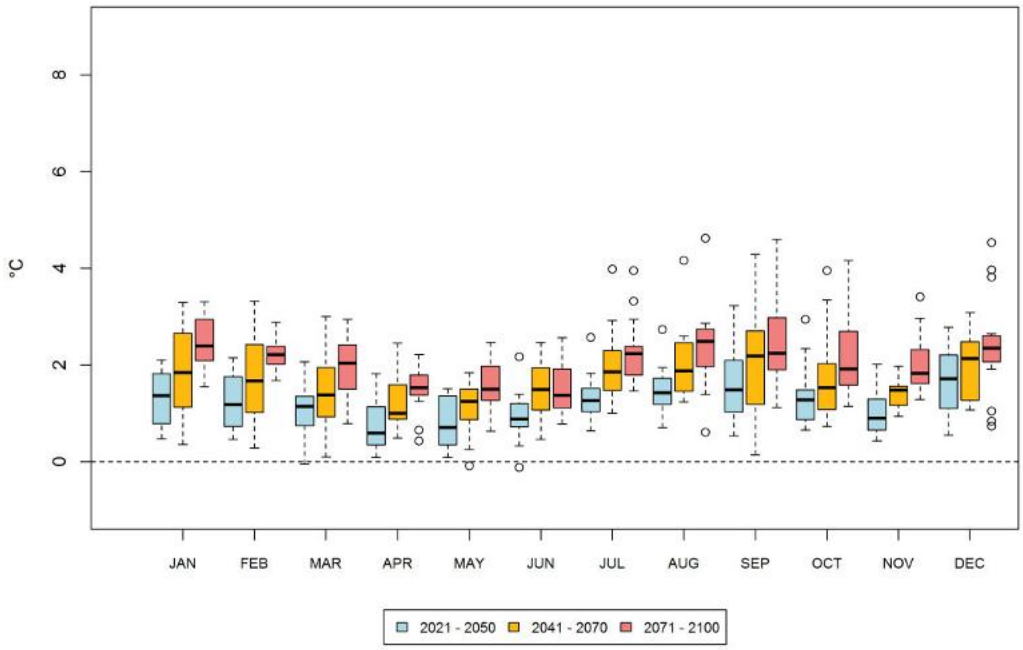


Abb. A 4: Änderung der langjährigen monatlichen Mitteltemperaturen in Erlangen (RCP 4.5).

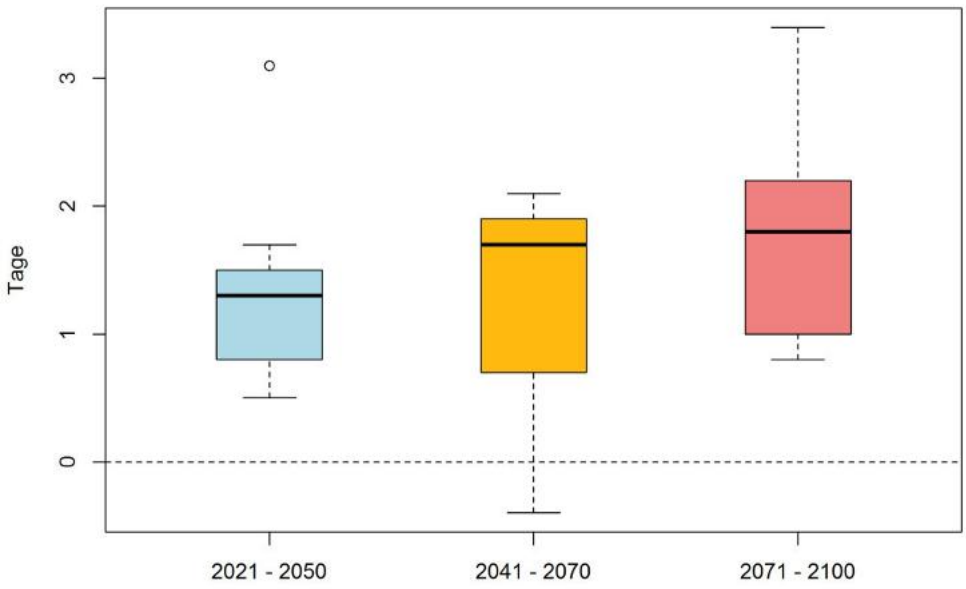


Abb. A 5: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit Tmax ≥ 30 °C) in Erlangen (RCP 2.6).

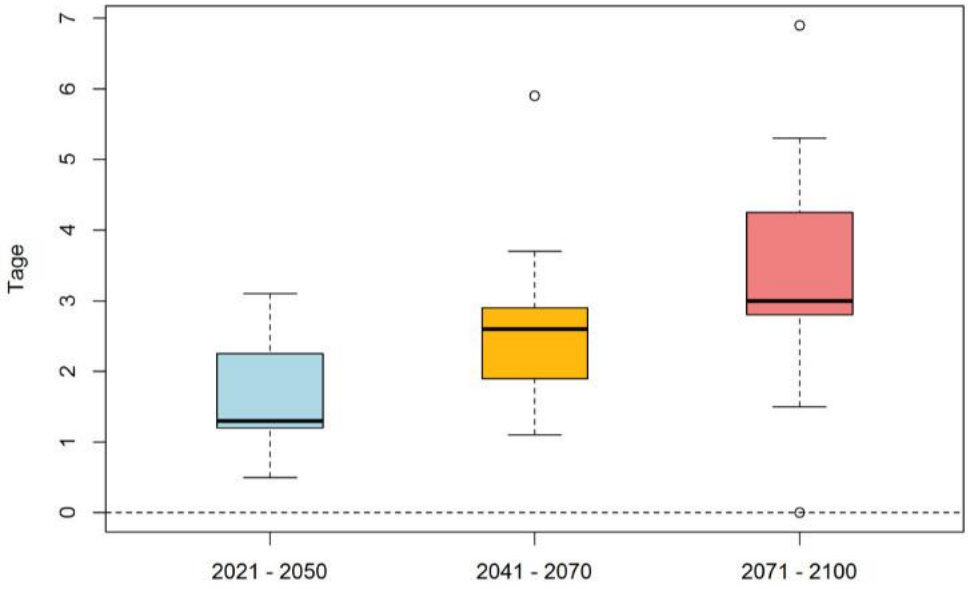


Abb. A 6: Änderung der Länge von Hitzeperioden (aufeinanderfolgende Tage mit Tmax ≥ 30 °C) in Erlangen (RCP 4.5).

NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG

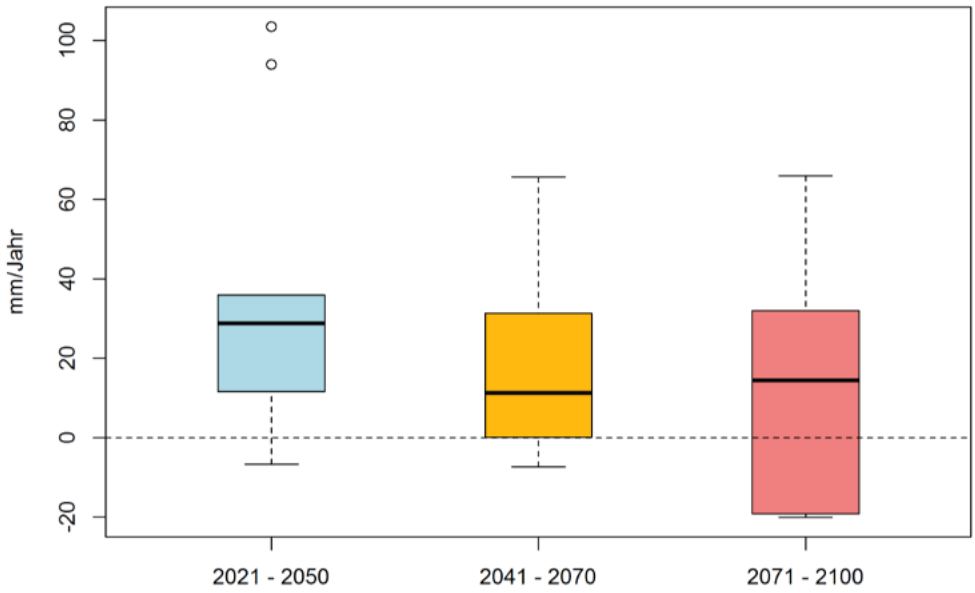


Abb. A 7: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme in Erlangen (RCP 2.6).

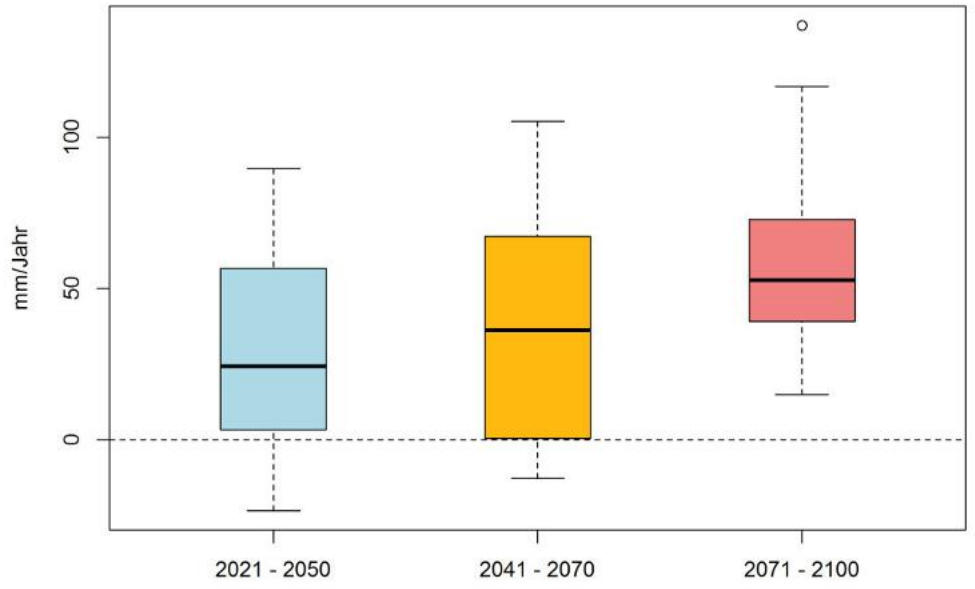


Abb. A 8: Änderung der langjährigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme in Erlangen (RCP 4.5).

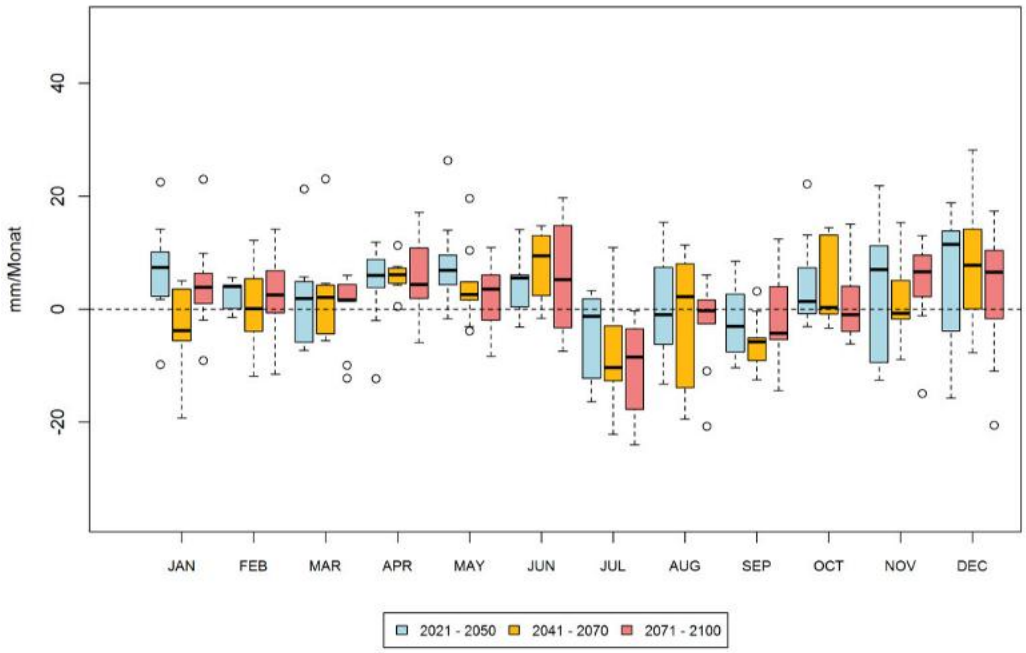


Abb. A 9: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen in Erlangen (RCP 2.6).

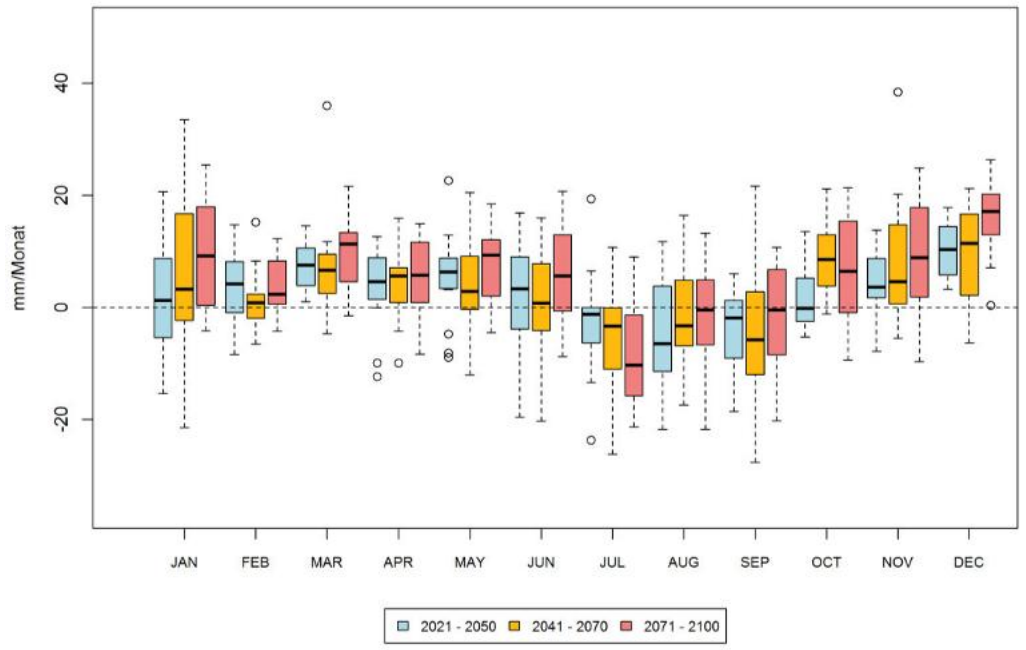


Abb. A 10: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen Niederschlagssummen in Erlangen (RCP 4.5).

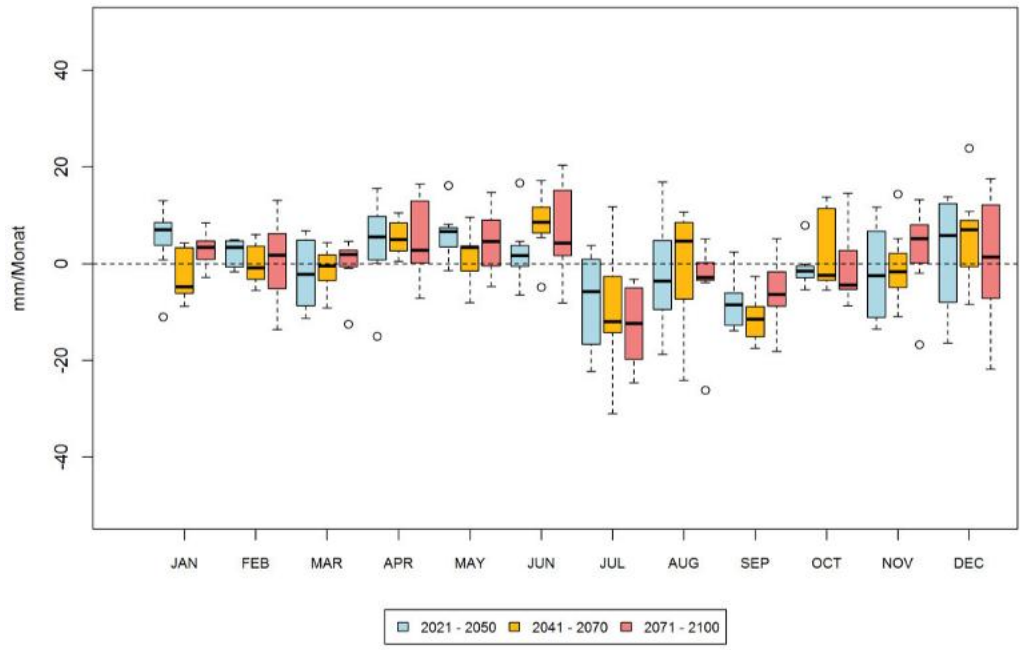


Abb. A 11: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz in Erlangen (RCP 2.6).

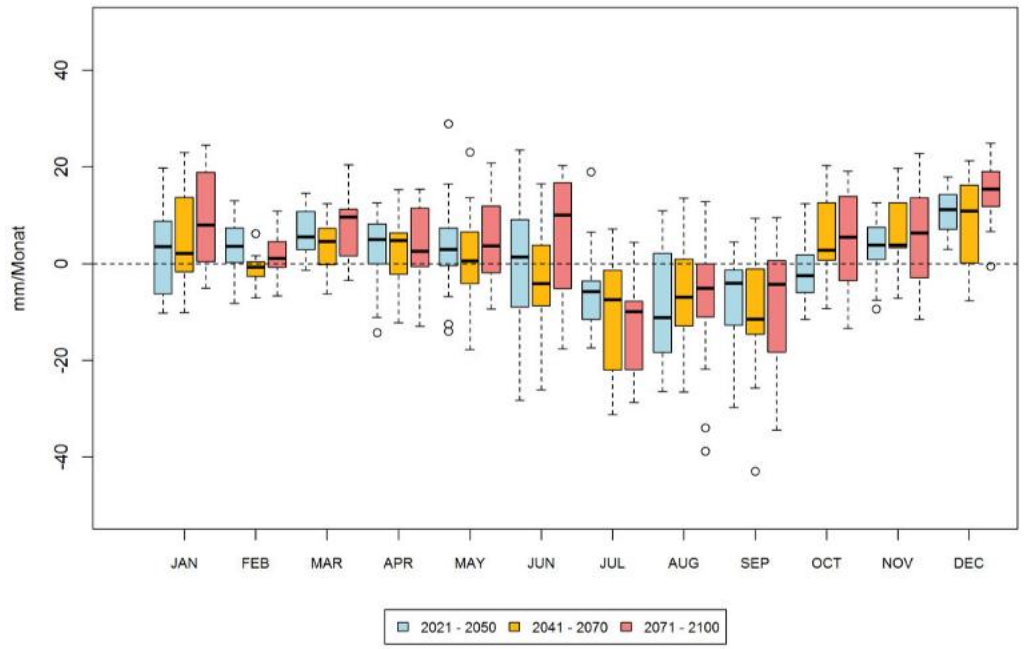


Abb. A 12: Änderung der langjährigen mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz in Erlangen (RCP 4.5).

STARKNIEDERSCHLÄGE: STARKER NIEDERSCHLAG (N ≥ 10 MM/D)

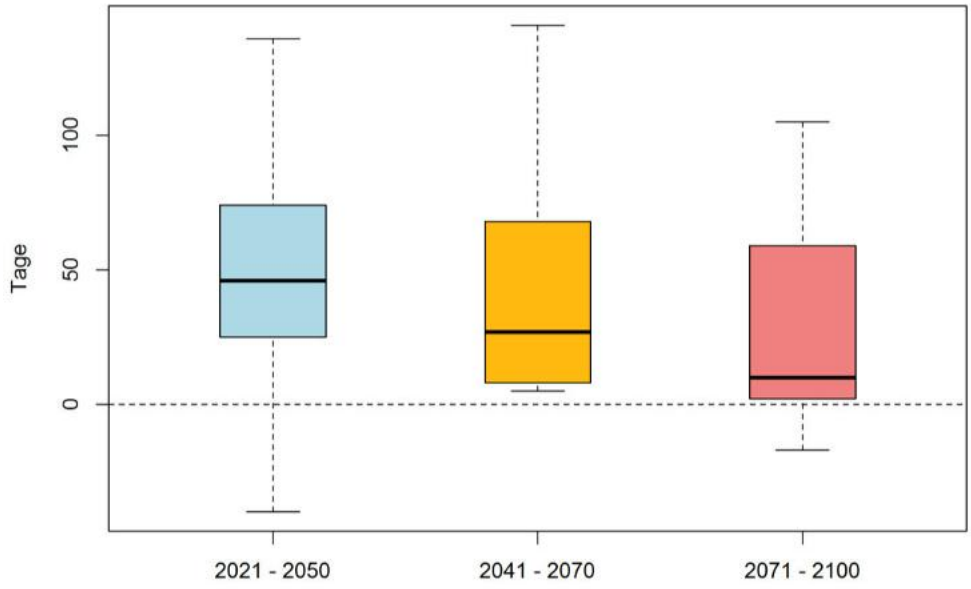


Abb. A 13: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 10 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 2.6).

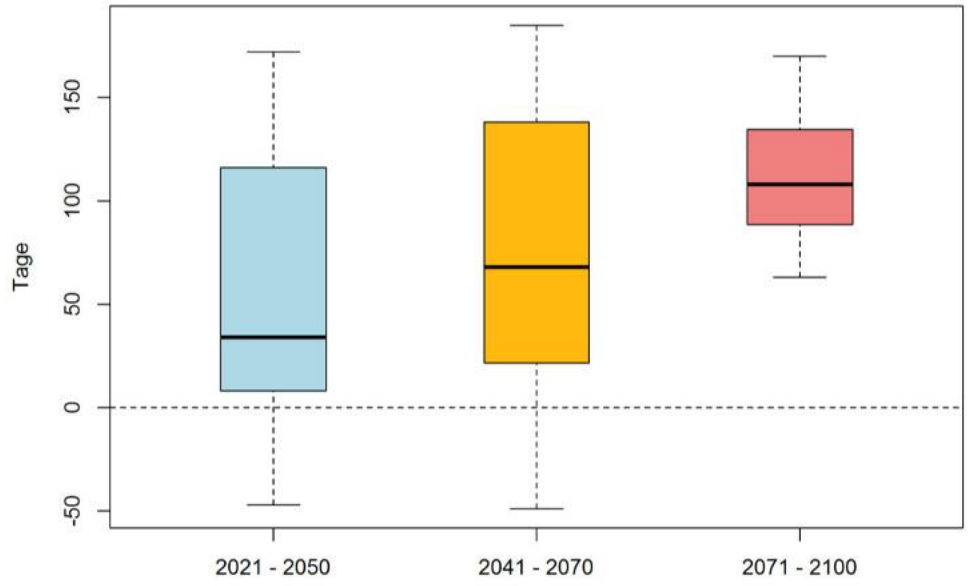


Abb. A 14: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 10 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 4.5).

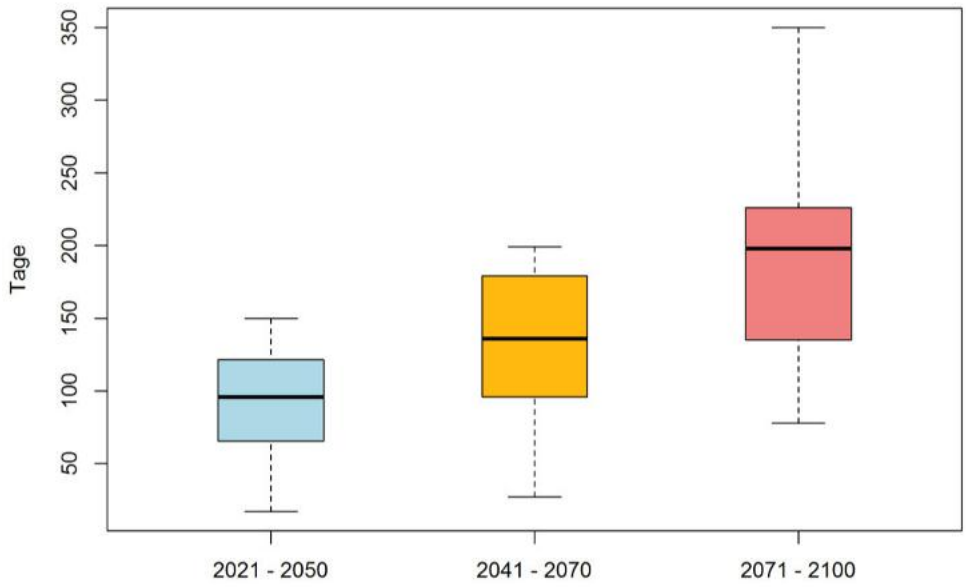


Abb. A 15: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 10 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 8.5).

STARKNIEDERSCHLÄGE: STÄRKERER NIEDERSCHLAG (N ≥ 20 MM/D)

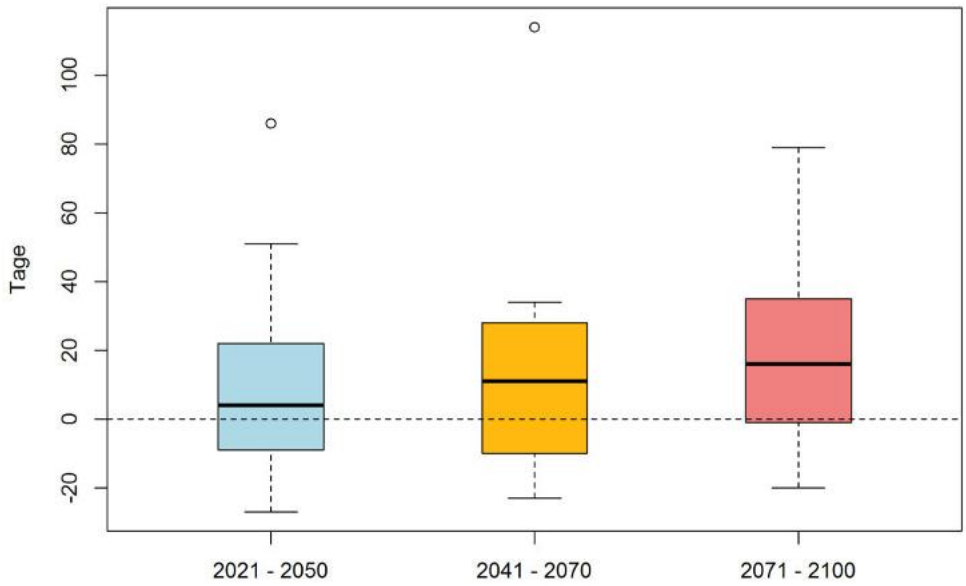


Abb. A 16: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 20 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 2.6).

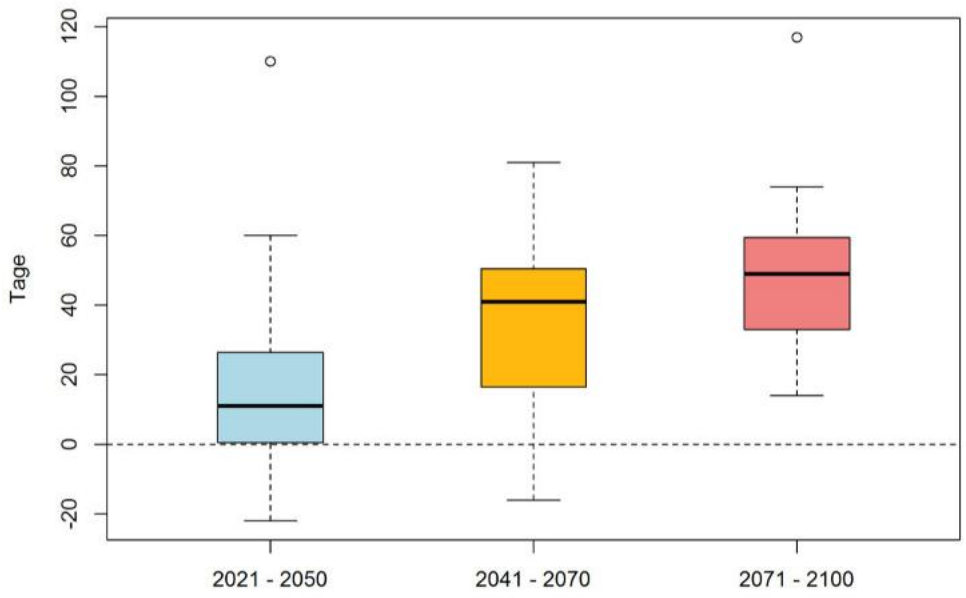


Abb. A 17: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 20 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 4.5).

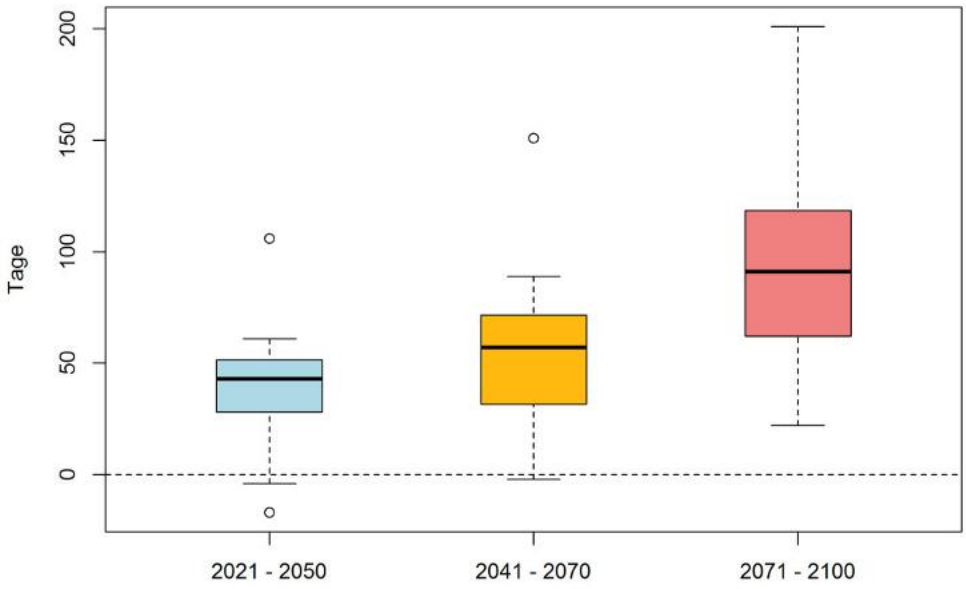


Abb. A 18: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 20 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 8.5).

STARKNIEDERSCHLÄGE: STARKNIEDERSCHLAG (N ≥ 30 MM/D)

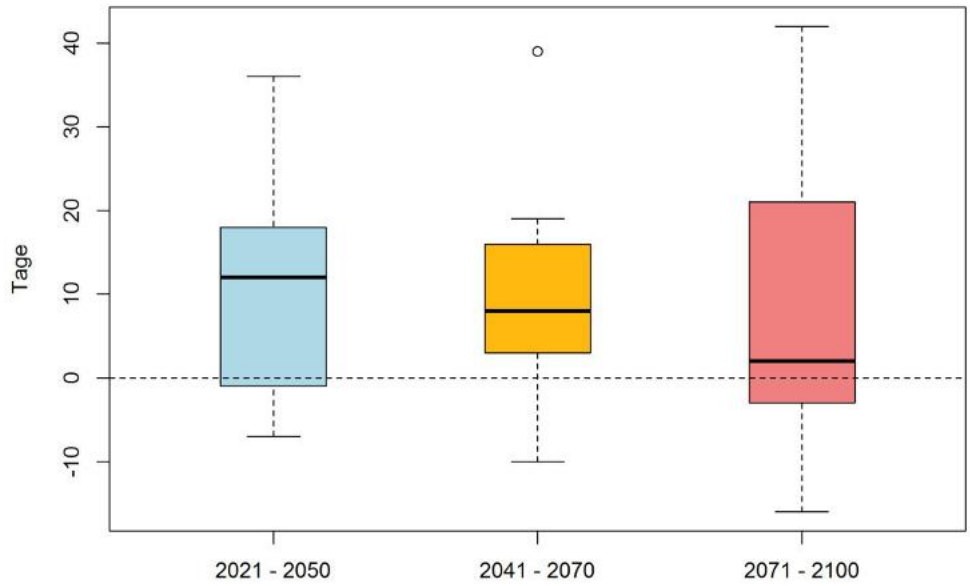


Abb. A 19: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 30 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 2.6).

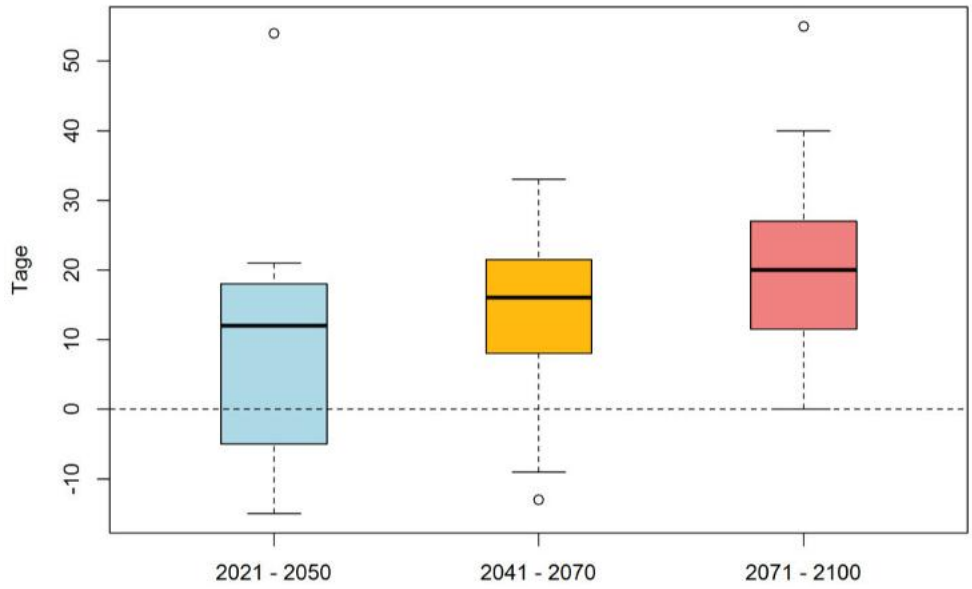


Abb. A 20: Änderung der Auftrittshäufigkeit von Niederschlagsereignissen mit N ≥ 30 mm/d innerhalb des jeweiligen 30-jährigen Zeitraumes in Erlangen (RCP 4.5).

STURM

Die Auswertungen zum Thema Sturm erbrachten aufgrund der hohen Unsicherheit der Ergebnisse keine vertrauensvollen Aussagen. Aus diesem Grund sind die betreffenden Abbildungen und Tabellen an dieser Stelle nicht mit aufgeführt.

ANHANG III: FRAGEBOGEN FÜR DIE BETROFFENHEITSANALYSE (BEISPIEL HANDLUNGSFELD WASSER)

Klimaanpassungskonzept Erlangen –
Fragebogen

Name
Fachbereich
Datum

I. Was sind aus Ihrer Sicht (mögliche) Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld Wasser in Erlangen?

Auswirkungen	Bereits heute spürbar	Zukünftig erwartet	Nicht relevant	Erläuterungen *(bei Bedarf)*
Grundwasser				
Stark schwankende Grundwasserstände (Gefahr von Setzungen und Vernässungen)	☐	☐	☐	
Wasserverfügbarkeit				
Eingeschränkte Wasserverfügbarkeit aus dem Grundwasser	☐	☐	☐	
Eingeschränkte Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern	☐	☐	☐	
Eingeschränkte Trinkwasserverfügbarkeit	☐	☐	☐	
Mangel an Kühlwasser für thermische Kraftwerke	☐	☐	☐	
Bodenwasserhaushalt				
Veränderung des Bodenwassergehalts bzw. der Sickerwassermenge	☐	☐	☐	
Abflussverhältnisse (von Oberflächengewässern)				
Veränderung des Durchflusses durch Niederschlag und Schneeschmelze	☐	☐	☐	
Veränderung des Durchflusses durch Trockenheit	☐	☐	☐	
Zunahme von Flusshochwasser und Sturzfluten	☐	☐	☐	
Infrastruktur an Oberflächengewässern				
Schäden an Wasserkraftanlagen	☐	☐	☐	
Schäden an wasserbaulichen Anlagen	☐	☐	☐	
Physikalisch-chemischer Gewässerzustand				
Beeinflussung des Gewässerzustands durch Schadstoffeinträge (z.B. aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft)	☐	☐	☐	
Abwasserbewirtschaftung, Entwässerung				
Überlastung des Kanalnetzes und der Kläranlagen bei Starkregen	☐	☐	☐	
Ablagerungs-, Korrosions- und Geruchsprobleme im Kanalsystem bei langen Trockenperioden	☐	☐	☐	
Weitere Auswirkungen *(bei Bedarf bitte ergänzen)*				
	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	

II. Welche Maßnahmen zur Klimaanpassung werden bereits in Erlangen umgesetzt bzw. sind aus Ihrer Sicht zukünftig denkbar?

Bereits umgesetzte/geplante Anpassungsmaßnahmen im Handlungsfeld Wasser	Erläuterungen

KERNZIELE DER KLIMAANPASSUNG IN ERLANGEN

1 ***Erlangen bleibt gesund!***
Schutz der Bevölkerung vor Hitze und Allergenen

2 ***Erlangen kommt gut an!***
Sicherung des Verkehrs während und nach Extremwetterereignissen

3 ***Trockene Füße in Erlangen!***
Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen

4 ***Erlangen behält einen kühlen Kopf!***
Energieeffiziente Verbesserung des Innenraumklimas bei Hitze

5 ***Grüne Wohlfühloasen für Erlangen!***
Schutz des Stadtgrüns vor Klimaeinflüssen und Verbesserung des Mikroklimas

6 ***Erlanger Ökosysteme bewahren und Biodiversität stärken!***
Schutz von Biotopen, Böden und Gewässern vor Klimawandelfolgen

BEREITS LAUFENDE (BZW. GEPLANTE) MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen in Bezug auf Belastungen am Arbeitsplatz (Stadtverwaltung inkl. Außendienst)	X
• Informationsbroschüre zu Ambrosia	
• „Refill"-Stationen zur kostenfreien Trinkwasserversorgung in der Innenstadt (in Kooperation mit Gastronomie, Einzelhandel etc.)	
• Präventive Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern (ab 2019)	

MÖGLICHE ZUKÜNFTIGE MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Verbesserung der Arbeitsbedingungen bei Hitzeperioden für die Beschäftigten im öffentlichen Dienst (Flexible Arbeitszeiten, home office, Getränkevorhaltung, Gebäudekühlung, optimierte Schutzkleidung, Fahrerschutz im ÖPNV etc.)	X
• Information der Erlanger Bürger und Unternehmen über Klimafolgen und über Gefährdungsbeurteilungen (z.B. über Leitfäden, Veranstaltungen, etc.)	X
• Informationen und Vorsorgeempfehlungen zu klimarelevanten Infektionskrankheiten	
• Verschattung von öffentlichen Räumen (z.B. Spielplätze, Schulhöfe, Sportflächen, Parkstände ÖPNV) zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität bei Hitze	X
• Information der Bevölkerung und Bekämpfung von Ambrosia	

Bereits laufende (bzw. geplante) Maßnahmen:	**Priorität**
• Einsatz- und Katastrophenschutzpläne für den Hochwasserfall	
• Beschaffung von technischem Gerät zur Beseitigung von Sturm- und Hochwasserschäden	**x**
Mögliche zukünftige Maßnahmen:	**Priorität**
• Regelkonformer Ausbau der Straßen entsprechend den erforderlichen Verkehrsbelastungen mit daraus resultierender verminderter Schadensanfälligkeit gegenüber klimatischen Belastungen	**x**
• Steigerung der personellen Ressourcen zur Wahrnehmung regelmäßiger und spontaner Unterhaltsmaßnahmen an Entwässerungseinrichtungen und Verkehrsflächen	**x**
• Umstellung auf intelligente Verkehrsleitsysteme durch Erweiterung des Verkehrsrechners mit Erfassung und Auswertung der Verkehrsdaten zur intelligenten Steuerung des Verkehrs.	
• Erweiterung der Einsatz- und Katastrophenschutzpläne	
• Ermittlung von neuralgischen Punkten im Verkehrsnetz bei der Ableitung von Starkregen (z. B. Senken, verstopfte Straßenabläufe) oder Sturmereignissen	**x**
• Gezielte Kontroll- und Reinigungsstrategien für wichtige Straßenabläufe	
• Abgestimmte Notfallpläne für die Aufräum- und Reparaturarbeiten nach Extremwetterereignissen (Stadtreinigung, Stadtentwässerung, Grünpflege)	
• Anpassung der Baumpflege (differenzierte Intervalle für Baumkontrollen und Totholzzuschnitt) entlang von Verkehrswegen	**x**
• Erarbeitung von Konzepten zur Verkehrssicherheit bei Extremwettern während Großveranstaltungen (z.B. Bergkirchweih, Klassik am See)	

BEREITS LAUFENDE (BZW. GEPLANTE) MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Erhaltung/Schaffung von Retentionsflächen und Rückhaltebecken für das Abwassersystem	X
• Festlegung von bestimmten Betriebszuständen von Brunnen im Hochwassereinzugsgebiet für verschiedene Hochwasser-Meldestufen	
• Umsetzung von § 55 (2) WHG (ortsnahe Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers oder Einleitung in ein Gewässer, keine Vermischung des Niederschlagswassers mit Schmutzwasser)	
• Hochwasserschutzmaßnahmen an der Schwabach (aktuell Genehmigungsverfahren)	
• Erstellung von Überflutungskarten für Gewässer 3. Ordnung für HQ 10/50/100 (inkl. Klimafaktor)	
• Überflutungsnachweise bei größeren Bauvorhaben	
• Verbesserung der Grundlagendaten (GIS) durch stadtweite Ermittlung der potenziellen Überflutungsgefährdungen und -risiken	X

MÖGLICHE ZUKÜNFTIGE MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Gezielte Entsiegelung von Flächen (“Schwammstadt“) in Zusammenhang mit Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung	X
• Zusätzliche Hochwasserschutzmaßnahmen und Verbesserung der Vorflutverhältnisse der im Stadtgebiet vorhandenen Gewässer	
• Verstärkte Berücksichtigung von Starkregen (siehe oben: Grundlagendaten) bei Bauleitplanung und Infrastrukturplanungen	X
• Notableitung von Oberflächenwasserabflüssen an neuralgischen Punkten	
• Ausbau und Verbesserung des technischen Überflutungsschutzes neuralgischer Abwasseranlagen (Kläranlage, Pumpwerke etc.)	
• Verstärkte Umsetzung und Überwachung von Einleitbegrenzungen für Privatgrundstücke	
• Öffentlichkeitsarbeit zur baulichen und verhaltensbezogenen Starkregenvorsorge und zum Rückstauschutz	X
• Außengebietsentwässerung in Abstimmung mit der Land- und Forstwirtschaft	

Bereits laufende (bzw. geplante) Maßnahmen:	**Priorität**
• (elektrischer) Sonnenschutz und Verschattung von öffentlichen Gebäuden	**X**
• Nachtauskühlung durch Einbringung vorkonditionierter Luft (z.B. Geothermie, Nutzung von Grundwasser)	
• Dachbegrünung bei öffentlichen Gebäuden (punktuell)	
• Neubau und Sanierung im KfW-Effizienzhausstandard	
• Intensivierung der Dach-, Fassaden- und Hinterhofbegrünung (Kampagne)	

Mögliche zukünftige Maßnahmen:	**Priorität**
• Sonnenschutz und hitzeadäquate Gebäudeplanung im B-Planverfahren	**X**
• Wärmeschutzverglasung als Standard bei öffentlichen Sanierungen und Neubauten	
• Nachtlüftungskonzept für kommunale Gebäude	**X**
• Höhere Gewichtung von Kriterien einer energieeffizienten Hitzevorsorge bei Baugenehmigungsverfahren und Wettbewerben	
• Öffentlichkeitskampagne und Beratungsangebote zu einer (energieeffizienten) baulichen Hitzevorsorge (z. B. Lüften, Dämmen, Kühlen, Begrünen etc.)	

BEREITS LAUFENDE (BZW. GEPLANTE) MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Erhaltung von Kalt- und Frischluftschneisen (Landschaftsschutzverordnung in den meisten Talräumen als Schutz des Kaltluftabflussraumes)	X
• Grünkonzept (inkl. Aktionsplan 2025)	X
• Schutz und Erhalt von Altbaumbestand: Standortverbesserung, z.B. Entsiegelung von Wurzelräumen, Schutzmaßnahmen gegen Befahren und Beparken	X
• Festsetzungen zum Erhalt von Baumbestand, von Baumpflanzungen, freiwachsenden Hecken - Ortsrandeingrünungen und Grünflächen in den Bebauungsplänen mit integrierten Grünordnungsplänen	X
• Auswahl von an Hitze und Trockenheit angepasste Baumarten (z.B. Arten-auswahl gemäß Projekt "Stadtgrün 2021 - Stadtbaumarten im Klimawandel)	X
• Verstärkte Baumpflanzungen in der Stadt: Aktion Stadtbaum - Herzensbäume	X
• Intensivierung der Dach-, Fassaden- und Hinterhofbegrünung (Kampagne)	X
• Freirflächengestaltungssatzung für private Fläche (ab 2019)	X

MÖGLICHE ZUKÜNFTIGE MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Gezielte Entsiegelung von Flächen und Schaffung von kühlenden Verdunstungsflächen in der Stadt (“Schwammstadt“)	X
• Umverlegung von Leitungen zur Schaffung neuer Baumstandorte insbesondere im Innenstadtbereich und im Bereich von Straßen/Wegen/Plätzen	(x)
• Optimierung der Gebäudeausrichtung (z.B. Luftaustausch) und der Bebauungsdichte bei Neubau	
• Schaffung, Vernetzung und mikroklimatische Optimierung von größeren bestehenden städtischen Grünflächen	X
• Integrierte Bewässerungsstrategie für Trockenperioden	
• Anpassung der Baumpflege (differenzierte Intervalle für Baumkontrollen und Totholzzuschnitt)	X
• Verlängerung der Öffnungszeiten öffentlicher Parks im Sommer (z.B Schlossgarten)	

BEREITS LAUFENDE (BZW. GEPLANTE) MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Schutz und Erhalt der Naturräume (Grünflächen, Biotope, Wälder) durch Verordnungen wie LSG	X
• Baumschutzverordnung (zum Schutz und Erhalt bestehender Wäder)	X
• Waldumbau zu toleranten Mischbeständen (prioritär heimische Arten)	X
• Identifizieren von "neuen" Baumarten bzw. Baumarten der Zukunft für Wald und Forstwirtschaft	
• Beratung von Waldbesitzern	
• vermehrte Verwendung neuer Baumarten im Versuch und bei positiver Bewährung vermehrte Pflanzung	
• Gezieltes Überstauen von Weihern in den Frühjahrsmonaten	
• Grünkonzept (inkl. Aktionsplan 2025)	X
• Weiterführung der wasserrechtlichen Ausbaukonzeption im Klärwerk Erlangen	
• Anlage von artenreichen Blumenwiesenflächen an geeigneten Stellen (z.B. für den Insektenschutz)	
• Erhalt und Schaffung naturnaher Wasserflächen	X

MÖGLICHE ZUKÜNFTIGE MAßNAHMEN:	PRIORITÄT
• Gezielte Entsiegelung von Flächen	X
• Grundlagenermittlung zur Bedrohung von Arten durch den Klimawandel	X
• Bekämpfung invasiver Arten	
• Anlage von Gewässerrandstreifen und Beschattung von Gewässern	X
• Ausweitung der Biotopvernetzung	X
• Stabilisierung der Grundwasserstände zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung	
• Landwirtschaftsbetriebe beraten und stärken (Bewässerung, Anbaustrategien, Erosionsschutz, Natur- und Biotopschutz)	
• Erhalt schutzwürdiger Böden (Feuchtgebiete, Böden mit CO_2-Senkenfunktion, Böden mit hoher Kühlleistung)	
• Sicherung von Wirtschaftswegen	