

SPUREN

A

SUCHE

Stadt  
natur  
und Stadtklima  
in Kassel

S

Britta Jänicke  
Franziska Bernstein  
(Hg.)

L

EIN  
AUSSTELLUNGS-  
KATALOG



# SPURENSUCHE STADTNATUR UND STADTKLIMA IN KASSEL

BRITTA JÄNICKE (HG.)  
FRANZISKA BERNSTEIN (HG.)

JESSICA BASTIANEL, LARA BODENHAUSEN, LUC VAN BOEKOLT  
LEONIE BÖHNKE, ANNELIE BROCKMANN, JULIA FÖRSTER,  
NINA FRITSCH, KIMBERLY FUHRMANN, FELIX HAAK  
ROUVEN HAHN, THERESA HALBE, SELMA HARNISCHMACHER  
HENDRIK HARTMANN, ANNA HINSKE, CLAAS HOYER  
TOBIS HÖRLE, CORNELIUS HOTTENROTT, SIJIA HOU  
KAINING JIN, JAKOB KIEHNE, VALENTINA MANOTAS OVALLE  
HANNES NEUBACHER, SARAH NEUENHAGEN, MARTEN NEUSTADT,  
KIM PETERS, ANNA PROZOROV, MORITZ RENNER,  
CHRISTINA RODE, ANN-KATHRIN ROSE, HENDRIK SCHLAUTMANN  
NATALIE SPRINGER, MORITZ STRÖMICH, JOHANN TAILLEBOIS,  
PIA VON BUTTLAR, TILL WIESEHOFF

A

S

L



# Vorwort

„Spurensuche - Stadtnatur und Stadtklima in Kassel“ ist eine von zehn Jubiläumsausstellungen in der Reihe „Das Kasseler Modell 1973-2023. 50 Jahre Architektur – Stadtplanung – Landschaftsplanung an der Universität Kassel“. Diese präsentieren die Geschichte und das Profil des Fachbereichs und bilden die Schwerpunkte des Lehrens, Lernens und Forschens in den drei Instituten Architektur, Urbane Entwicklungen sowie Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung ab. Sie werden von verschiedenen Fachgebieten in Zusammenarbeit mit Studierenden organisiert und kuratiert. Die Ausstellungsreihe findet vom Sommersemester 2023 bis zum Sommersemester 2024 statt.

Die Ausstellung „Spurensuche - Stadtnatur und Stadtklima in Kassel“ hat sich Anhand verschiedener Vorarbeiten auf Spurensuche begeben und dabei einzelne Aspekte zu Stadtklima und Stadtnatur in Kassel und am Fachbereich ASL der Uni Kassel zusammengetragen. Die gemeinsame Spurensuche hat vielfältige Aspekte und Impulse in Erinnerung gerufen, die vielfach bis heute eine große und mit dem Klimawandel steigende Relevanz haben. Die Recherche ergab, dass der Fundus noch deutlich größer ist und weit mehr beinhaltet, als im Rahmen der Ausstellung und dieses Katalogs bearbeitet wurde. Daher werden hier einzelne Spuren herausgearbeitet, die aus Sicht der Studierenden und Beteiligten besonders interessant und relevant erschienen, ohne Anspruch auf ein vollständiges Bild über die Forschung und Lehre zu den Themen Stadtnatur und Stadtklima abbilden zu wollen.

Die Ausstellung „Spurensuche - Stadtnatur und Stadtklima in Kassel“ ist auf Basis der Ergebnisse zweier studentischen Projekten aus dem Wintersemester 2022/23 entstanden: „Back to future Kassel – Kassels Stadtklima im Wandel der Zeit“ des Fachgebiets Umweltmeteorologie und des Fachgebiets Landschaftsplanung und Kommunikation durch Britta Jänicke und René Burghardt geleitet sowie „Stadtnatur Kassel - Lessons Learned?“ des Fachgebiets Freiraumplanung durch Margarete Arnold und Franziska Bernstein geleitet. Margarete Arnold und Franziska Bernstein haben die Ausstellung zusammen mit Studierenden im Rahmen eines Seminars „Spurensuche - Stadtklima und Stadtnatur Kassel“ im Sommersemester 2023 kuratiert.

An der Realisierung der Ausstellung und des Katalogs haben vielen Personen mitgewirkt, bei denen wir uns hiermit bedanken wollen. Der Dank gilt insbesondere allen Studierenden und studentischen Mitarbeiter:innen, die engagiert und tatkräftig inhaltlich und organisatorisch die

Ausstellung umgesetzt haben.

In diesem begleitenden Katalog werden die in der Ausstellung gezeigten Ergebnisse der studentischen Projekte zusammengefasst. Diese Inhalte sind nur redaktionell für diesen Katalog angepasst wurde und geben die Auffassung der Autoren wieder. Die Ausstellung wird von einem umfangreichen Rahmenprogramm begleitet. Im Anschluss der Ausstellung wird dieser Katalog um eine Dokumentation der Ausstellung selbst erweitert.

# Inhaltsverzeichnis

- 1 EDITORIAL  
Britta Jänicke, Franziska Bernstein
- 

## STADTKLIMA

- 3 KLIMAANGEPASST? // UND IN ZUKUNFT?  
Rouven Hahn, Marten Neustadt,  
Johann Taillebois und Till Wiesehoff
- 37 HITZESTRESS 1909?  
Julia Förster, Selma Harnischmacher,  
Sarah Neuenhagen und Natalie Springer
- 59 HEISSER CAMPUS?  
Felix Haak, Hendrik Hartmann,  
Claas Hoyer und Moritz Strömich
- 

## STADTNATUR

- 79 SPUREN AM FACHBEREICH  
Hannes Neubacher
- 82 VISUALISIERUNGEN FRÜHER - HEUTE  
Hendrik Schlautmann, Kim Peters
- 87 URBAN GARDENING  
Ann-Kathrin Rose, Kaining Jin, Jessica Bastianel
- 100 TIERISCHE STADTBEWOHNER:INNEN  
Jessica Bastianel, Lara Bodenhausen, Christina Rode, Ann-Kathrin Rose
- 108 BRACHEN - UNGENUTZTE FLÄCHEN?  
Laura BöhNke, Annelie Brockmannm, Sijia Hou, Nina Fritsch
- 115 KASSELER SCHULE  
Luc von Boekhoelt
- 120 GRÜNE WÄNDE - GRÜNE DÄCHER  
Nina Fritsch, Theresa Halbe, Kim Peters, Pia von Buttlar
- 134 WILDE WASSER?  
Cornelius Hottenrott, Tobias Hörle, Jakob Kiehne

## Editorial

Die Themen Stadtnatur und Stadtklima haben eine lange Tradition am Fachbereich Architektur, Stadtplanung und Landschaftsplanung (ASL). Sei es der alternative Umgang mit Spontanvegetation durch die Kassler Schule, die frühen stadtklimatischen Analysen in Kassel, die fachgebietsübergreifende Diskussion über den gesellschaftlichen Wert von Stadtnatur oder auch die Aneignung von Freiräumen. Besonders in letzter Zeit bestimmt der Umgang mit Stadtklima und Stadtnatur im Kontext von Klimawandel viele fachöffentliche Debatten.

Die Themen Stadtklima und Stadtnatur sind heute von großer Bedeutung im Kontext der Stadtplanung und Freiraumplanung. In einer Welt, in der immer mehr Menschen in städtischen Gebieten leben, gewinnt die Schaffung einer lebenswerten Umgebung innerhalb von Städten zunehmend an Relevanz. Die Herausforderungen des Klimawandels, die zunehmende Urbanisierung und der Verlust an natürlichen Räumen haben direkte Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Stadtbewohner:innen.

Das Stadtklima ist ein Schlüsselfaktor, der sowohl die Lebensqualität als auch die Klimarisiken von Städten beeinflusst. Durch die sogenannte urbane Wärmeinsel (UHI), bei dem sich Städte im Vergleich zu den umliegenden ländlichen Gebieten vor allem nachts wärmer sind, kann sich die Hitzebelastung in Städten zunehmen. Hitzewellen und die Verstärkung durch die urbane Wärmeinsel können das Wohlbefinden beeinträchtigen und verschiedenen Gesundheitsproblemen führen. Eine effektive Stadt- und Freiraumplanung kann dazu beitragen, diese Probleme zu reduzieren, indem sie beispielsweise Grünflächen, Baumbestand und Gewässer in die städtische Infrastruktur integriert.

Die Stadtnatur spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung lebenswerter Städte. Der Verlust an natürlichen Lebensräumen in urbanen Gebieten hat negative Auswirkungen auf die Biodiversität und reduziert die Ökosystemfunktionen. Grünflächen, Parks, Gärten und andere naturnahe Elemente in der Stadt bieten nicht nur einen Rückzugsort für die Stadtbevölkerung, sondern unterstützen auch die Artenvielfalt, bieten Lebensraum für Tiere. Die Integration von Stadtnatur in die Stadt- und Freiraumplanung das ökologische Funktionen und die Biodiversität, sowie die Attraktivität des städtischen Raums und das Wohlbefinden der Menschen erhöhen.

Diese Zusammenhänge sind schon viele Jahrzehnte bekannt und fließen

in die wissenschaftlichen und studentischen Arbeiten und Projekte am Fachbereich ASL ein. Die Ausstellung zeichnet Verbindungslinien von Debatten der letzten 50 Jahren zu heutigen Fragestellungen nach: Lassen sich heute noch Spuren der in Kassel initiierten Projekte und Ansätze finden? Sind frühere Überlegungen weiterhin aktuell oder heute sogar aktueller als vor Jahrzehnten? Welche Rolle spielt Stadtklima und Stadtnatur heute an der Uni Kassel?

Bei der Auswahl der Themen sind die beiden Studierendenprojekte unterschiedlich vorgegangen. In dem Stadtklimaprojekt war die Ausgangslage eine zeitliche Einteilung in vier Gruppen, welche jeweils Aspekte der zukünftigen Entwicklung (bis 2050), die heutige Situation (2010-2030), die jüngste Vergangenheit (1970-2010) und die fernere Vergangenheit (vor 1970) bezogen auf das Stadtklima und die Stadtentwicklung in Kassel bearbeiten sollten. Die Studierenden haben sich innerhalb dieser Zeitschienen ganz unterschiedlicher Fragestellungen gewidmet und dazu teilweise eigene Klimamodellierungen durchgeführt und zum Teil vorwiegend literaturbasiert gearbeitet. In dem Projekt zu Stadtnatur war die Ausgangslage eine intensiven Recherche der Studierenden im doku:lab, der Dokumentations- und Medienwerkstatt für studentische Arbeiten des Fachbereichs ASL. Dieser umfangreichen Fundus an Projekt-, Studien-, und Abschlussarbeiten aus den letzten 50 Jahren war hier Ausgangspunkt der Spurensuche und zeigte studentische Projekte und Untersuchungen der vergangenen Jahrzehnte, die teilweise heute noch in Kassel erkennbar sind.

Das erste Kapitel zu Stadtklima „Klimaangepasst?“ beschäftigt sich damit, wie sich das Stadtklima Kassels bis zum Ende des Jahrhunderts verändern könnte und wie gut die Stadt bereits heute darauf angepasst ist. Mithilfe von Literaturrecherche sowie der Analyse aktueller Klimaprojektionen auf europäischer und regionaler Ebene konnten Klimawirkungen und Schlüsselrisiken für Kassel bis zum Ende des Jahrhunderts identifiziert werden. Diese Schlüsselrisiken sind Hitze, Hochwasser, Wassermangel und Luftqualitätsverlust. Die Stadt Kassel betrachtet im Klimaschutzteilkonzept bis 2030 Klimarisiken bezogen auf Hitze, Hochwasser und Belüftung. Diese werden über einen offen gestalteten Maßnahmenkatalog adressiert. Eine konkrete räumliche und bauliche Umsetzung ist nicht Teil des Klimaschutzteilkonzepts. Die weiteren identifizierten Schlüsselrisiken Wassermangel und Hochwasser werden durch das Klimaschutzteilkonzept jedoch nur oberflächlich berührt. Für diese Bereiche besteht Handlungsbedarf. Die Aktualisierung von Wissensständen, die Konkretisierung von Handlungsräumen und die Schaffung politischer Legitimation sind wichtige nächste Schritte, um Kassel in Zukunft klimaresilienter zu gestalten.

Das zweite Kapitel zu Stadtklima „Hitzestress 1909?“ beschäftigt sich mit einer historischen Stadtklimaanalyse des ehemaligen Henschelwerkes und gibt Einblicke in die Ursprünge des Unversitätscampus. Die Arbeit beschäftigt sich mit der stadtklimatischen sowie städtebaulichen Entwicklung Kassels im Zeitraum 1900 bis 1970. Die Frage wie sich die Stadt entwickelt und wie diese Entwicklung Einfluss auf das Klima genommen hat, ist vor dem Hintergrund der Zerstörung als auch des Wiederaufbaus Kassels relevant, da der Fokus damals nicht auf einer klimaangepassten Bauweise der Quartiere lag. Auf Basis von Literaturrecherchen und historischen Karten, wurde eine Modellierung vorgenommen, um die städtische Überwärmung in dem Gebiet abzubilden. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Bebauung einen Einfluss auf

# Rouven Hahn, Marten Neustand Johann Taillebois, Till Wiesehoff

## Klimaangepasst? // und in Zukunft?

### EINLEITUNG

Extremhitze, Starkniederschläge, Artensterben, Wassermangel, Ernteauffälle, tropische Nächte und urbane Hitzeinseln. Dies sind Folgen des Klimawandels, die bereits jetzt schon zu spüren sind und sich in Zukunft weiter potenzieren können. Folgen, die Kaskadeneffekte mit sich bringen können und unsere Gesellschaft und unser natürliches Umfeld vor eine globale Herausforderung stellen. (Europäische Kommission, o.D.)

Die Sachstandsberichte des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) zeigen einen hohen und dringenden Planungs- und Handlungsbedarf in Bezug auf den anthropogenen Klimawandel. Vor dem Hintergrund der Projektionen des fortschreitenden anthropogenen Klimawandels des IPCC wird sich das Klima auf der Welt von 2050 bis 2100, je nach Szenario, dementsprechend mehr oder weniger stark verändern. Der IPCC hat, um dies darzustellen, verschiedene mögliche Klimaszenarien als sogenannte *Shared Socioeconomic Pathways* (SSP, dt.: gemeinsame sozioökonomische Entwicklungspfade) veröffentlicht, die eine unterschiedlich starke Erwärmung des Weltklimas beschreiben. Die Gemeinsamkeit aller SSPs ist, dass der Klimawandel direkte und, durch den globalen Weltmarkt, indirekte Einflüsse auf die verschiedenen Weltregionen haben wird. (IPCC 2022a)

Seit Jahrzehnten mahnen Wissenschaftler\*innen eindringlich, dass es akuten Handlungsbedarf gibt und die Klimaschutzpolitik der vergangenen Jahre und Jahrzehnte, auch in Deutschland, nicht annähernd ausreichend war. Führende Wissenschaftler\*innen projizieren daher bei gleichbleibend unengagierten Bemühungen für den Klimaschutz und für die Klimawandelanpassung einen irreversiblen Schaden und unausweichliche Folgen, die unser Leben, unseren Wohlstand und den gesellschaftlichen Zusammenhalt stark gefährden werden. (UBA 2021)

Das Abbremsen des globalen Temperaturanstiegs durch Klimaschutz allein reicht jedoch nicht aus, denn einige Klimazonen befinden sich schon jetzt mitten in den Folgen des Klimawandels. Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist deshalb genauso notwendig, um die Widerstandsfähigkeit von Lebensräumen gegenüber den Klimarisiken stärken zu können. Dabei besteht der Handlungsbedarf für Klimawandelresilienz schon in der Gegenwart, um erfolgreich vor den Klimawandelfolgen der Zukunft gewappnet zu sein. (Henninger/Weber 2019)

Für den europäischen Raum sind direkte Einflüsse, wie erhöhte Dürreperioden, Überflutungen und ausfallende Ernten durch Wassermangel projiziert (IPCC 2022c). Längere Hitzeperioden und eine dadurch erhöhte Mortalität und Morbidität werden besonders in urbanen Räumen eine zunehmende Herausforderung (ebd.). Derartige Ereignisse werden in Zukunft noch stärker in den Fokus der städtischen Klimawandelanpassung fallen müssen (IPCC 2022b).

In Anbetracht der globalen Bevölkerungsentwicklung wird in Städten bis zur Mitte des Jahrhunderts der Großteil der Erdbevölkerung leben (ebd.). Daher muss besonders das Stadtklima im Zusammenspiel mit der Klimawandelanpassung individuell betrachtet werden, um Städte auf die komplexen Herausforderungen des Klimawandels vorzubereiten (Henninger/Weber 2019). Die nordhessische Stadt Kassel soll als Fallbeispiel auf stadtklimatische Veränderungen durch den Klimawandel und planerische Klimawandelanpassung untersucht werden mit der Forschungsfrage:

In welchem Umfang begegnen die Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzeptes „Anpassung an den Klimawandel“ der Stadt Kassel den projizierten Klimafolgen nach Erkenntnissen aktueller Klimaforschung?

Die Stadt Kassel hat bereits 2017 mit dem Klimaschutzteilkonzept *„Anpassung an den Klimawandel“* (nachfolgend „Klimaschutzteilkonzept“) erste Bemühungen der Klimawandelanpassung veröffentlicht. Der Maßnahmenkatalog des Klimaschutzteilkonzeptes soll in dieser Arbeit betrachtet und, bezogen auf seinen Grad der Klimawandelanpassung für die Normalperiode 2071-2100, bewertet werden. Mit dem Wissensstand der Veröffentlichungen des Weltklimarates und regionalisierter Klimaprojektionen als Hintergrund sollen Annahmen getroffen werden, um die folgenden Leitfragen beantworten zu können:

1. Wie könnte sich das Stadtklima Kassels nach aktuellen Klimaprojektionen für die Normalperiode 2071-2100 entwickeln und was könnten zentrale Klimarisiken sein?
2. Inwiefern adressiert die Stadt Kassel mit dem Klimaschutzteilkonzept die projizierten Klimarisiken und -folgen, nach Umweltbundesamt, für eine zielführende Klimawandelanpassung?
3. In welchem Maße decken die Lehrinhalte des Grundstudiums am Fachbereich 06 der Universität Kassel die Themen der Klimawandelfolgen und -anpassung ab?

Um die Forschungsfrage mit den zugehörigen Leitfragen im Laufe der Arbeit beantworten zu können, erläutert Kapitel 2 zunächst den notwendigen theoretischen Hintergrund. Es werden die Grundlagen des Stadtklimas, der Klimaresilienz, der Klimawandelanpassung, des Klimaschutzes und von Klimaprojektionen erklärt. Im darauf folgenden Text wird das methodische Vorgehen dieser Arbeit wiedergegeben. Hierbei bezieht sich die Arbeit größtenteils auf das Arbeiten mit Literaturbeständen des Weltklimarates, des Umweltbundesamts, der Stadt Kassel sowie regionalisierter Klimaprojektion von Instituten wie dem Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und dem Climate Service Center Germany (GERICS). Der Grad der Klimawandelanpassung in Kassel wird anhand des Klimaschutzteilkonzeptes von 2017 untersucht.

Kapitel 4 gibt die durch die Methodik erhobenen und auf dem theoretischen Hintergrund aufbauenden Ergebnisse wieder. Dabei kombi-

niert Kapitel 4.1 die gegenwärtigen klimabeeinflussenden Faktoren Kassels mit den allgemeinen Klimaprojektionen europäischer Städte und konkreten Projektionen Kassels der Normalperiode 2071-2100. In der Gegenüberstellung werden damit Annahmen über mögliche Klimarisiken für Kassel getroffen, welche bereits jetzt bestehen oder sich in Zukunft herauskristallisieren oder verstärken könnten. In Kapitel 4.2 wird das Klimaschutzteilkonzept, der Stadt Kassel vertiefend beleuchtet. Die Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzeptes werden mit den zentralen Klimarisiken und Klimawirkungen für Deutschland, nach Umweltbundesamt, abgeglichen. In der Gegenüberstellung wird überprüft, inwieweit der Maßnahmenkatalog des Klimaschutzteilkonzeptes die für Kassel zukünftig relevanten Klimawirkung tatsächlich behandelt. Das darauf folgende Kapitel 4.3 beleuchtet die Lehrinhalte des Fachbereichs 06 (FB06) *Architektur, Stadt- und Regionalplanung, und Landschaftsplanung* (ASL) an der Universität Kassel. Durch eine Schlagwortrecherche soll überprüft werden, inwieweit Klimawandelanpassung in die Lehrinhalte Grundstudiums am Fachbereich eingebaut ist und inwieweit die verschiedenen Studiengänge im Bereich Klimawandelanpassung ineinandergreifen. Es soll ein Ausblick über den Stand und die Zukunft der Lehre an der Universität Kassel gegeben werden. Der abschließende Teil der Arbeit fasst noch einmal die Ergebnisse und die Beantwortungen der Forschungsfrage zusammen. Des Weiteren gibt die Reflexion der Arbeitsweise Einblicke über mögliche Konflikte und Herausforderungen in der Beantwortung der Forschungsfragen und stellt vertiefende Forschungsansätze und Anforderungen an zukünftige Arbeiten, die den Grad der Klimawandelanpassung in Kassel beleuchten.

## THEORETISCHER HINTERGRUND

Für die folgende Bearbeitung der Forschungsfrage und ihrer Leitfragen sollen zuerst einige Grundlagen der Klimatologie beschrieben werden, auf deren Basiswissen sich die weiteren Untersuchungen der Arbeit stützen. Hierzu gehören die Wechselwirkungen zwischen Städten und dem regionalen Klima, die Auswirkung des Klimawandels auf die Städte und ebenso der Städte auf den Klimawandel und des Weiteren auch die Methoden zur Modellierung und Projektion zukünftiger Klimata.

### Stadtklima

Die anthropogene Klimabeeinflussung lässt sich insbesondere in Städten und bebauten Agglomerationsräumen im Allgemeinen beobachten (WMO 1983). Die *World Meteorological Organization* (WMO) definierte 1983 den Begriff des Stadtklimas als ein “[...] durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima” (ebd.). Bei der Definition des Stadtklimas stehen die Wechselwirkungen der Atmosphäre mit der Bebauung sowie der anthropogenen Emissionen von Wärme und Spurenstoffen im Fokus (Henninger/Weber 2019).

Auf die Ausprägung des Stadtklimas haben die mikro- und mesoskaligen Wirkungsfaktoren nach Kuttler (2013) mehr Einfluss als die der Makroskala. Die meso- und mikroskaligen Effekte beschreiben im Bezug auf das Stadtklima unter anderem die Intensität der Emissionen anth-

ropogener Spurenstoffe und Wärme, den Versiegelungsgrad, den Anteil grüner und blauer Infrastruktur sowie die Struktur des Stadtkörpers und dessen Größe Das Klima innerhalb einer Stadt weist mehr oder weniger intensive Abweichungen zum unbebauten Umland auf. So fällt beispielsweise durch Verschattung die einfallende kurzwellige solare Strahlung in der Stadt im Vergleich zum Umland um bis zu 10 % niedriger aus, während die Gegenstrahlung um bis zu 10 % höher ist. Grund dafür sind die durch die Bebauung in Straßenschluchten verursachten Verschattungen sowie die städtische Dunstglocke. (Kuttler 2013)

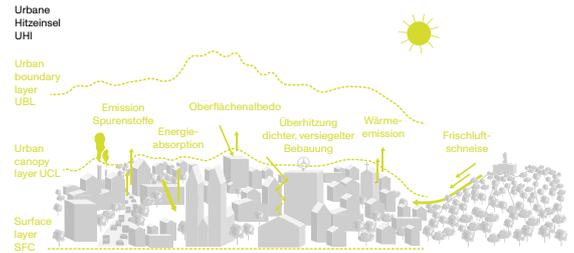
Demgegenüber ist die Absorption kurzwelliger Solarstrahlung durch einen durchschnittlich geringeren Albedowert in der Stadt höher, wodurch sich diese eher aufheizt (Henninger/Weber 2019). Der Albedowert beschreibt den Grad absorbiertes und reflektiertes kurzwelliger Strahlung einer Oberfläche (Kuttler 2013). Hingegen ist der sensible Wärmestrom um bis zu 50 % höher und die Wärmespeicherung im Boden und in Bauwerken erreicht um bis zu 40 % höhere Werte im Vergleich zum unbebauten Umland (Henninger/Weber 2019). Durch die in Gebäuden, Straßen und Plätzen gespeicherte Wärme kann insbesondere nachts über einen kurzen Zeitraum in verdichteten Stadträumen ein Unterschied in der Lufttemperatur von bis zu 15°C im Vergleich zum Umland nachgewiesen werden. (ebd.)

Seit Jahrzehnten zeigt die Forschung, dass Städte fast immer wärmer sind als ihre Umgebung. Dieses als *urbane Hitzeinsel* (UHI) bekannte Phänomen ist eines der deutlichsten Beispiele für eine anthropogene Klimaveränderung. Die Auswirkungen sind vielfältig und zeigen sich beispielsweise in der phänologischen Veränderung von Pflanzen, in geringeren Heizkosten im Winter, sowie höherem Kühlungsbedarf im Sommer und insbesondere durch den erhöhten Hitzestress für die Bewohner\*innen einer Stadt. (Oke et al 2017) Abbildung A bildet den Effekt der UHI ab. Die UHI entsteht vor allem an autochthonen Wetterlagen, also an strahlungsintensiven Tagen mit niedrigem Wolkenstand und geringem Luftaustausch. Im Zusammenspiel mit dem Aufheizen des verdichteten Stadtkörpers am Tag entstehen so nachts Unterschiede in der Oberflächen- und Lufttemperatur zum Umland. Die UHI wird in vier horizontale Ebenen eingeteilt, welche sich unterschiedlich auf das Stadtklima auswirken. In die Hitzeinsel der urbanen Oberfläche, die Hitzeinsel der Stadthindernisschicht, die Hitzeinsel der Stadtgrenzschiicht und die Hitzeinsel des urbanen Untergrundes. Die Hitzeinsel der urbanen Hindernisschicht, beschreibt den Bereich zwischen der Bodenoberfläche und dem gemittelten Dachniveau. Bezogen auf die Gesundheit des Menschen hat die Hitzeinsel der urbanen Hindernisschicht den größten Einfluss auf die Wahrnehmung des Stadtklimas. Daher ist im Folgenden bei der Nennung der UHI, die Hitzeinsel der urbanen Hindernisschicht gemeint. Die UHI wird tagsüber durch eine erhöhte kurzwellige Strahlungsabsorption und eine Reduktion der Reflexstrahlung durch einen geringen *Sky View Factor* (SVF) geprägt. Nachts über äußert sich die UHI durch eine erhöhte Wärmeabgabe langwelliger Strahlung. Die Folge ist eine Reduktion der nächtlichen Abkühlung. In den Sommermonaten bewirkt die UHI eine erhöhte thermische Wärmebelastung für den Menschen und beeinflusst aufgrund einer erhöhten Temperatur negativ die Schlafqualität. Hingegen geht der Bedarf an Wärmeenergie für Gebäude im Winter zurück. (Henninger/Weber 2019)

Einen weiteren relevanten Einfluss auf das Stadtklima hat das bodennahe Windfeld. Die Windgeschwindigkeit ist in Städten aufgrund einer

# STADTKLIMA & URBANE WÄRMEINSEL

A



Vergleich		Stadt	Umland
Klimatologische Ereignistage	Kriterium	Mittelwert	Mittelwert
Eistage	$t_{\max} < 0\text{ °C}$	12,0	13,8
Frosttage	$t_{\min} \leq 0\text{ °C}$	38,8	57,0
Kalte Tage	$t \leq 0\text{ °C}$	20,8	27,8
Sommertage	$t_{\max} \geq 25\text{ °C}$	46,4	36,0
Heiße Tage	$t_{\max} \geq 30\text{ °C}$	13,0	9,8
Heiße Nächte	$t_{\text{Nacht}} \geq 20\text{ °C}$	25,6	9,4

höheren Oberflächenrauigkeit durch die Bebauung im Durchschnitt geringer, während die Lufttemperatur durch den geringeren Luftaustausch im Jahresdurchschnitt um etwa ein bis 2°C höher ist als im unbebauten Umland. Ebenso zeichnen sich die Luftströmungen in urbanen Agglomerationsräumen durch thermisch und mechanisch verursachte Turbulenzen und Böen aus. Diese treten besonders nachts auf, wenn der UHI-Effekt am größten ist. (Kuttler 2013)

Das Stadtklima ist somit ein anthropogen verändertes Mikroklima, welches durch Bebauung und Wärmeemission geprägt wird. Im Vergleich zum unbebauten Umland zeichnet sich das Stadtklima durch reduzierte Windgeschwindigkeiten und ein erhöhtes Absorptionspotential direkter Solarstrahlung aus. Daraus kann besonders an autochthonen Wetterlagen der UHI-Effekt nachts auftreten.

## Klimaresilienz

Klimaresilienz beschreibt im städtischen Kontext die Fähigkeit einer Stadt, von den Auswirkungen sich verändernder klimatischer Bedingungen weniger beeinflusst zu sein. Die Steigerung der Klimaresilienz bringt eine verbesserte Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit gegen Klimawirkungen mit sich. Angepasste Räume sind von vornherein flexibler auf eintreffende Extremereignisse eingestellt und können sich daher besser von den daraus resultierenden Rückschlägen erholen und aus möglichen Fehlern lernen. (Henninger/Weber 2019)

Angesichts der größten Klimarisiken in Deutschland, nämlich zunehmender Hitzebelastung und Flutrisiken, ist eine erhöhte Klimaresilienz besonders in vulnerablen Sektoren notwendig. Diese gilt es zunächst zu identifizieren. Besonders kritische Infrastrukturen im Gesundheitswesen wie Krankenhäuser, Alten- oder Pflegeheime sind eher von Hitze stress gefährdet und nicht zureichend auf Hochwasserereignisse vorbereitet. (Henninger/Weber 2019)

Auch kritische Infrastrukturen wie Transportwege oder der Energiesektor sind flexibler zu planen, um weiterhin die Daseinsvorsorge für die Bevölkerung zu sichern (Kuttler/Blätgen 2015). Bestehende und zukünftig geplante Infrastrukturen sollten daher anpassungsfähiger an die Wirkungen des Klimawandels gestaltet werden (Henninger/Weber 2019). Der

A Stadtklima Einflüsse und Vergleich Stadt Umland (Eigene Darstellung nach: Henninger/Weber 2019)

Grad der bestehenden Vulnerabilität einer Infrastruktur oder Bevölkerungsgruppe kann hierbei herangezogen werden, um das Maß der Handlungsnotwendigkeit zu identifizieren. Je größer die Gefahr und die daraus resultierende Vulnerabilität der Bevölkerung in einem bestimmten Bereich ist, desto größer ist die Notwendigkeit, diesen Raum klimaresilienter gegen zukünftige Klimawirkungen zu planen (ebd.).

Zur Erhöhung der Klimaresilienz in Städten erweist sich die „No-Regret-Strategie“ als erfolgversprechend. Diese Strategie beschreibt, dass Maßnahmen der Klimaresilienz und -anpassung so angewandt werden, dass sie einen eindeutigen Mehrwert für die Allgemeinheit bieten. In erster Linie geht es dabei darum, Potenziale zu nutzen, bei denen keine direkten Nachteile für die Allgemeinheit entstehen, ungeachtet dessen, ob in dem Handlungsraum tatsächlich eine Gefährdung durch Klimawirkungen besteht oder nicht. Maßnahmen dieser Art sind beispielsweise Frühwarnsysteme für Flutereignisse. Ein weiteres Beispiel ist die Schaffung multifunktionaler Räume wie Flutwiesen, welche neben der Funktion als Retentionsraum auch als Naherholungsraum dienen. (Henninger/Weber 2019)

Da der Klimawandel ein globales Phänomen ist, betrifft Klimaresilienz nicht nur die Planung, sondern auch die Gesamtheit der Bevölkerung. Darum ist es neben Innovationen flexibler Planung genauso wichtig, in der Gesellschaft eine weitere Wahrnehmung für die Wirkungen des Klimawandels durch Bildung seitens der Politik zu schaffen. (Henninger/Weber 2019)

## Klimawandelanpassung und Klimaschutz

Der Klimaschutz und die Klimawandelanpassung verfolgen beide die gleiche Zielsetzung, den potenziellen Negativfolgen des Klimawandels entgegenzuwirken. Dabei unterscheiden sich die zwei Strategien in ihrer Vorgehensweise. Während der Klimaschutz versucht durch Mitigation eine Reduktion weiterer Treibhausgase zu erreichen und somit einem weiteren Ansteigen der Globaltemperatur entgegenzuwirken, versucht die Klimawandelanpassung durch Adaption, sich an die bestehenden und zukünftigen Effekte der Klimawirkungen anzupassen. (Henninger/Weber 2019)

Diese Klimawirkungen können in unterschiedlichster Form und Intensität auftreten und sowohl gesellschaftliche als auch räumliche Strukturen gefährden (UBA 2021). Anhaltende Hitzewellen und Trockenperioden oder Flutereignisse sind beispielhafte Klimarisiken, welche auch für Deutschland projiziert werden (IPCC 2022c).

Eine Gefährdung durch die Klimawirkung ist dabei immer so groß wie die Vulnerabilität der Betroffenen. Durch Maßnahmen in der Klimawandelanpassung wird versucht, diese Vulnerabilität natürlicher und struktureller Systeme zu senken. Dafür müssen die Vulnerabilitäten jedoch zunächst identifiziert werden. Darauf aufbauend kann die Klimawandelanpassung in der Umsetzung reaktiv oder vorausschauend sein und sowohl aus öffentlicher Hand oder durch private Initiative entstehen. Beispielhafte Maßnahmen der Klimawandelanpassung sind der Schutz bestehender Freiflächen und Vegetationen, die Gestaltung und Ausweisung neuer Freiflächen, die Renaturierung versiegelter Böden oder die klimatische Sanierung von Infrastruktur. (Birkmann/Blätgen 2018)

Das Ziel dabei ist meist die thermische Verbesserung des lokalen Mikroklimas. Dies kann für den Menschen durch die Minimierung direkter und indirekter Hitzebelastung und die Reduktion der Lufttemperatur erreicht werden. Anpassungsmaßnahmen wie eine Erhöhung der Verschattung und Evaporation von Wasser können bereits im kleinen Maßstab große Wirkung auf die thermische Wahrnehmung von Räumen haben. (Lenzholzer 2015)

Die Klimawandelanpassung ist in der Politik noch nicht im selben Ausmaß wie der Klimaschutz vertreten. Das liegt unter anderem daran, dass die Risiken des Klimawandels nicht genau bestimmt oder vorhergesagt werden können. Dennoch ist ein frühzeitiges Handeln für die Steigerung der Anpassungsfähigkeit notwendig, um Siedlungsräume auch in Zukunft für den Menschen zu sichern. (Henninger/Weber 2019)

Der Klimaforscher Prof. Ayyoob Sharifi (2020) von der Hiroshima University kommt in einer Studie zu dem Ergebnis, dass Anpassungsmaßnahmen im Widerspruch zu Klimaschutzmaßnahmen und umgekehrt stehen können. Kommunen müssen demnach mit Kompromissen umgehen. Der Konflikt zwischen dem Klimaschutz und der Klimawandelanpassung wird beispielsweise im Bereich der Flächennutzung besonders deutlich. Im Kontext des Klimaschutzes sind urbane Räume mit einer ausgeprägten Kompaktheit und einem hohen Maß an baulicher Dichte unter anderem für geringere Emissionen im Verkehrssektor verantwortlich und somit vorteilhaft für den Klimaschutz. Demgegenüber verstärkt eine kompakte Bebauung den UHI-Effekt unter anderem aufgrund von mangelnden Grün- und Freiflächen und erhöht die Exposition für Hitzestress. Auch bei kritischen Infrastrukturen wie beispielsweise Entwässerungssystemen kann durch eine höhere Bebauungsdichte das Überschwemmungsrisiko höher sein. Sharifi zeigt ebenso im Bausektor Widersprüche zwischen Klimaschutz und Anpassung. Insbesondere die Klimatisierung von Gebäuden wie Krankenhäuser zum Schutz vulnerabler Bevölkerungsgruppen können als Anpassungsmaßnahme positiv im Hinblick auf die Gesundheit oder Produktivität gewertet werden. Gleichzeitig bedeutet eine Klimatisierung einen erhöhten Energiebedarf und damit Kompromisse im Klimaschutz. (Sharifi 2020)

Klimaschutz und Klimawandelanpassung müssen demnach in einer abgewogenen Koexistenz zueinander stehen und die Planung muss die entstehenden Wechselwirkungen berücksichtigen. Dabei bedarf es ganzheitlicher und integrierter Lösungsansätze. Global anerkannte politische Leitbilder, Verträge und Rahmenwerke wie beispielsweise das Pariser Klimaabkommen oder die *New Urban Agenda* der Vereinten Nationen haben die Notwendigkeit unterstrichen, dass Entwicklungs- und Aktionspläne sowohl Anpassungs- als auch Schutzmaßnahmen umfassen müssen. Zu ähnlichen Empfehlungen, dem Verabschieden integrierter Pläne über Maßnahmen der Klimawandelanpassung und des Klimaschutzes, kommt die Vereinten Nationen in den Sustainable Development Goals im Ziel 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ sowie im Ziel 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“. (Sharifi 2020)

# Klimaprojektionen

Klimaprojektionen stellen das Klima in zukünftigen Zeiträumen in bestimmten Regionen dar. Sie basieren auf rechenintensiven Klimamodellen, welche wesentliche Prozesse in der Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre simulieren. Klimamodelle berechnen mit konkreten Annahmen zu politischen, wirtschaftlichen und sozioökonomischen Entwicklungen und dem aktuellen Klima mögliche Projektionen des zukünftigen Klimas oder rekonstruieren das Klima der Vergangenheit. Durch die notwendige Vereinfachung der Klimaprozesse entsteht jedoch auch eine gewisse Ungenauigkeit. (Schönwiese 2020)

Der IPCC sammelt Ergebnisse von weltweiten Klimamodellen und fügt diese zu globalen Klimaszenarien zusammen, um so einen Blick auf die möglichen Entwicklungen des Weltklimas unter verschiedenen Voraussetzungen zu ermöglichen. Diese wurden als SSPs im aktuellen sechsten IPCC Sachstandsbericht veröffentlicht. (IPCC 2022a)

Regionale dynamische Klimamodelle und deren Klimaprojektionen werden in Deutschland unter anderem vom GERICS veröffentlicht. Dynamische Klimamodelle funktionieren so, dass diese über eine Gitterkonstruktion für die Atmosphäre mit konkreten Daten für die Klimaelemente an den Knotenpunkten des Gitters unter konkreten Voraussetzungen berechnet werden. Sie haben den Vorteil, dass sie ein konkretes Szenario konkret berechnen können. Dafür benötigen sie jedoch viel Rechenleistung und können nur von Rechenzentren berechnet werden. Globale Klimamodelle besitzen eine Rasterauflösung von  $1,875^\circ$ , während ein grobes, regionales Klimamodell eine Rasterauflösung von  $0,44^\circ$ , was 50 km entspricht, besitzt. Eine feine regionale Rasterauflösung bedeutet eine kleinere Rasterung mit nur  $0,11^\circ$  und 12,5 km großen Kacheln. Dies kann deutlich feinere Unterschiede auf lokaler Ebene aufzeigen. Anstatt auf rechenintensive dynamische Klimamodelle zurückzugreifen, können auch andere regionale Klimamodelle genutzt werden, um Klimaprojektionen zu erstellen. So zum Beispiel statistische regionale Klimamodelle oder Regionalisierungsverfahren, wie zum Beispiel die *wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode* (WETTREG). (DWD 2017; Hübener/Wolf 2010)

Für das WETTREG wird aus Beobachtungsdaten der Zusammenhang zwischen der großskaligen Wetterlage und den Parametern Temperatur und Niederschlag für das heutige Klima berechnet. Dieser Zusammenhang wird auf ein globales Klimamodell angewendet und berechnet mit einer Interpolation der Daten nach der Geländehöhe über dem Meeresspiegel die Klimaprojektion für den Beobachtungsstandort. Vorteil dieser statistischen Klimamodelle oder Regionalisierungsverfahren ist der deutlich geringere Rechenaufwand sowie die genaue räumliche Zuordnungsmöglichkeit von Temperatur und Niederschlag. (Hübener/Wolf 2010)

## METHODIK

Im Folgenden soll die Vorgehensweise dieser Arbeit wiedergegeben werden. Das Arbeiten mit aktueller Literatur der Umweltmeteorologie und von Klimaprojektionen bildeten die Grundlage, um Entwicklungsten-

denzen für das zukünftige Klima in Kassel annehmen zu können.

## Identifizierung der wesentlichen Klimarisiken für Kassel

Um Aussagen über das Klima und mögliche Klimarisiken treffen zu können, welche Jahrzehnte in der Zukunft liegen, benötigt es die Hilfe von Klimamodellen und daraus hervorgehenden Klimaprojektionen. Als erste Grundlage dafür dienen die Klimaszenarien des IPCC, insbesondere des SSP 3-7.0 und des SSP 5-8.5. Diese Klimaszenarien wurden gewählt, da sie die folgenreichsten Entwicklungen der globalen Mitteltemperatur zur Normalperiode 2071-2100 und damit einhergehende Klimarisiken projizieren. Die Wahl der Worst Case Szenarien wurde deshalb getroffen, um die potenziell möglichen Handlungserfordernisse von Klimawandelanpassung in der Zukunft zu verdeutlichen. Der IPCC ist ein regierungsunabhängiger Forschungsapparat, welcher für die globale Allgemeinheit Wissen sammelt, um Aussagen über die Entwicklung des zukünftigen Klimas treffen zu können. Neben der Darstellung zukünftiger Entwicklungstendenzen durch die Klimaszenarien, bietet der IPCC auch Handlungsempfehlungen für notwendige und gelingende Klimawandelanpassungen in allen Regionen der Welt. (Weltklimarat o. D.)

Im ersten Teil des vierten Kapitels werden die Aussagen bezüglich der Entwicklungstendenzen in urbanen Siedlungsräumen auf globaler und europäischer Ebene dargestellt. Die Wissensstände des IPCC sollen für die spätere Konkretisierung eine Grundlage bilden, auf der die zukünftigen Klimarisiken für Kassel in Kombination mit regionalisierten Klimaprojektionen angenommen werden können.

Für die Beschreibung der klimatischen Veränderungen werden einige einzelne Indikatoren stellvertretend ausgewählt und vorgestellt. Das Kapitel 4.1.3 soll einen Überblick liefern über die Entwicklungsrichtung des Stadtklimas Kassels. Auf regionaler Ebene Kassels und der Umlandgemeinden gibt es von verschiedenen Institutionen aussagekräftige Klimasimulationen. Diese Arbeit stützt sich hierbei auf die Ergebnisse zweier Institutionen. Zum einen werden für eine erste übersichtliche Darstellung der temperatur- und niederschlagsbasierten Kennwerte die Ergebnisse des Klimaausblicks Kassel des GERICS herangezogen. Für die Darstellung in einem lokal präziseren Raster werden zum anderen die Klimagraphen des PIK genutzt. Beide Klimasimulationen arbeiten mit den Klimaszenarien des fünften IPCC-Sachstandsberichts (RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6). Durch die Arbeit mit den älteren Entwicklungsszenarien kommt es in den Ergebnissen der einzelnen Kennwerte zu geringen Abweichungen, wobei die Entwicklungsrichtungen mehrheitlich übereinstimmen.

Das Klimaschutzteilkonzept für die Stadt Kassel wurde 2017 vor dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels und seinen Folgen für das Stadtklima beim Institut für Klima- und Energiekonzepte in Auftrag gegeben. Im Klimaschutzteilkonzept wird eine Analyse des Stadtklimas Kassels und der daraus resultierenden Folgen basierend auf dem vierten IPCC-Sachstandsbericht von 2007 durchgeführt. Dabei wurde basierend auf den herausgestellten Kernrisiken für Kassel ein Maßnahmenkatalog im Rahmen einer gesamtstädtischen Strategie erarbeitet. (INKEK 2017) Die Klimaanalysen des Klimaschutzteilkonzept spiegeln das gegenwärtige

ge Stadtklima Kassels wider. Durch die Übertragung des gegenwärtigen stadtklimatischen Kontextes mit den Aussagen zukünftiger Klimaprojektionen auf globaler und regionalisierter Ebene, können genauere Annahmen über zukünftige klimatische Schlüsselrisiken in Kassel getroffen werden.

## Gegenüberstellung des Klimaschutzteilkonzeptes mit den Klimawirkungen nach UBA

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die zukünftig wesentlichen Klimarisiken für Kassel herausgestellt wurden, gilt es als nächsten Schritt den aktuellen Grad der Klimawandelanpassung in Kassel zu ermitteln. Die Umsetzung der Klimawandelanpassung von heute bestimmt die Klimaresilienz Kassels gegenüber der Klimarisiken von morgen. Im Rahmen dieser Arbeit kann der Grad der Klimawandelanpassung in Kassel jedoch nicht allein anhand des aktuellen Klimaschutzteilkonzeptes bewertet werden. Der dazugehörige Maßnahmenkatalog gibt einen Eindruck darüber, in welche Richtungen und in welcher Genauigkeit sich die Klimawandelanpassung für Kassel im Horizont des Klimaschutzteilkonzeptes bis 2030 bewegen wird. Um Annahmen über den Grad der Klimawandelanpassung treffen zu können, dienen die aktuellen Wissensstände des UBA als Referenz. Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse unterscheidet die Klimawandelanpassung in 13 Themenbereiche und konnte durch Analysen 102 Klimawirkungen in Deutschland bis zum Ende des Jahrhunderts ermitteln und den Themenbereichen zuordnen (UBA 2021). Diese Klimawirkungen wurden durch das UBA nach dem Risikograd gewichtet und konnten somit in ihrer Priorität für erforderliche Klimawandelanpassung unterschieden werden (ebd.). Innerhalb der 13 Themenfelder bestehen somit 54 Klimawirkungen, welche bis zum Ende oder bereits zur Mitte des Jahrhunderts für Deutschland eine hohe oder sehr hohe Handlungserfordernis für Klimawandelanpassung erfordern (ebd.). Diese Klimawirkungen werden in einem weiteren Schritt den zuvor ermittelten Schlüsselrisiken für Kassel zugeordnet. Die einzelnen Maßnahmen des aktuellen Klimaschutzteilkonzeptes für Kassel können anschließend mit den Klimawirkungen abgeglichen werden. Somit kann festgestellt werden, welche Klimawirkungen bereits konkret durch die aktuellen Maßnahmen adressiert werden, welche Klimawirkungen bislang indirekt erwähnt werden und welche Klimawirkungen bislang keinerlei Beachtung im Klimaschutzteilkonzept der Stadt Kassel finden. Abschließend können somit Aussagen darüber getroffen werden, welche Klimarisiken für Kassel bereits jetzt moderate Anpassung erfahren und welche Risiken einen vertieften Fokus in Zukunft benötigen.

## Klimawandelanpassung in der Lehre an der Universität Kassel

Zur Beantwortung der letzten Forschungsfrage gilt es zu prüfen, inwieweit die Themen der Klimawandelfolgen und die der Klimawandelanpassung in der Lehre des FB06 an der Universität Kassel in den vergangenen Jahren vertreten waren und derzeit vertreten sind. Dafür wurden

die zuvor ermittelten Schlüsselrisiken für Kassel sowie ausschlaggebende generelle Schlagwörter der Stadtklimatologie zur Analyse herangezogen. In einem ersten Analyseschritt wurden die Modulhandbücher der ASL Studiengänge untersucht. Um den sich stetig wandelnden Anforderungen an die Lehre gerecht werden zu können und einen gewissen Auslegungsspielraum seitens der modulverantwortlichen Lehrkräfte zu gewährleisten, sind die Modulhandbücher so offen wie möglich gehalten und bleiben in ihrer Definition unkonkret. Daher wurden, um den Auslegungsspielraum berücksichtigen zu können, dafür als Datengrundlage die Vorlesungsverzeichnisse seit dem Sommersemester 2017 verwendet. Der Zeitabschnitt wurde so gewählt, da 2017 ebenfalls das Klimaschutzteilkonzept der Stadt Kassel veröffentlicht wurde. Für die Analyse des Lehrangebots wurden aus dem Vorlesungsverzeichnis vom Sommersemester 2017 bis zum Wintersemester 2022/23 alle Modulbeschreibungen von allen Projektangeboten für alle sechs Studiengänge - sowohl Bachelor als auch Master in Architektur, Stadtplanung und Landschaftsplanung - sowie alle Bachelor Pflichtmodule der theoretisch-systematischen Lehre für A, S und L auf die gewählten Stichwörter untersucht. Die Häufigkeit der Stichwörter innerhalb einer Modulbeschreibung war dabei irrelevant. Lediglich, ob diese auch in ihrem Wortstamm vorkommenden Begriffe in den Beschreibungen vorzufinden waren, war von Relevanz für die Recherche. Folgende Begriffe wurden untersucht: Klimawandel, Klimaanpassung, Klimaresilienz, Klimatologie, Stadtklima, Umweltmeteorologie, Meteorologie, Wassermangel, Hitzestress, Hochwasser, Luftqualität, Belüftung, Hitze und Entsiegelung. Durch die Häufigkeit der Nennung der Stichwörter kann so eine quantitativ gestützte Aussage über die Adressierung der Themen der Klimawandelfolgen und die der Klimawandelanpassung im Grundstudium gemacht werden.

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Im Folgenden werden die eingangs formulierten Leitfragen der Forschungsfrage in einzelnen Kapiteln bearbeitet. Dafür wird jeweils die wissenschaftliche Grundlage dargelegt und mit den lokalen Spezifika des Untersuchungsraumes verknüpft. Diese Ergebnisse werden dann zur Beantwortung der Leitfragen herangezogen. Dabei folgt die Bearbeitung der drei Leitfragen in den folgenden Kapiteln der anfänglichen Aufzählung der Leitfragen selbst.

### Das Stadtklima Kassels

Dieses Kapitel widmet sich der Leitfrage, wie sich das Stadtklima Kassels bis zur Normalperiode 2071-2100 entwickeln könnte. Dafür wird ein genereller Blick auf die globalen Entwicklungstrends geworfen und von dort aus wird der angewandte Maßstab verkleinert über regionalisierte Klimaprojektionen bis zur Ebene Kassels. Hier werden, nach einer Darstellung der Stadtklima bestimmenden Faktoren Kassels, auf Grundlage des Klimaschutzteilkonzeptes und der regionalen Klimaprojektionen, die Schlüsselrisiken für Kassels Stadtklima zum Ende des Jahrhunderts herausgebildet.

## EUROPÄISCHE STÄDTE IM KONTEXT DES KLIMAWANDELS

Das Klima entwickelt sich global in unterschiedlicher Intensität und Auswirkung. Die Effekte dieser Klimaentwicklungen sind stark von der räumlichen Lage, aber auch von gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Strukturen abhängig. Letztere definieren, inwieweit sich ein Kontinent, ein Land oder eine Stadt an die Folgen des Klimawandels anpassen kann und muss. Ebenfalls unterscheiden sich die Aussagen des IPCC zu den fünf möglichen Klimaszenarien. Je nach Szenario unterscheidet sich der Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis 2100 zwischen 1,5°C und über 4°C und damit unterscheiden sich auch die entsprechenden globalen Auswirkungen stark. Unter Annahme des SSP Szenarios 5-8.5, sind die Folgen auf globaler Ebene besonders für den globalen Süden entlang des Äquators und für alle Staaten in Küstennähe am größten. Intensivierungen und Häufungen von Extremhitzeereignissen sind unter diesem Szenario bis 2100 zu erwarten. Auch die Zunahme von Extremniederschlägen und der Anstieg der Weltmeere werden global angenommen. Die daraus resultierenden globalen Kernrisiken sind der Verlust von Landmasse entlang von Küsten, Hungersnöte entstehend aus Ernteausfällen, gesundheitliche Gefahren, die Gefährdung der Biodiversität und Fluten im Inland durch Extremniederschläge. Die daraus resultierenden Kaskadeneffekte können die Stabilität von sozialen, wirtschaftlichen und vor allem ökologischen Systemen weltweit gefährden. (IPCC 2022a)

Heute leben mehr als vier Milliarden Menschen in urbanen Siedlungsstrukturen. Bis zum Jahr 2050 wird die urban lebende Weltbevölkerung auf über sechs Milliarden geschätzt. Knapp 90 % dieses Stadtwachstums soll in Ländern des globalen Südens, also primär in Ländern Afrikas, Teilbereichen Süd- und Südostasiens und Südamerikas entstehen. Trotz aktueller Wissensstände zu Klimarisiken und Anpassungsmöglichkeiten scheitert die Klimawandelanpassung in der Praxis oft an der Umsetzung. Gründe hierfür sind unter anderem ein Fehlen des politischen Willens, fehlende Managementkapazitäten, fehlende Finanzierungsmittel oder entgegengewirkende Prioritäten, welche Anpassungen ausschließen.

Als besonders gefährdend werden Klimarisiken eingestuft, wenn mit ihnen ein Wegbrechen von kritischer Infrastruktur einhergeht. Notwendige Infrastrukturen wie Bepflanzung, zentrale Transportwege oder grundlegende Versorgung für Gesundheit und Bildung gründen das Fundament, um Stadtstrukturen zu erhalten. Bei einem Wegbrechen kritischer Infrastruktur können Kaskadeneffekte entstehen, welche weitere Infrastrukturen gefährden. Ein Ausfall der Stromversorgung einer Stadt gefährdet beispielsweise Einrichtungen wie Krankenhäuser, Nahversorgung oder auch Transportwege. (IPCC 2022a)

Europäische Siedlungsräume stehen trotz ihrer anderen Bau- und Sozialstruktur im Gegensatz zu Ländern des globalen Südens ebenso vor Problemen durch die Klimawandelfolgen. Für diese Regionen nennt der IPCC einzelne Schlüsselrisiken. Im Falle der Risiken Hitze, Wassermangel, Hochwasser und Enterausfälle ist der Handlungsbedarf bereits jetzt sehr hoch, um zukünftige Klimarisiken zu mildern und um urbane Räume zu schützen.

In Europa wird sich in Zukunft das Auftreten und die Intensität von Klimawirkungen und damit einhergehenden Klimarisiken erhöhen. Im Inland äußert sich dies durch Zunahmen von Extremwetterlagen wie längeren Hitzeperioden und häufigeren Extremniederschlägen, während

der durchschnittliche Niederschlag tendenziell abnehmen wird. Der Anstieg des Meeresspiegels stellt zusätzlich das größte Risiko für urbane Siedlungsräume in Küstennähe dar. Im Zusammenspiel mit fortschreitender Urbanisierung steigt auch der Anteil der globalen Oberflächenversiegelung. (IPCC 2022a)

Der Hauptgrund für Hitzeexposition sind immer schneller wachsende Städte, die ohnehin schon durch Hitze belastet sind, die wiederum durch den Anteil der Oberflächenversiegelung steigt. Neben gesundheitlichen Gefahren schlägt sich Hitzeexposition auch in Abnahmen der Produktivität nieder. Nach SSP 3-7.0 entsteht bis 2100 ein geschätzter Ernteverlust von 23 % durch Produktivitätsminderung in Verbindung mit Hitzestress. Sowohl der Anteil strahlungsintensiver Tage als auch die Reduktion von Luftaustausch durch zunehmende Oberflächenrauigkeit nimmt laut Klimaprojektionen des IPCC in Zukunft weiter zu. Hitzestress und Tropennächte werden daher besonders in urbanen Räumen eine immer größere Herausforderung darstellen. (IPCC 2022a)

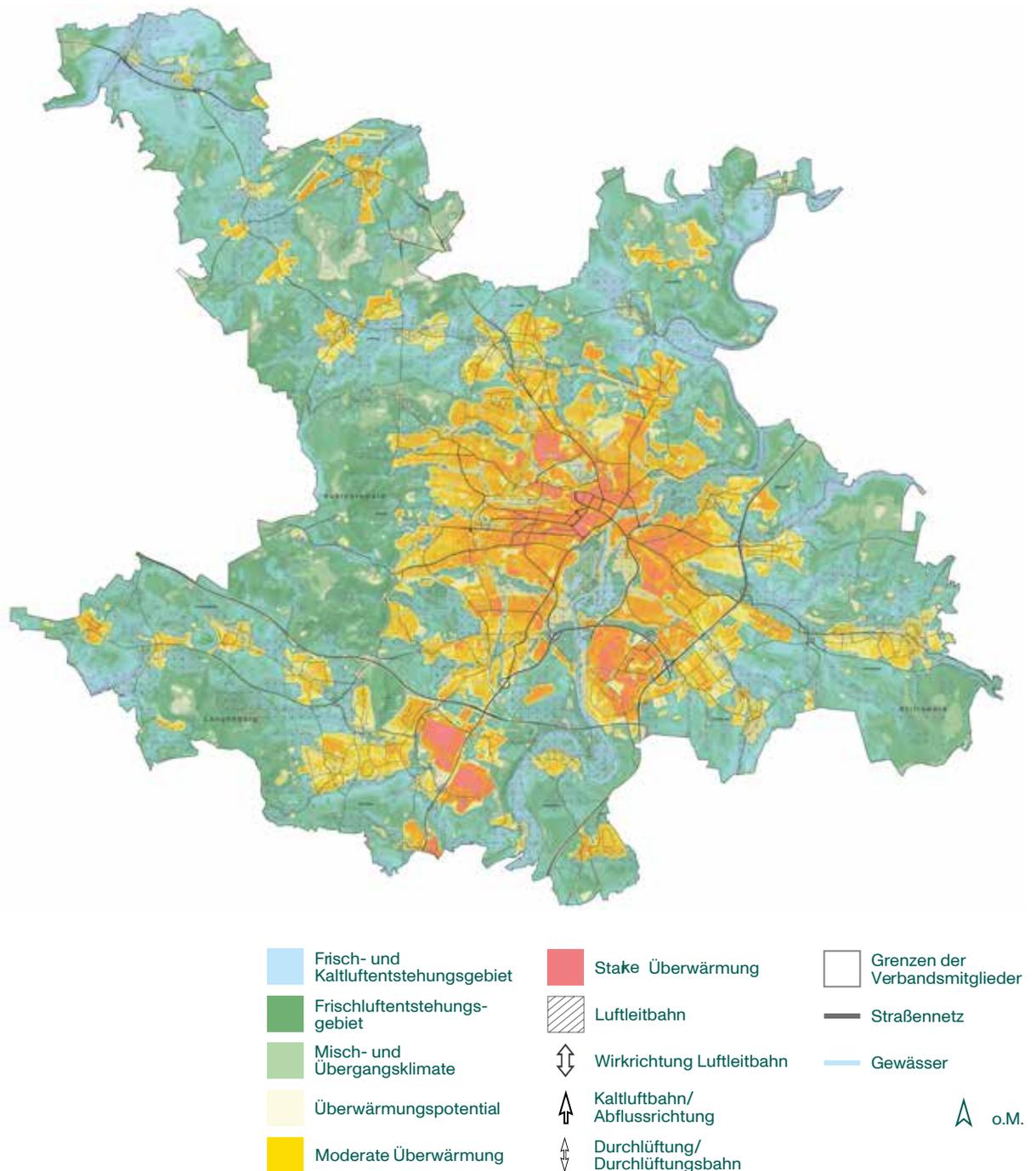
Ein weiteres allgemeines Risiko für urbane Siedlungsräume ist urbane Wasserknappheit. Nach aktuellem Sachstandsbericht leiden bis 2050 ein Drittel aller größeren Städte unter Wassermangel. Das Fehlen von Wasser sorgt für zunehmende Abhängigkeit von externen Wasserimporten, was weitere Regionen unter Druck setzt den eigenen Wasserbedarf decken zu können. Wie auch bei der Exposition von Hitzestress sind bei Wasserknappheit die benachteiligten Bevölkerungsschichten am meisten gefährdet. (IPCC 2022a)

Flutrisiken wie Flussübertretungen, Sinnfluten, Sturzfluten, Kanalisationsüberlastungen oder Küstenfluten entstehen durch das Zusammenspiel aus meteorologischen Faktoren, den lokalen Gegebenheiten und der städtischen Struktur. In Europa werden Extremniederschläge in Intensität und Häufigkeit wahrscheinlich zunehmen. In Städten werden Fluten durch den erhöhten Versiegelungsgrad intensiviert, da dadurch der Anteil an Retentionsvegetation abnimmt. Fehlende Wasserspeicherung kann infolgedessen zu Überlastungen von Kanalisationssystemen bei Starkregen führen. Forschungen in Europa zufolge kann in Städten das Ausmaß von Fluten um bis zu 10 % pro 1 % zusätzlich versiegelter Fläche zunehmen.

Ein weiteres durch den Klimawandel in Europa zunehmendes Problem wird die Lufthygiene sein. In Städten wird ein Anstieg der Luftverschmutzung die Morbidität und Mortalität erhöhen. Mit einer Zunahme an Atemlufterkrankungen ist besonders in stark verdichteten Räumen zu rechnen, wo anthropogene Schadstoffemittenten wie der motorisierte Individualverkehr (MIV), Klimaanlage oder das Heizen von Gebäuden sich häufen. Luftverschmutzung trägt zudem zur Verbreitung anderer Krankheiten durch die Emission von Wärme und Luftschadstoffen bei. Durch schlechtere Luftqualität steigt der Bluthochdruck und die Stressempfindung. Zusätzlich nimmt in Bereichen mit stark verschmutzter Luft die Qualität des Schlafes ab, was zu gesundheitlichen Folgen und einer Abnahme der Produktivität führen kann. Vulnerable Menschengruppen sind Ältere, Kinder, Vorerkrankte und generell ärmere Bevölkerungsschichten, welche in hoch verdichteten Stadträumen leben. (IPCC 2022a)

## AKTUELLES STADTKLIMA UND PRÄGENDE FAKTOREN

Die Stadt Kassel befindet sich mit einer Jahresdurchschnittstemperatur



von 8,2°C in den letzten Jahrzehnten und einem Jahresniederschlag von durchschnittlich 778,6 mm in der gemäßigten Klimazone. Die Region wird durch die Topografie des Kasseler Beckens auf einer Höhe von 140-300 Meter über Normalnull geprägt, welche besonders bei austauscharmen Wetterlagen die klimatischen Bedingungen verstärkt und zu luft-hygienischen Belastungen im Winter und zu Hitze-problemen im Sommer führen kann. Die Fulda durchzieht als Fließgewässer die Stadt Kassel und hat eine stabilisierende Wirkung auf die Stadttemperaturen, birgt jedoch ebenso die potenzielle Gefahr von Hochwassern und Überschwemmungen von flussnahen Stadtgebieten. (INKEK 2017)

In den vergangenen Jahrzehnten äußerte sich das milde kontinentale Klima Kassels an durchschnittlich 23,1 Sommertagen und davon knapp drei heiße Tage im Jahr. Demgegenüber stehen durchschnittlich 86,2 Frosttage und davon 22,2 Eistage unter 0°C. Die kontinentale Lage Kassels führt, mitunter geprägt durch die Tallage im Kasseler Becken, zu einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 778,6 mm bei dem-

gegenüber 229,6 Trockentagen im Jahr. (Bathiany et al. 2021)

Auf Grundlage der klimatischen Gegebenheiten wurde im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts, welches in den folgenden Kapiteln detaillierter analysiert wird, eine Untersuchung des derzeitigen Stadtklimas durchgeführt. Als Produkt der Analyse der klimatischen Bedingungen der Stadt Kassel wurde eine Klimafunktionskarte erstellt und mit darauf basierenden Themenkarten erweitert. Mit dieser Karte konnten die bereits bestehenden und zukünftig potenziell stärker vom Klimawandel betroffenen Gebiete sichtbar und verortbar gemacht werden. Hierfür wurde zum einen die Thermik des Stadtklimas mit Themenkarten zur Hangneigung, Porosität, Kaltluftabfluss und Windstatistik im Stadtgebiet Kassels untersucht und zum anderen wurden Aussagen zur Dynamik des Stadtklimas basierend auf Themenkarten zur Landnutzung, Gebäudevolumen, Vegetation und einer Messkampagne im Stadtgebiet Kassels getätigt. Des Weiteren wurden Klimatope im Stadtgebiet definiert und untersucht, um ihre Funktion im Stadtklima zu bestimmen. (INKEK 2017)

Die Klimafunktionskarte beschreibt mit der thermischen und dynamischen Komponente die klimatischen Funktionen von verschiedenen Teilen des Stadtgebietes. Sie verortet beispielsweise für die Belüftung wichtige Kalt- und Frischluftschneisen und Luftleitbahnen, aber auch Gebiete moderater und starker Überwärmungspotentiale. Gerade für die Belüftung zeigt sich, dass die Stadt Kassel stark von ihrer Lage im Kasseler Becken geprägt ist. Die Tallage hat im Sommer bei Hochdruckwetterlagen Überhitzung und im Winter lufthygienische Probleme aufgrund geringer Durchlüftung zur Folge. Die Bestimmung von bestehenden und potenziellen Überwärmungsgebieten zeigt ebenfalls deutlich, dass die Stadt Kassel besonders im Zentrum und den Industriegebieten große Flächen mit starkem Überwärmungspotential aufweist.

Ein weiterer erkannter Risikofaktor der Untersuchung ist das Potential für Hochwasser und Überschwemmungen. Diese liegen vor allem in den Bereichen entlang der Fulda, aber auch durch die starke Versiegelung großer Flächen, wie beispielsweise der Innenstadt, können bei starken Niederschlägen Überschwemmungen entstehen. (INKEK 2017)

Das Kasseler Stadtklima ist von vielen Komponenten geprägt. Dabei stehen einige jedoch heraus und haben einen größeren Einfluss als andere. Die Klimafunktionskarte zeigt jene Räume mit Überwärmungspotenzial auf. Diese liegen besonders in der innerstädtischen Lage, die besonders dicht besiedelt, bebaut, versiegelt und von geringer Vegetation geprägt ist. Durch die hohe Bewohner\*innendichte und das geballte Verkehrsaufkommen ist in diesen Gebieten die Wärmeemission gesteigert. Die Wärmeemission, die Bodenversiegelung und die geringe Vegetation in der innerstädtischen Lage sind Faktoren, die besonders der Überhitzung der Stadt zuträglich sind. Ein weiterer Stadtklimafaktor, der sich auf die Temperatur auswirkt, ist die Topografie des Kasseler Beckens, welche weniger schnelle Windgeschwindigkeiten zur Folge hat und so zu einem verminderten Luftaustausch führen kann. Dies birgt im Zusammenspiel mit den, durch die breiten Verkehrswege und die Industriegebiete verursachten, Schadstoffemissionen der Stadt, besonders bei luftaustauscharmen Wetterlagen, eine Gefahr für die Luftqualität und die Gesundheit der Bewohner\*innen.

c



Auf der anderen Seite gibt es auch Faktoren, die den negativen Einflüssen auf das Stadtklima entgegenwirken. Beispielsweise die Fulda und die darum befindlichen Grünflächen bieten eine natürliche Kalt- und Frischluftschneise durch die Stadt. Diese führt zu einem besseren Luftaustausch und Abtransport der Luftschadstoffe und zu einer Abkühlung der Lufttemperaturen im Sommer. (INKEK 2017)

Den globalen Temperaturentwicklungen und den folgenden regionalen Entwicklungen lassen sich nicht auf lokaler Ebene entgegenwirken. Bei den Faktoren, die maßgeblich auf das Stadtklima Einfluss haben, ist das jedoch nicht zwangsweise so. Die Fließgewässer der Stadt und die Topographie können vom Menschen nur mit großen Mühen verändert werden. Andere Faktoren, wie zum Beispiel die Schadstoffemissionen, die Vegetationsungleichheit zwischen dem Innenstadtraum und den grünen Außenbezirken, die Bodenversiegelung und die Wärmeemission sind durch die Gesellschaft und ihre Alltags- und Konsumverhalten geprägt. Hier bieten sich Stellschrauben, um das Stadtklima zum Wohle der Bewohner\*innen zu beeinflussen und die potenziellen Risikogebiete nicht weiter zu begünstigen. (Henninger/Weber 2019)

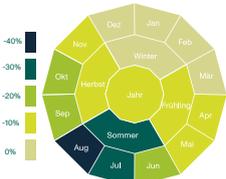
#### STADTKLIMA IN DER NORMALPERIODE 2071-2100

Mit den Verschiebungen der Klimazonen, aufgrund der Auswirkungen der projizierten Entwicklung der fortschreitenden Klimaerwärmung, können auch für die Region Mitteldeutschlands und speziell auf lokaler Ebene für die Stadt Kassel Auswirkungen auf die klimatischen Verhältnisse zu erwarten sein. Da diese Veränderungen mitunter starke Auswirkungen auf das menschliche Wohlbefinden, das alltägliche städtische Leben und die Tier- und Pflanzenwelt haben können ist es von Bedeutung die projizierten klimatischen Entwicklungen im voraus zu kennen, um präventive Maßnahmen zur Begegnung eventuell auftretender Probleme frühzeitig planen, einführen und umsetzen zu können. Für Städte wie Kassel helfen dabei regionalisierte Klimaprojektionen wie die auf

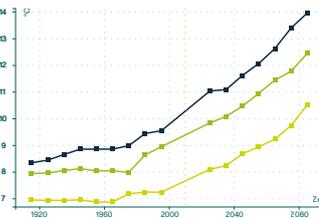
Projiziertes Erwärmungssignal in Hessen im Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000



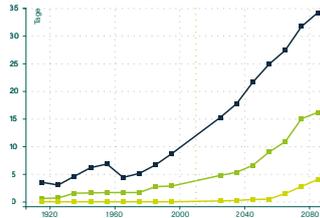
Projizierte Niederschlagsänderung in Hessen im Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000



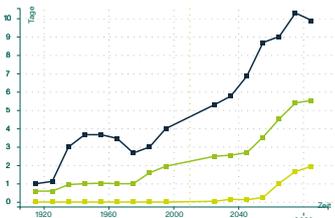
Durchschnittstemperatur



Entwicklung heißer Tage



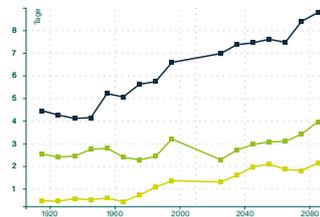
Andauer heißer Tage



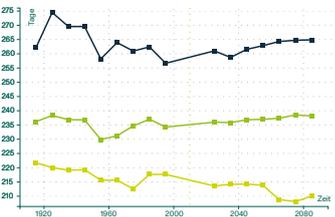
Niederschlag jährlich



Tage mit Starkniederschlag >20mm/Tag



Tage ohne Niederschlag



Beobachtungsdaten/interpolierte Daten (RCP 8.5) GCM/RCM ensemble Darstellung nach klo-PIK

Grundlage dynamischer Klimamodellierungen des PIK oder des GERICs, auf denen der größte Teil der folgenden Daten basiert. Diese Datengrundlagen berücksichtigen jedoch nicht in Gänze den Effekt der städtischen Wärmeinsel, wodurch sie nur als grobe Referenz der möglichen klimatischen Entwicklungen der Region Kassel gesehen werden können und nicht als präzise Projektion des Stadtklimas. Die Effekte der städtischen Wärmeinsel müssen zu den folgenden Aussagen noch addiert werden. Die Temperatur hat durch ihren direkten Einfluss auf den Menschen und die Umwelt einen wichtigen Stellenwert im Stadtklima. Sie ist ebenfalls ein wichtiger Kennwert, da sie in der Kommunikation der klimatischen Entwicklung und damit der eventuellen Notwendigkeit von speziellen Maßnahmen eine für jede Person im eigenen Alltag unveränderbare und prägende Variable ist. Schon über den Verlauf des letzten Jahrhunderts war eine sukzessive Steigerung der Jahresmitteltemperatur zu beobachten. (Bathiany et al. 2021)

Lag das Jahresmittel bis 2000 noch bei durchschnittlich 8,2°C (Bathiany et al. 2021) zeigen die aufgezeichneten Messungen seit dem eine stärker ansteigende Entwicklung, wodurch bis Ende des Jahres 2023 ein Jahresmittel von 9,8°C erreicht werden könnte (IMPACT2C 2015). Die Projektionen des PIK zeigen eine darüber hinaus fortschreitende Erwärmung, die bis Ende dieses Jahrhunderts eine Jahresmitteltemperatur von 12,8°C erreichen könnte. Dabei verläuft der Temperaturanstieg nicht linear, sondern steigt stärker an, je ferner in die Zukunft geschaut wird. Die von 1950 bis 2010, über den Zeitraum von sechzig Jahren hinweg gemessene Jahresmitteltemperatursteigerung von 1°C kann folglich einer möglichen zukünftigen Steigerung der Jahresmitteltemperatur von 3°C im Zeitraum von 2020 bis 2100 gegenübergestellt werden. (IMPACT2C 2015)

Dies würde einer Steigerung von ungefähr 300 % zum in der Vergangenheit gemessenen Anstieg gleichkommen und starke Herausforderungen für die Stadtgesellschaft, die Natur und die urbane Produktion bedeuten (ebd.).

Mit dem projizierten generellen Anstieg der Jahresmitteltemperatur verändern sich ebenfalls weitere temperaturbezogene Klimaelemente. Die Projektionen zeigen kohärente Entwicklungen in der Anzahl der heißen Tage im Jahr und der Dauer der Hitzeperioden. Zum Ende des letzten Jahrhunderts ereigneten sich im Durchschnitt knapp drei heiße Tage im Jahr, an denen die Temperatur über 30°C lag. Für den Zeitraum bis Ende

D Klimaentwicklung in Kassel Vergleich Normalperioden 1971-2000 und 2071-2100 (Hübener/Wolf 2010)

dieses Jahrhunderts könnten sich die klimatischen Bedingungen in Kassel so entwickeln, dass durchschnittlich über fünfzehn heiße Tage im Jahr zu erwarten sind. Mit dem Temperaturanstieg und der potenziellen Verfünffachung der heißen Tage bis Ende des Jahrhunderts steigt auch die Dauer der einzelnen Hitzeperioden. Die in den letzten Jahren im Durchschnitt zwei Tage andauernden Hitzeperioden könnten sich laut den projizierten Klimadaten auf über fünf Tage im Mittel erstrecken. (IMPACT2C 2015)

Die Auswirkungen der Erwärmung haben jedoch nicht nur in den Sommermonaten spürbare Folgen, sondern bedingen auf der anderen Seite in den Wintermonaten deutlich mildere Temperaturen und weniger Frosttage (Abb. D). Der projizierte Temperaturunterschied tritt sogar am stärksten in den Wintermonaten auf, die im Durchschnitt bis zum Ende des Jahrhunderts 4,5°C wärmer werden könnten, wohingegen bei den Temperaturen in den Sommermonaten ein Anstieg um 4°C projiziert wird (Hübener/Wolf 2010). Gab es vergleichsweise im Zeitraum der Wiedervereinigung in Kassel im Durchschnitt noch 86 Frosttage unter 0°C im Jahr, so häufen sich in der jüngsten Vergangenheit mildere Winter (IMPACT2C 2015). So wurden beispielsweise im vergangenen Jahr in Kassel nur 57 Frosttage gemessen (Krenn 2023). Bis Ende zur Normalperiode 2071-2100 projizieren die Klimamodellierungen des PIK einen Rückgang um 68 % der Frosttage im Vergleich zum Referenzzeitraum vorher. Das bedeutet einen Rückgang von den gemessenen 86 Tagen zu nur noch durchschnittlich 18 Frosttagen im Jahre 2100. Ebenso verkürzt sich auch die Dauer der Kälteperioden von rund 17 Folgetagen mit Temperaturen unter 0°C vor 2010 auf eine Dauer von durchschnittlich nur noch fünf Kältetagen in Folge zum Ende des Jahrhunderts. (ebd.)

Diese Projektionen der Temperaturentwicklungen legen nahe, dass klimatische Verhältnisse wie der "Rekordsommer" 2018, in dem es deutschlandweit lange Hitzeperioden gab und auch in Kassel 36 heiße Tage gezählt wurden, in Zukunft immer häufiger auftreten, wenn nicht sogar zur Normalität werden könnten. Zusätzlich steigen mit den steigenden Temperaturen ebenfalls die Wetterextreme, sodass die Wahrscheinlichkeit für deutlich wärmere "Rekordjahre" sich erhöht. (Krenn 2023)

Ein weiterer wichtiger und für den Menschen spürbarer Faktor des Stadtklimas ist der Niederschlag. Die Änderung des Niederschlags hat besonders in extremen Ereignissen des Starkniederschlags und der Dürre einen großen Einfluss auf die Umwelt und das städtische Leben. Die für das Stadtklima bis 2100 projizierten Daten des PIK und des GERICS zeigen im Gegensatz zur Untersuchung der Temperaturparameter für die Veränderung des Niederschlags nur eine geringe Veränderung. (IMPACT2C 2015)

Im Zeitraum von 1950 bis 2010 betrug der durchschnittliche Jahresgesamtniederschlag knapp 770 mm (Hübener/Wolf 2010). Die Projektionen zeigen, dass bis zum Ende des Jahrhunderts mit leichten Schwankungen ein minimaler Anstieg des Gesamtniederschlags auf durchschnittlich über 800 mm pro Jahr zum Ende des Jahrhunderts wahrscheinlich ist (IMPACT2C 2015). Dies ist im Vergleich zu anderen Regionen Deutschlands und besonders zu anderen Regionen Europas eine geringe Veränderung des Status-Quo. Eine bedeutsamere Änderung ist jedoch in der projizierten Verteilung der Niederschlagstage in den einzelnen Jahreszeiten zu sehen. Vor allem in den Sommermonaten nimmt das Niederschlagsvolumen deutlich, teils bis zu 40 %, im Gegenzug zur gegenwärtigen

tigen Situation ab. In den Wintermonaten hingegen bleibt der durchschnittliche Niederschlag gleich.

Für die Stadt Kassel ist durch die Hochwassergefahr der Fulda für einige Stadtteile daher der Starkniederschlag ein wichtigeres Kriterium für präventive Planungsmaßnahmen in diesen Gebieten. Auch hier verändern sich jedoch die Daten kaum. Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag könnte von durchschnittlich 2,3 Tagen auf 4 Tage () pro Jahr leicht zunehmen, wobei in der Masse die Tage ohne Niederschlag nahezu unverändert bleiben könnten. Dies bedeutet, dass trotz keiner projizierten signifikanten Zunahme der Niederschlagsmengen sich dennoch die Verteilung des Niederschlags wandeln könnte. Besonders in den wärmer werdenden Sommern könnte es weniger Niederschlagstage geben, die dafür jedoch eine höhere Wahrscheinlichkeit für Starkniederschläge haben könnten. Diese erfordern schon jetzt Anpassungsmaßnahmen der Stadt und könnten ihnen in Zukunft eine wichtiger werdende Rolle zukommen lassen. (IMPACT2C 2015)

Für die stadtklimatische Entwicklung der Stadt Kassel bis zum Ende des Jahrhunderts lassen sich mit Hilfe der Klimaprojektionen klare Entwicklungstrends aufzeigen, die jedoch in ihrer genauen Ausprägung von der globalen Temperaturentwicklung der kommenden Jahrzehnte abhängig sind. Zusammengefasst lässt sich aus den projizierten Daten die Erkenntnis schließen, dass das Stadtklima Kassels signifikant wärmer werden kann, wodurch sich vor allem in den Sommermonaten stärkere und länger anhaltende Hitzeperioden einstellen können. Dabei steht den Wintern eine milder werdende Tendenz entgegen, welche die Wahrscheinlichkeit starker Kälteeinbrüche verringern kann. Bezüglich des Niederschlags finden auf der Grundlage der Projektionen wenige Veränderungen statt. Die Jahresgesamtniederschlagssumme könnte bis 2100 geringfügig um ungefähr 30 mm pro Jahr steigen, was mit einer leichten Erhöhung der Starkregentage vor allem im Sommer Auswirkung auf Extremwetterereignisse haben könnte. Vor allem Hitzestress, der Umgang mit den steigenden Temperaturen und die Vorsorge vor Starkregenereignissen könnten daher den Diskurs bestimmende Schwerpunkte in der Kasseler Stadtklimadebatte der Zukunft sein.

### SCHLÜSSELRIKEN IN DER NORMALPERIODE 2071-2100

In der weltweiten Klimadebatte wird immer wieder belegt, dass der globale Temperaturanstieg bereits seit einigen Jahren messbare Auswirkungen zur Folge hat. Sowohl auf globaler Ebene, wie auch auf nationaler Ebene warnt die führende Wissenschaft vor den steigenden, damit verbundenen Risiken für Mensch und Umwelt. Auch für die Stadt Kassel ergeben sich Risiken in Zusammenhang mit den in den vorherigen Kapiteln dargestellten möglichen klimatischen Entwicklungen, die von den Stadtklimafaktoren beeinflusst werden.

Die Projektionen des IPCC für mitteleuropäische Städte zeigen deutlich für die von fossilen Energien geprägten SSP-Szenarien vermehrt und verstärkt drohende Extremwetterlagen und Unwetter wie längeren Hitzeperioden mit besonderen gesundheitlichen Gefahren für vulnerable Personengruppe, aber auch für die Ökosysteme und die Stadtvegetation. Ebenso sind häufigere Extremniederschläge, Flutrisiken und Flussüber tretungen, Sturzfluten und Kanalisationsüberlastungen eine drohende Gefahr. (IPCC 2022a)

In eine gleiche Entwicklungsrichtung weisen die Klimaprojektionen des PIK und GERICS. Die im vorherigen Kapitel beschriebenen möglichen

Änderungen der Jahresmitteltemperatur und des Jahresniederschlags könnten die Auslöser dieser Risiken auch in Kassel sein. Zusammengebracht mit der momentanen Ausgangslage der Stadt, mit den beschriebenen bereits definierten klimatischen Problemgebieten und problemverstärkenden Stadtfaktoren, entstehen daraus für Kassel vier besonders herausstehende Schlüsselrisiken für das Stadtklima zum Ende des Jahrhunderts. Diese sind der Hitzestress, Hochwasser, Luftqualitätsverlust und Wassermangel. Die durch das PIK projizierte Klimaerwärmung könnte für die Region Kassel zu einer Jahresmitteltemperatursteigerung von über 4°C bis zum Ende des Jahrhunderts führen. Die dadurch vermehrten und länger anhaltenden Hitzeperioden und ausbleibenden Niederschläge im Sommer beeinträchtigen sowohl die Stadtbevölkerung als auch die Vegetation. Besonders in den dicht bebauten und stark versiegelten Bereichen Kassels könnten sich die Auswirkungen des Hitzestaus und der städtischen Wärmeinsel deutlich verstärken. Infolgedessen erhöhen sich die Wahrscheinlichkeiten für hitzebedingte Mortalität und Morbidität vor allem vulnerabler Personengruppen und des beruflichen Produktivitätsverlustes. Auch die durch das Klimaschutzteilkonzept festgestellte derzeitige Situation zeigt eine schon deutliche Überwärmung in einigen Gebieten Kassels. Diese möglichen starken Auswirkungen auf die Stadtgesellschaft, die Stadtnatur und das alltägliche Zusammenleben, durch die schon bestehende und sich wahrscheinlich deutlich verschlechternde Situation, macht den Hitzestress zu dem wichtigsten Schlüsselrisiko, welches Kassel zukünftig adressieren muss, um die Folgen mit präventiven Maßnahmen abzuschwächen.

Der projizierte leichte Anstieg des Jahresniederschlags, der sich zukünftig jedoch auf weniger Regentage aufteilen könnte, erhöht das Risiko für Hochwasser durch Starkregenfälle in den bereits gegenwärtig bestehenden potenziellen Überflutungsgebieten Kassels in Fuldanähe. Ebenso könnten die vermehrten Starkregenereignisse stadtweit die Kanalisationssysteme überlasten. Dem könnte besonders in den Bereichen der Stadt mit wenig Retentionsflächen eine zunehmende Bedeutung zukommen. Infolgedessen erhöhen sich die Wahrscheinlichkeiten für Schäden an Gebäuden und Infrastruktur und der menschlichen Gesundheit. Besonders in Wechselwirkung mit langen Trockenperioden, die die Retentionsböden austrocknen und weniger speicherungsfähig für Niederschläge machen, entstehen Gefahren in versiegelten Stadtgebieten. Das zweite Schlüsselrisiko der Stadt ist somit die Hochwasser- und Überschwemmungsgefahr durch die zunehmenden Starkregenereignisse. Auch hier ist präventive Planung ein wichtiges Kriterium für die klimaresiliente Planung in diesen Gebieten.

Das dritte Schlüsselrisiko für Kassels Stadtklima zum Ende des Jahrhunderts ist die Lufthygiene und die Luftqualität. Das Stadtklima Kassels wird unter anderem durch Kaltluftleitbahnen geprägt, die zu einem Austausch der Luftmassen führen. Dieser Austausch ist ein wichtiger Bestandteil der Lufthygiene der Stadt, der Luftverschmutzungen und Schadstoffe abträgt. Durch die sich ändernden klimatischen Bedingungen könnten jedoch vermehrt Inversionswetterlagen auftreten, die das lokale Kaltluftsystem stören und zu einer höheren Schadstoffbelastung und dadurch einer abnehmenden Luftqualität führen können. Infolgedessen erhöhen sich die Wahrscheinlichkeiten für gesundheitliche und psychische Folgen. Denn ein Anstieg der Luftverschmutzung kann zu steigendem Bluthochdruck und erhöhter Stressempfindung führen. In Bereichen mit stark verschmutzter Luft nimmt ebenfalls die Qualität

des Schlafes ab, was zu gesundheitlichen Folgen und einer Abnahme der Produktivität führen kann. Daher sind Maßnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstoßes und zur Sicherung der Frischluftzufuhr ein wichtiges Werkzeug im Repertoire des zukünftigen, klimaangepassten Kassels. Trotz der mitteldeutschen Lage können die steigenden gemittelten Jahrestemperaturen für Kassel zu einer potenziellen Wasserknappheit führen. Durch den hohen Versiegelungsgrad kann bei tendenziell stärkeren und unregelmäßiger auftretenden Regenereignissen weniger Wasser durch den Boden gespeichert werden, wodurch es bei den länger anhaltenden Hitzeperioden zu Wasserdefiziten vor allem für die Vegetation kommen kann. Infolgedessen erhöhen sich die Wahrscheinlichkeiten für Waldbrände, Schäden an Stadtvegetation und Wäldern und einem Abnehmen der Biodiversität. Weniger in den Böden gespeichertes Wasser bedeutet des Weiteren auch weniger Kühlung des Stadtklimas durch Verdunstung im Sommer. Für den Menschen besteht durch weniger versickernden Niederschlag die direkte Gefahr des abnehmenden Grundwasserspiegels, welcher Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Stadtbewohner\*innen hätte. Durch diese Folgen der Erwärmung und Austrocknung des Stadtgebiets ist die Wasserknappheit ein nicht zu unterschätzendes viertes Schlüsselrisiko der Stadt Kassel.

## Klimawandelanpassung in Kassel

Das zweite Kapitel behandelt die Fragestellung, inwieweit die Stadt Kassel den im vorherigen Kapitel herausgearbeiteten Schlüsselrisiken bisher begegnet. Dafür werden die Aussagen des aktuell für die Klimaanpassung gültigen Leitlinien der Stadt mit den durch die Schlüsselrisiken zu erwartenden Klimawirkungen abgewogen. Das Ergebnis zeigt das Maß der Angepasstheit Kassels an die zukünftigen klimatischen Herausforderungen zum Ende des Jahrhunderts.

**KLIMAWANDELANPASSUNG NACH KLIMASCHUTZTEILKONZEPT**  
Das Klimaschutzteilkonzept "Anpassung an den Klimawandel" der Stadt Kassel von 2017, welches vor dem Hintergrund der Ergebnisse des IPCC Berichts von 2007 zum anthropogenen Klimawandel und seinen möglichen Folgen geschaffen wurde, beinhaltet eine tiefgehende Analyse des Stadtklimas im Stadtgebiet und betrachtet hierbei vor allem die Themenfelder Überwärmung und Hitze, Starkregen und Hochwasser sowie die Belüftung. Es zieht daraus verschiedene Betroffenheiten für die Bereiche der Stadtentwicklung und Bauleitplanung, der Grünflächen- und Freiraumgestaltung sowie der Gesundheitsvorsorge und Information. Darauf aufbauend erstellt das Klimaschutzteilkonzept mit einer kommunalen Gesamtstrategie und einem Maßnahmenkatalog die Grundlage, um den Folgen des Klimawandels in der Stadt Kassel zu begegnen. Dafür werden Akteure, welche beteiligt werden müssen, benannt und ein Controllingkonzept sowie eine Kommunikationsstrategie erarbeitet. Aus den in der Analyse verorteten Klimarisiken auf der Klimafunktionskarte wurden die drei Themenschwerpunkte der Kasseler Klimawandelanpassungsstrategie Hitze, Hochwasser und Belüftung abgeleitet. Diese Schwerpunkte sind die zentralen Erkenntnisse der Bestandsaufnahme und Analyse des Klimaschutzteilkonzepts. (INKEK 2017)

Um von den analysierten Klimarisiken auf mögliche Handlungsfeldern

	Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Ebene	Umsetzungshorizont/ Zeitraum der Durchführung	Priorität der Maßnahme	Primäres Handlungsfeld/ federführende Akteure	Erfolgsindikatoren/ Handlungsschritte	Erwartete Gesamtkosten
räumliche Planungsempfehlungen	1	Belüftung	Kaltluft- und Frischluftschneisen sollen bei der zukünftigen baulichen Entwicklung erhalten und in ihrer Funktionsfähigkeit verbessert werden.	Mesoklima/ Gesamtstadt	Auf Grundlage der KFK je nach Vulnerabilität; kurz bis mittelfristig; bei sowieso-Maßnahmen	Hohe Priorität	Stadtplanungsamt/ Umweltamt Naturschutzbeirat	Bilanzen von Freiräumen und Oberflächenentsiegelung	kann nicht finanziell bestimmt werden
	2	Hitze abbauen	Verschattung zur Reduktion der bioklimatischen Belastung, mehr Vegetation und die Materialität und Farbgebung beachten.	Mikroklima/ lokal		Hohe Priorität	Planung und Gesundheit, Naturschutzbeirat, NGOs	Erhöhung des Vegetationsvolumens an thermischen Hot Spots	
	3	Entsiegelung, naturnahe Flächen	Unterstützung und Förderung der Entsiegelung/Verbesserung der Niederschlagsversickerung vor Ort.	Mikroklima/ lokal		Mittlere Priorität	Stadtplanung und KASSEL-WASSER	Bilanzen von Oberflächenentsiegelung	
	4	Wassersensible Stadt	Angepasste Stadtentwicklung in Hochwasserrisikogebieten, Sensibilisierung in Bereichen mit hohen Abflussmengen.	Mesoklima/ Gesamtstadt		Hohe Priorität	KASSEL-WASSER und Umweltplanung	Potentialanalysen von Versickerung und Wasserspeicherung	
Maßnahmen	5	Planungshinweiskarte	Erstellung einer Planungshinweiskarte, basierend auf der Klimafunktionskarte.	Mesoklima/ Gesamtstadt	2019	Hohe Priorität, Umsetzung sofort möglich	Planung	Planungsbeitrag	50.000 €
	6	Anpassungsmanagement	Installierung eines Klimaanpassungsmanagements in der Verwaltung, um die Umsetzung des Konzeptes zu begleiten.	Mesoklima/ Gesamtstadt	Ab 2017	Hohe Priorität	Verwaltung/ Klimaanpassungsmanagement	Sofortige Einrichtung	für 2 Jahre ca. 120.000 €
	7	Information "Klimaanpassung"	Kurze und informative Broschüre/ Flyer zum Thema Klimaanpassung für Öffentlichkeit/Privat und Politik.	Mesoklima/ Gesamtstadt	Ab 2017	Mittlere Priorität	Öffentlichkeit/ wissenschaftliche Beratung	Beginn initialisiert	ca. 5.000 € pro Jahr
	8	Schulung/ Infoveranstaltung	Schulung in der Verwaltung, Umgang mit dem Anpassungskonzept (Inhalte); Fachtag; Informationsveranstaltung Öffentlichkeit + Politik.	Mesoklima/ Gesamtstadt und Mikroklima	2018/2019	Hohe bis mittlere Priorität	Verwaltung/ Universität	Beginn initialisiert	10.000 €
	9	Aktualisierung Klimafunktionskarte ZRK	Es wird empfohlen, die Klimafunktionskarte 2009 mit den angewandten Kriterien der Kasseler Klimafunktionskarte 2017 zu aktualisieren.	Mesoklima/ Gesamtstadt	2018/2019	Mittlere Priorität	ZRK, Ingenieurbüro	Festsetzungen auf FNP-Ebene	20.000 €

zu gelangen, definiert das Klimaschutzteilkonzept drei Handlungsbereiche. Als Grundlage dafür wurden die zwölf Handlungsfelder der hessischen Anpassungsstrategie von 2012 im Klimaschutzteilkonzept in die drei Bereiche Stadtentwicklung und Bauleitplanung, Grünflächen- und Freiraumgestaltung und Gesundheitsvorsorge und Information zusammengefasst. In Zusammenarbeit mit Trägern öffentlicher Belange ergaben sich bei der Gegenüberstellung dieser drei Bereiche mit den drei Schwerpunkten des Konzepts die kommunalen Handlungsfelder. Aus der Betroffenheit der Stadt durch die Schwerpunkte Belüftung, Hitze und Hochwasser ergibt sich die städtische Gesamtstrategie Grün und Belüftung, welche vorsieht das Stadtgebiet nicht in seiner Gesamtheit zu betrachten, sondern Vulnerabilitäten in Folge der Klimawandelfolgen gezielt zu verorten, darauf Planungsempfehlungen lokal anzuwenden und die Erkenntnisse auf weitere Planungen an andere Stellen der Stadt zu übertragen. (INKEK 2017)

Dazu wurde, ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Öffentlichkeit, ein Maßnahmenkatalog erstellt. Dieser Maßnahmenkatalog enthält neun Maßnahmen, wovon die vier räumlichen Planungsempfehlungen "Be-

lüftung”, “Hitze abbauen”, “Entsiegelung, naturnahe Flächen” und “Wassersensible Stadt” für spezielle Orte Empfehlungen geben. Die weiteren fünf Maßnahmen “Planungshinweiskarte”, “Anpassungsmanagement”, “Information Klimaanpassung”, “Schulung/ Infoveranstaltung” sowie “Aktualisierung Klimafunktionskarte ZRK” beschreiben hingegen formelle und informelle Planungsmaßnahmen ohne direkte Auswirkung auf den Stadtraum. (INKEK 2017)

Der Maßnahmenkatalog ist mit den lose beschriebenen Handlungsfeldern und nicht konkreter werdenden Maßnahmenvorschlägen sehr offen gehalten und bietet viel Spielraum für die Umsetzung und Interpretation der Maßnahmen. Dadurch werden der ausführenden Stadtplanung trotz konkret benannter und lokal verorteter Risikobereiche der Klimawandelfolgen nur grobe Handlungsrichtungen vorgegeben. Konkrete Maßnahmen und verbindliche Regularien entspringen dem Klimaschutzteilkonzept nicht.

#### KLIMAWIRKUNGEN UND -RISIKEN NACH UMWELTBUNDESAMT

Die bisherigen Kapitel haben gezeigt, dass auch Kassel in Zukunft nicht unberührt von den Folgen des Klimawandels bleiben wird. Die Klimawandelanpassung ist bislang deutschlandweit nicht in dem Maße in der Politik und Stadtplanung vertreten wie beispielsweise der Klimaschutz (INKEK 2017). Institutionelle Rahmenbedingungen fehlen, um den Ländern und Kommunen Anweisungen und Richtungen zu geben, um Klimawandelanpassung auf der Meso- und Mikroskala umzusetzen (ebd.). Andere Faktoren, wie monetäre, politische oder kapazitive Engpässe, erschweren die Integration von Klimawandelanpassung in die kommunale Planung (UBA 2021).

Die *Klimawirkungs- und Risikoanalyse* (KWRA) des UBA versucht eine Grundlage für Klimawandelanpassungen in Deutschland zu schaffen. Auf Grundlage des Worst-Case-Szenarios nach IPCC, dem damaligen RCP 8.5, gibt das UBA Aussagen über mögliche klimatische Entwicklungstendenzen für unterschiedliche Regionen Deutschlands. Betrachtet werden hierbei die Zeiträume zur Mitte und zum Ende des Jahrhunderts. Neben der Unterscheidung des Betrachtungszeitraums differenziert die KWRA auch zwischen möglichen Stufen der Klimaangepasstheit. Dadurch kann das UBA genauere Aussagen darüber treffen, wie sich das Klima in Deutschland verändern könnte, je nach Anpassungsgrad der Gesellschaft und der Städte. (UBA 2021)

Auf Grundlage der Analysen teilt die KWRA Deutschland in sieben unterschiedliche Klimaregionen ein. Die Stadt Kassel liegt dabei in den Regionen „Nordwesten“ und der Region „Mittelgebirge“. Für die Region Nordwesten ist demnach ein moderater Temperaturanstieg, eine Abnahme der Frost- und Eistage und eine deutliche Erhöhung der Extremtemperaturen zu erkennen. Auch eine Zunahme der Starkregentage ist bis 2100 in der Region Nordwesten zu erwarten. In der Klimaregion der Mittelgebirge ist ebenfalls mit einer Zunahme der Starkregentage, einer Zunahme der Winterniederschläge, eine Abnahme der Sommerniederschläge und daher auch eine Zunahme der Anzahl an Trockentagen zu rechnen. Bezogen auf den Klimafaktor Hitze sind die größten Änderungen in der Zunahme heißer Tage und tropischer Nächte und ein Rückgang von Frosttagen zu sehen. (UBA 2021)

Die KWRA hat durch Analysen von Klimawirkungen, Vulnerabilitäten und Expositionen bis zum Ende des Jahrhunderts, als Ergebnis 102 Klimawirkungen herausgestellt, aus denen mögliche Klimarisiken für

Deutschland entstehen können. Diese Klimawirkungen verteilen sich auf 13 unterschiedliche Handlungsfelder. Unterteilen lassen sich diese Handlungsfelder in die Cluster: Land, Wasser, Infrastruktur, Wirtschaft und Gesundheit.

Sehr dringliche Anpassungserfordernisse entstehen, wenn das Klimarisiko bereits in der Gegenwart mit hoch eingestuft wird oder wenn eine lange Anpassungsdauer für ein hohes Risiko bis zum Jahr 2100 projiziert wird. Von diesen 102 Klimawirkungen wurden 31 Klimawirkungen mit einer sehr hohen Handlungserfordernis eingestuft und 23 Klimawirkungen wurden mit einer hohen Handlungserfordernis eingestuft. Für die einzelnen Handlungserfordernisse werden jedoch keine konkreten Anpassungsmaßnahmen empfohlen. Dennoch lässt sich aus dem Katalog eine Tendenz darüber ableiten, welche Klimawirkungen in Zukunft für Kassel potenziell sehr hohe Klimarisiken mit sich bringen könnten und zeigt, welchen Handlungsbereichen besondere Aufmerksamkeit in der Klimawandelanpassung geschenkt werden müsste. (UBA 2021)

Um die für Kassel relevanten Klimawirkungen zu bestimmen, müssen die Themenbereiche und Klimawirkungen aufgrund ihres Bezugs zu Kassel gewichtet werden. Bezogen auf die Entwicklung und Anpassung an das Kasseler Stadtklima, haben nicht alle Themenbereiche und folglich ebenfalls nicht alle Klimawirkungen einen direkten Bezug. Von den ursprünglich 13 Themenfeldern und 54 Klimawirkungen mit hoher oder sehr hoher Handlungserfordernis wurden 8 Themenfelder mit 26 Klimawirkungen identifiziert, welche für die zukünftige klimatische Situation Kassels von Bedeutung sein könnten.

**DIE BIOLOGISCHE VIELFALT:** Zukünftig werden mehr Klimawirkungen das Binnenfließgewässer der Fulda und die umliegenden Forstgebiete Habichtswald und Kaufunger Wald betreffen. Bei unzureichender Klimawandelanpassung ist die Ökosystemleistung dieser natürlichen Habitate gefährdet, was sich rückwirkend negativ auf das Kasseler Stadtklima äußern wird.

**Der Boden:** Der Boden ist eine begrenzte Ressource, welche sowohl zwischen der Schaffung von Wohnraum, für Produktionsstätten und als Lebensraum für Flora und Fauna in Städten gerecht verteilt werden muss. Eine gerechte Verteilung ist zwingend notwendig, um ein gesundes Wachstum von Städten zu ermöglichen. Trotz dessen müssen ebenso ausreichend Retentionsflächen für die Speicherung von Wasser im Boden freigehalten werden.

Durch Verdunstung, der im Boden gesammelten Feuchtigkeit, wird der Stadtkörper abgekühlt und die Aufenthaltsqualität steigt. (UBA 2021)

**DIE WALD- UND FORSTWIRTSCHAFT:** Der umliegende Kaufunger Wald und der Habichtswald erfüllen für Kassel sowohl wirtschaftliche und soziale als auch ökologische Funktionen (INKEK 2017). Als Kaltluftentstehungsgebiet sind Waldgebiete notwendig für das Kühlen des Kasseler Stadtkörpers (UBA 2021). Klimawirkungen wie Wassermangel oder anhaltende Dürre können Kassels Wälder und damit das Stadtklima weiter strapazieren (ebd.).

**DIE WASSERWIRTSCHAFT:** Wassermangel- und Hochwasserereignisse werden zukünftig vermehrt in Mittelgebirgsregionen wie Kassel auftreten (UBA 2021). Dadurch kann es zu Überflutungen und Kanalisationsüber-



lastungen kommen. Um größeren Schäden präventiv entgegenzuwirken, müssen entlang der Fulda liegende Infrastrukturen und Lebensräume vor den Folgen von Hochwassern und Sturzfluten geschützt werden (INKEK 2017).

**DAS BAUWESEN:** Im Bereich Bauwesen liegt der Schutz der Menschen und Infrastrukturen im Fokus (UBA 2021). Der anhaltende Wohnungsdruck in Kassel fördert den Neubau und die Bodenversiegelung und erhöht dadurch das Volumen des Stadtkörpers (ebd.). Eine fortschreitende Verdichtung des Stadtraums ohne ausreichende Klimawandelanpassungen, wie beispielsweise durch die Schaffung von Grünräumen, wirkt sich negativ auf das Stadtklima aus (ebd.). Besonders verdichtete Stadtteile mit unzureichender Grünverteilung haben einen erhöhten UHI-Effekt zur Folge. Für Kassel sind hierfür die Stadtteile Mitte und Nordholland beispielhaft zu nennen (INKEK 2017).

**DER VERKEHR UND DIE VERKEHRSINFRASTRUKTUR:** Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur ist für den Erhalt der Nahversorgung, der Produktivität und der kritischen Infrastruktur notwendig (UBA 2021). In Kassel sind besonders Hauptverkehrsachsen entlang der Fulda an zukünftige Hochwasserereignisse anzupassen, um die Mobilität innerhalb der Stadtteile zu gewährleisten (INKEK 2017).

**DIE INDUSTRIE UND DAS GEWERBE:** Klimawirkungen wie der Wassermangel können sich auf die Produktion der Kasseler Industrie auswirken. Die Produktivität der Industrie und des Gewerbes wird jedoch am meisten von Extremhitzereignissen geschmälert (INKEK 2017). Die Anpassung an Extremhitze durch ausreichend Verschattung und Kühlung am Arbeitsplatz wird notwendig sein, um Produktionseinbußen in Kassel zu mindern (UBA 2021).

**DIE MENSCHLICHE GESUNDHEIT:** Das Stadtklima beeinflusst das

menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit der in einer Stadt lebenden Bevölkerung. Klimawirkungen in den Bereichen Hitzebelastung und Luftqualität können sich sowohl in physischen als auch psychischen Belastungen auf die menschliche Gesundheit auswirken (UBA 2021).

Die Beschreibung der acht auf Kassel übertragbaren Themenfelder und der dazugehörigen Klimawirkungen zeigt die inhaltliche Übereinstimmung der Klimawirkungen und deren Risikobewertung durch das UBA mit den Klimaprojektionen des PIK und den im Klimaschutzteilkonzept herausgestellten Handlungsfeldern. Mit Hilfe der Klimawirkungen kann daher überprüft werden, ob die Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts die Handlungsfelder Belüftung, Hitze und Hochwasser effektiv adressieren.

## MASS DER KLIMAWANDELANPASSUNG

Um eine Aussage darüber treffen zu können, ob das Klimaschutzteilkonzept die auf Kassel zukommenden Klimarisiken adressiert, müssen die im Teilkonzept aufgeführten Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Die Qualität der Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts, die zur Begegnung der Handlungsfelder dienen sollen, kann dabei überprüft werden, indem in einem Vergleich gezeigt wird, welche der im vorherigen Kapitel begründeten 25 Klimawirkungen von den Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzept adressiert werden und in welchen Bereichen Defizite bestehen. Dafür wurden zuerst die Kassel betreffenden Klimawirkungen in die Kategorien der Schlüsselrisiken eingeteilt. Nach der Zuordnung ergibt sich die folgende Verteilung der Klimawirkungen.

**RISIKO 1: HITZE:** Klimawirkungen, welche dem Schlüsselrisiko Hitze stress zugeordnet sind, haben mit den Folgen erhöhter Temperaturen im Stadtraum zu tun. Die zugeordneten Klimawirkungen sind im Bezug auf die Bevölkerung, die Belastung der Gesundheit, Innenraumklima, Leistungseinbußen von Beschäftigten und UV-bedingte Gesundheitsschädigung. Im Bezug auf die Stadtstruktur und Vegetation fallen hier die Klimawirkungen Stadtklima/Wärmeinseln, Vegetation in Siedlungen, Trockenstress in Forst und Wald und der Rückgang der Naherholungsfunktion von Freiraum. Eine weitere zugeordnete Klimawirkung ist der Wasserbedarf von Industrie/Gewerbe.

**RISIKO 2: HOCHWASSER:** Dem Schlüsselrisiko Hochwasser sind Klimawirkungen zugeordnet, die mit den Folgen von Hochwassern aufgrund von Versiegelung und Starkregen oder Folgen von Flusshochwassern zusammenhängen. Dazu zählen zum einen direkte Schäden durch Starkregen und Flusshochwasser sowie Kaskadeneffekte auf weitere Infrastruktur. Klimawirkungen, welche Schäden verursachen, sind Bodenerosion durch Wasser, Rutschungen und Muren, Schäden an Gebäuden durch Hochwasser, Schäden an Gebäuden durch Starkregen, Schäden an Verkehrsinfrastruktur. Klimawirkungen als Kaskadeneffekte sind die Funktionsfähigkeit von Kanalnetzen und Kläranlagen, Überlastung und Versagen von Hochwasserschutzsystemen, Überlastung der Entwässerungseinrichtungen und Auswirkungen auf das Gesundheitssystem.

**RISIKO 3: LUFTQUALITÄTSVERLUST:** Luftqualitätsverlust hängt besonders mit der Durchlüftung des Stadtkörpers zusammen. Dementsprechend sind diesem Schlüsselrisiko Klimawirkungen, welche aufgrund



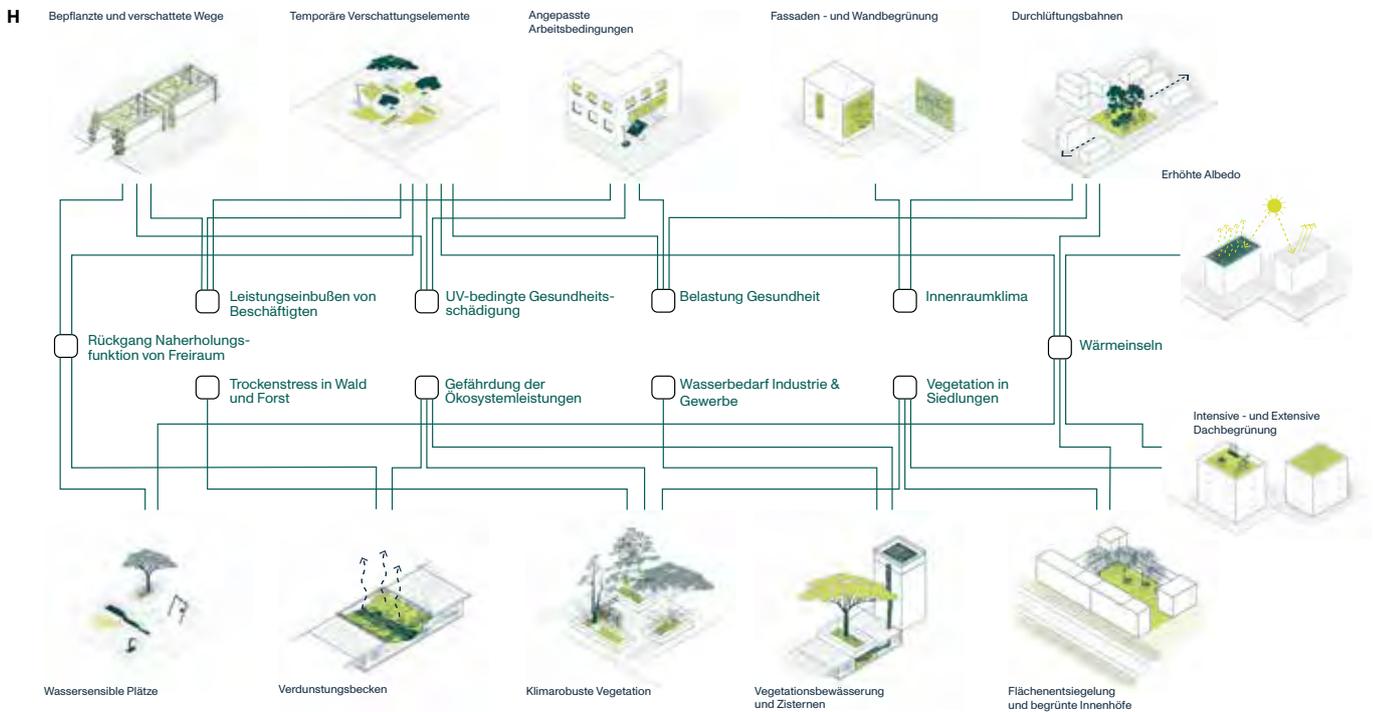
mangelnder Durchlüftung basieren, zugeordnet. Dazu gehören Klimawirkungen mit gesundheitlichen Folgen für die Bevölkerung, aber auch stadtklimatische Folgen. Klimawirkungen, welche die Gesundheit betreffen, sind Leistungseinbußen von Beschäftigten, Atembeschwerden durch Luftverunreinigung, Verschlechterungen des Innenraumklimas und Auswirkungen auf das Gesundheitssystem. Stadtklimatische Klimawirkungen sind der Rückgang der Naherholungsfunktion von Freiraum, Hitzebelastung und Stadtklima/Wärmeinseln.

**RISIKO 4: WASSERMANGEL:** Dem Schlüsselrisiko Wassermangel werden hauptsächlich Klimawirkungen zugeordnet, welche direkt mit dem Faktor Wasser als Notwendigkeit zusammenhängen. Dabei geht es besonders um den Wasserbedarf von Vegetation und Gefahren durch Trockenheit aufgrund von Wassermangel. Zugeordnete Klimawirkungen hier sind Mangel an Bewässerung, Schäden an Wäldern, Hitze- und Trockenstress in Forst und Wäldern sowie Waldbrandrisiko im Hinblick auf den Habichtswald, Dönche und weitere Grüngelände und Parks in Kassel. Wassermangel im Boden, Grundwasserstand und -qualität sowie Schäden an wassergebundenen Habitats sind direkt mit ausreichenden Mengen von Wasser verbunden und fallen deshalb unter das Schlüsselrisiko Wassermangel.

Ein ausgefülltes Kästchen in der Darstellung G kennzeichnet eine klare Adressierung einer Klimawirkung durch eine Maßnahme. Eine Kontur zeigt, dass die Klimawirkung indirekt durch das Themenfeld einer Maßnahme adressiert wird. Eine gestrichelte Kontur bedeutet, dass diese Klimawirkung durch keine Maßnahme abgedeckt wird.

Nach der Zuordnung ergibt sich die in Abbildung G abgebildete Verteilung der Klimawirkungen. Zum stärksten Schlüsselrisiko Hitzestress wurden die meisten Klimawirkungen zugeordnet. Diese haben vor allem auf die Lebensqualität und die Gesundheit der Stadtbevölkerung und auf die Stadtvegetation starke Auswirkungen. Aber sie nehmen auch auf die Stadtstruktur Einfluss und erhöhen die Hitzebelastung.

Die zweitmeisten Klimawirkungen hat das Risiko Hochwasser. Hier be-



ziehen sich die Auswirkungen des Risikos allem voran auf die durch Hochwasser entstehenden Schäden an Gebäuden und Infrastruktur, aber auch auf die Folgen von Kanalisationsüberlastungen und Überschwemmungen im Allgemeinen. Zum dritten Schlüsselrisiko Luftqualitätsverlust betreffen die Klimawirkungen zumeist die Gesundheit der Bevölkerung und die Erholungsfunktion. Dadurch haben sie auch Auswirkungen auf die Produktivität der Stadtgesellschaft. Die verbleibenden Klimawirkungen werden passen zum Schlüsselrisiko des Wassermangels. Sie zielen auf Schäden an Stadtvegetation, Wäldern und Wildbiotopen ab. Hier zeigt sich, dass das Klimaschutzteilkonzept mit seinen Maßnahmen einen starken Fokus auf das Themenfeld Hitze und Luftqualitätsverlust legt. Hier werden Klimawirkungen teilweise mehrfach direkt durch Maßnahmen oder das jeweilige Themenfeld der Maßnahmen adressiert. Knapp die Hälfte der Klimawirkungen dieser Schlüsselrisiken konnte somit direkt adressiert werden. Die Klimawirkungen der Schlüsselrisiken Wassermangel und Hochwasser werden jedoch meist nur indirekt über das Themenfeld der Maßnahmen angesprochen.

Allen Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts ist jedoch gemein, dass eine konkrete Umsetzung im Stadtraum nicht vorhanden ist (IN-KEK 2017). Ein nächster Schritt wäre die Konkretisierung der Bestandsmaßnahmen sowie eine weitere Adressierung der Schlüsselrisiken Wassermangel und Hochwasser.

## MÖGLICHE ANPASSUNGSMASSNAHMEN ZU HITZESTRESS

Der Hitzestress im Stadtgebiet Kassels ist, den Ergebnissen des vorherigen Kapitels nach zu urteilen, das drängendste Schlüsselrisiko für das Kasseler Stadtklima in der Normalperiode 2071-2100. Das Klimaschutzteilkonzept adressiert dieses im Themenfeld Hitze abbauen und nennt hierfür, anders als beim Großteil der weiteren Schlüsselrisiken, einige konkrete Handlungsmaßnahmen. Jedoch sind viele weitere wichtige Klimawirkungen des Risikos Hitzestress im Zuge der losen Formulierungen des Themenfelds nur unzureichend adressiert. Um die Klimarisiken des Schlüsselrisikos in Gänze zu adressieren und die Stadt Kassel auf die möglichen klimatischen Herausforderungen besser vorzubereiten, be-

nötigt es speziell auf die Klimawirkungen abgestimmte Maßnahmen. Besonders für das Schlüsselrisiko Hitzestress bietet sich ein Mix aus verschieden schnell durchführbaren und unterschiedliche Klimawirkungen ansprechenden Maßnahmen im Bereich blauer und grüner Infrastruktur an. Die aufgeführten, möglichen Maßnahmen sollen beispielhaft zeigen, dass es bereits praktizierte Maßnahmen gibt, die viele der Klimawirkungen adressieren. Ähnlich dieser vorgeschlagenen Maßnahmen wäre eine Konkretisierung bis zur Maßnahmenebene für die Handlungsfelder des Klimaschutzteilkonzepts denkbar, um die Klimaanpassung in der ausführenden Planung zu verankern.

Ein Beispiel einer solchen Maßnahme könnten wassersensible und verschattete Plätze sein. Sie haben den Vorteil, durch die Verschattung und durch die Verdunstung von im Boden gespeicherten Niederschlägen, das Umgebungsklima abzukühlen. Die Verschattung bietet an strahlungsintensiven Tagen den Bewohner\*Innen Schutz vor der Sonne. Die Bepflanzung des Platzes wirkt noch zusätzlich der Luftverschmutzung entgegen, indem die Pflanzen Schadstoffe aus der Luft binden. So kann eine Maßnahme gleich mehrere Klimawirkungen verschiedener Schlüsselrisiken adressieren. Darüber hinaus können viele weitere Maßnahmen bereits in kleinem Maßstab einen spürbaren Effekt auf die Wahrnehmung des Lokalklimas haben.

## Lehrinhalte am Fachbereich 06 zu Klimawandel, -folgen und -anpassung

In diesem Kapitel wird betrachtet, wie das Lehrangebot am FB06 der Universität Kassel die in den vorherigen Kapiteln gewonnenen Erkenntnisse, zur globalen Klimaerwärmung, klimatischen Schlüsselrisiken und möglichen Anpassungsmaßnahmen, in der Lehre adressiert. Dabei wurde anhand der Lehrinhalte der letzten Jahre untersucht, in welcher Häufigkeit diese Themen inhaltlich behandelt wurden. Aus den Ergebnissen können Rückschlüsse auf Verbesserungsmöglichkeiten, bei fehlenden oder unterrepräsentierten Inhalten in der Lehre bezüglich der stadtklimatischen Herausforderungen der Zukunft, gezogen werden.

Zwischen dem Sommersemester 2017 und dem Wintersemester 2023 wurden im FB06 studiengangübergreifend insgesamt 474 Projekte angeboten. Bei der Untersuchung der Projektbeschreibungen auf stadtklima- und klimaanpassungsbezogene Schlagworte gab es in 59 Modulbeschreibungen der Projekte mindestens ein übereinstimmendes Schlagwort. Dies entspricht lediglich 12,4 % des Projektangebots.

Klimawandel	30
Klimaanpassung	7
Klimaresilienz	2
Stadtklima	7
Klimatologie	1
Umweltmeteorologie	0
Meteorologie	0
Wassermangel	0
Hitzestress	1
Hochwasser	4
Luftqualität	2

Schlagwortanalyse		WiSe22/23	SoSe22	WiSe21/22	SoSe21	WiSe20/21	SoSe20	WiSe19/20	SoSe19	WiSe18/19	SoSe18	WiSe17/18	SoSe17
<b>PROJEKTE</b>	Anzahl Projekte	37	38	34	39	41	37	38	40	36	43	43	48
	Schlagworte je Semester	13	4	9	4	7	5	4	3	3	3	2	2
	Summe je Schlagwort												
Klimawandel	28	4	1	6	2	6	4	1	1	2	1	0	0
Klimaanpassung	7	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Klimaresilienz	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtklima	7	2	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0
Klimatologie	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umweltmeteorologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meteorologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wassermangel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hitzestress	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hochwasser	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Luftqualität	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Belüftung	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hitze	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Entsiegelung	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PFLICHTMODULE BA</b>													
Klimawandel	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Klimaanpassung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klimaresilienz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtklima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klimatologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umweltmeteorologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meteorologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wassermangel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hitzestress	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hochwasser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luftqualität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hitze	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entsiegelung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Belüftung	1
Hitze	5
Entsiegelung	1

In der Häufigkeit der Nennung einzelner Schlagworte fällt auf, dass der Begriff Klimawandel mit der Hälfte aller Nennungen heraussticht, gefolgt von den Begriffen Klimaanpassung und Stadtklima mit jeweils knapp 12 % der Nennungen. Die im Vergleich häufige Nennung könnte damit begründet werden, dass die drei Schlagworte Überbegriffe großer und im Forschungskontext etablierter Themenkomplexe sind. Die vom Klimaschutzteilkonzept und den regionalen Klimaprojektionen für Kassel herausgestellten Risiken der Hitze (8 %) und des Hochwassers (7 %) werden im Gegensatz weniger explizit genannt. Ein noch stärkeres Gefälle ist für die Risiken der Luftqualität und des Wassermangels, mit Nennungen unter einem Prozent zu erkennen.

Über die untersuchten zehn Semester seit 2017 ist die Tendenz zu erkennen, dass die Häufigkeit der je Semester übereinstimmenden Schlagworte in den Projektbeschreibungen nahezu linear zugenommen hat, obwohl die Anzahl der angebotenen Projekte rückläufig war. Dies zeigt generell ein zunehmend größer werdendes Interesse an den Themen des Stadtklimas und der Klimaanpassung. Für die Pflichtmodule des Grundstudiums am Fachbereich gilt dies jedoch nicht. Für das Grundstudium wurde nur ein einziges Modul gefunden, welches eine Übereinstimmung ausweist. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Lehre aktuell insbesondere im Grundstudium noch nicht intensiv mit den Themen der Klimawandelfolgen und -anpassung beschäftigt.

Hier bestehen Potentiale die Lehre, angesichts der steigenden klimatischen Herausforderungen, im Grundstudium um diese Aspekte zu erweitern, sodass auf dem Grundwissen aufbauend klimatische Abwägungen in die Entwürfe und Forschungen des Studiums und der späteren beruflichen Laufbahn früh eingebracht werden können.

Ebenso sinnvoll könnte eine Verknüpfung der Lehrinhalte mit den klimatischen Schlüsselrisiken Kassels und den daraus erwachsenden Anpassungsstrategien sein. So könnten Stadtklima und Klimawandelfolgen an

einem realen Beispiel in direkter Uninähe betrachtet werden.

Die Aussagen der Untersuchung sind jedoch nur bedingt valide. Aufgrund der quantitativen Untersuchung der Projekt- und Pflichtseminarbeschreibungen können keine Aussagen dazu getätigt werden, wie durch die Nennung eines Schlagwortes auch die zugehörigen Lehrinhalte vermittelt werden. So könnte sich hinter den 50 % Nennungen des Schlagwortes Klimawandel sowohl eine gerne genutzte Phrase verstecken, als auch Lehrinhalte zu weiteren nicht explizit genannten Schlagworten. Um dies zu untersuchen und validere Aussagen zu den in der Lehre abgedeckten Themengebieten und deren Qualität treffen zu können, müssen weitere tiefgehende Untersuchungen angeschlossen werden. Mit Hilfe der Klimawirkungen kann daher überprüft werden, ob die Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts die Handlungsfelder Belüftung, Hitze und Hochwasser effektiv adressieren.

## FAZIT

Die Auswirkungen der globalen Klimaerwärmung werden auch das Stadtklima Kassels prägen und bestehende klimatische Risiken verschärfen und neue Risiken schaffen. Damit steht Kassel nicht alleine da. Der zukünftige Anstieg der Globaltemperatur ist in allen Szenarien des jüngsten IPCC-Berichts die Quintessenz. Die daraus resultierenden Folgen werden sich in den verschiedenen Weltregionen unterschiedlich auswirken. Besonders in Städten, in denen der Großteil der globalen Population stark verdichtet lebt, werden die Klimawirkungen für viele Menschen zu spüren sein. Die für die Gesamtheit der europäischen Städte projizierten möglichen Klimafolgen von Hitzestress, Wasserknappheit, Hochwassern und Überflutungen sind auch in deutschen Städten bereits jetzt zu beobachten.

Die Untersuchungen der Stadt Kassel im Klimaschutzteilkonzept zur gegenwärtigen klimatischen Situation der Stadt zeigen schon mit Blick auf das kommende Jahrzehnt Bereiche, die von teils starker Überhitzung geprägt sind. Diese finden sich vor allem in den dicht besiedelten, stark versiegelten und mit wenig Vegetation durchmischten Bereichen in zentralen Lagen der innerstädtischen Quartiere und den Industrie- und Gewerbeflächen. Dies zeigt, dass die Entwicklung des Stadtklimas neben der globalen Erwärmung ebenfalls von lokalen natürlichen und anthropogenen Faktoren beeinflusst wird. Diese können, wie die bereits genannten, die klimatische Situation zuspitzen und zu urbanen Hitzeinseln führen oder andererseits, so wie die Kalt- und Frischluftschneisen der Fulda und eine ausgeprägte Stadtvegetation, den Klimawandelfolgen entgegenwirken.

Die regionalisierten Klimaprojektionen der Stadt Kassel zeigen die Wahrscheinlichkeit deutlicher klimatischer Veränderungen des Status-Quo zur Normalperiode 2071-2100, bei denen die Durchschnittstemperaturen um bis zu 3°C steigen könnten und signifikant mehr und länger anhaltende Hitze- und Trockenperioden das Stadtklima charakterisieren. Für den Menschen können diese Entwicklungen eine Zunahme der Morbidität, Mortalität und psychischer Belastung bedeuten und machen den Hitzestress zu einem starken Schlüsselrisiko des Kasseler Stadtklimas. Im Zusammenhang mit den bereits bestehenden Schadstoffemissionen der Stadt können durch die klimatischen Veränderungen der

Frisch- und Kaltluftschneisen lufthygienische Probleme auftreten, die ebenfalls die Gesundheit gefährden. Die projizierte veränderte Verteilung der Jahresniederschläge kann einerseits zu periodischen Wassermangel, besonders in den Sommermonaten, führen. Andererseits kann dies auch durch vermehrte Starkregenereignisse zu Überflutungen führen. Beide Extreme können gleichermaßen zukünftig Schlüsselrisiken für die Stadtgesellschaft und -natur darstellen. Diese vier Schlüsselrisiken müssen von der Stadt Kassel zukünftig adressiert werden, um die Folgen mit präventiven Maßnahmen abzuschwächen.

Im Vergleich der Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts und der Klimawirkungen der Kasseler Schlüsselrisiken zeigt sich, dass viele der für Kassel relevanten Klimawirkungen von den Maßnahmen nicht direkt adressiert werden. Durch den Leitliniencharakter der Maßnahmenfelder des Klimaschutzteilkonzepts können viele Klimawirkungen zwar indirekt als berührt gewertet werden, jedoch ist dies mehr der allgemeinen Formulierung geschuldet, als einer die Schlüsselrisiken adressierenden Zielsetzung.

Die wenigen Zielsetzungen des Maßnahmenkatalogs richten sich besonders auf die Begegnung der Schlüsselrisiken des Hitzestresses und der Luftqualität. Doch auch hier werden keine konkreten Maßnahmen verortet oder empfohlen, geschweige denn zum Standard der zukünftigen Planung gemacht. Der Fokus des Klimaschutzteilkonzepts liegt auf dem Abbau von Hitze in der Stadt durch Vegetation und der Belüftung zum Schutz der Gesundheit sowie der Kontrolle der Luftqualität. Das zeigt, dass einige der für Kassel relevanten Schlüsselrisiken bereits jetzt in der Wahrnehmung angekommen sind. Die Schlüsselrisiken Wassermangel und Hochwasser hingegen wurden nur oberflächlich durch die Maßnahmen berührt.

Dies zeigt, dass die Stadt Kassel mit dem Klimaschutzteilkonzept von 2017 bereits erste Schritte in Richtung von mehr Klimawandelanpassung gemacht hat, diese jedoch nicht differenziert und detailliert genug sind, um den Auswirkungen der Schlüsselrisiken zum Ende des Jahrhunderts zu begegnen. Die Gründe dafür können unterschiedlicher Natur sein, jedoch steht fest, dass für eine erfolgreiche und ehrliche Klimawandelanpassung, die die Bürger\*Innen Kassels und gleichwohl die Stadtnatur bestmöglich schützen soll, eine Fortschreibung des Klimaschutzteilkonzepts notwendig ist. Darin müssten, auf Grundlage der aktuellsten globalen und regionalen Projektionen, die Risiken neu bewertet werden und darauf aufbauend für die einzelnen Risiken konkrete Maßnahmen präzise benannt werden. Diese müssten darauffolgend in der Stadtpolitik in Beschlüssen und Satzungen zum verbindlich zu berücksichtigenden Standard der Stadtplanung und Stadtpolitik gemacht werden.

Da den stadtklimatischen Problemen nur durch präventive und angepasste Planung begegnet werden kann, wird dem Umgang mit den Folgen des globalen Klimawandels auf städtischer Ebene langfristig eine größere Bedeutung zukommen. Das Klimaschutzteilkonzept von 2017 stellt nicht unbedingt alle Bemühungen der Stadt Kassel zur Klimawandelanpassung dar. Eine weitere Analyse von Programmen und Initiativen der Stadt über das Ratsinformationssystem kann hier weitere Anhaltspunkte bieten. Im Rahmen dieser Arbeit war eine solche Analyse nicht möglich, eine weitere Vertiefung an dieser Stelle ist sinnvoll.

Die Schlagwortsuche zur Lehre des FB06 zeigt, in den Jahren seit der Einführung des Klimaschutzteilkonzepts 2017 ebenfalls einen leichten Anstieg themenbezogener Schlagwortnennungen in den Projektbe-

schreibungen. Im Grundstudium, in dem die Themeninhalte der Klimawandelanpassung für die zukünftigen Generationen von Planer\*Innen miteinbezogen sein müssten, ergibt die Schlagwortsuche jedoch nur einen Treffer. Dies lässt darauf schließen, dass insbesondere im Grundstudium der Fokus höchstwahrscheinlich nicht auf den Themen der Klimawandelanpassung und Klimarisiken liegt und Studierende des FB06 ihr Studium, ohne oder mit nur wenig Berührungspunkten zu diesen relevanten Themen absolvieren können. Um diese Fragestellung näher belegen zu können, muss jedoch die durchgeführte Untersuchung weiter vertieft werden. Durch die Ergebnisse der Schlagwortsuche wird keine Aussage über die Qualität der Lehre gegeben und ebenso gibt es eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit. Module mit Schlagworttreffern können die beschriebenen Inhalte in der Realität nicht oder nur unzureichend behandeln, während Module ohne Schlagworttreffer trotz dessen die Themen in gutem Umfang behandeln können. Eine vertiefende Untersuchung ist aus diesen Gründen notwendig zur eindeutigen Beantwortung der Leitfrage.

# Literatur

- BATHIANY, SEBASTIAN/ PFEIFER, SUSANNE/ RECHID DIANA (2021): Klimaausblick Kassel und angrenzende Landkreise. Climate Service Center Germany (GERICS) (Hg.). Hamburg.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2017): Regionale Klimamodellierung I - Grundlagen erschienen in: promete meteorologische fortbildung No. 3650; ISBN 978-3-88148-491-6
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (O.D.): Climate Action, [online] [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_de?gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARISANs7rEHr8KGz1fUYLYdDxs-NjxGBYZt8obs1r8CF8O7GFCubb-z1OmJ0oKt9waAnYDEALw\\_wcB](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_de?gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARISANs7rEHr8KGz1fUYLYdDxs-NjxGBYZt8obs1r8CF8O7GFCubb-z1OmJ0oKt9waAnYDEALw_wcB) [Zugriff am 13.11.2022].
- HENNINGER, SASCHA/WEBER, STEFAN (2019): Stadtklima UTB-Band-Nr: 4849
- HÜBENER, HEIKE/WOLF, HELMUT (2010): Regionale Klimaprojektionen für Hessen: Das neue WETTREG2010 jahresbericht 2010
- IMPACT2C (2015): IMPACT2C web-atlas. About the IMPACT2C project. [https://www.atlas.impact2c.eu/en/about/about-impact2c/?parent\\_id=570](https://www.atlas.impact2c.eu/en/about/about-impact2c/?parent_id=570) [Zugriff am 08.01.2023]
- INSTITUT FÜR KLIMA- UND ENERGIEKONZEPTE (INKEK) (2017): Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel“ für die Stadt Kassel. Kassel.
- IPCC (2022a): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate change: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Citation.pdf), [online] [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Citation.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Citation.pdf) [Zugriff am 08.11.2022].
- IPCC (2022b): Climate Change Impacts and Risks : Fact sheet - Human Settlements, in: Sixth Assessment Report, Bd. 6., [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch), [online] [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FactSheet\\_HumanSettlements.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGII_FactSheet_HumanSettlements.pdf) [Zugriff am 11.10.2022]
- IPCC (2022c): Climate Change Impacts and Risks : Fact sheet - Europe, in: Sixth Assessment Report, Bd. 6., [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch), [online] [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FactSheet\\_Europe.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGII_FactSheet_Europe.pdf) [Zugriff am 12.10.2022]
- KRENN, WERNER (2023): Wetterdaten Auswahl. <http://wetterstation-kassel.de/> [Zugriff am 08.01.2023]
- KUTTLER, WILHELM (2013): Klimatologie. Ferdinand Schöningh (UTB 3099), Stuttgart,
- LENZHOLZER, SANDA (2015). Weather in the city. How design shapes the urban climate. Rotterdam, Nai010 Publ.
- OKE, T./MILLS, G./CHRISTEN, A./VOOGT, J. (2017): Urban Climates. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781139016476● VARNEDOE, K. (1984): Zeitgenössische Tendenzen. In: RUBIN, W. [Hrsg.]: Primitivismus in der Kunst des zwanzigsten Jahrhunderts. München. 676-701.
- SCHÖNWIESE, CHRISTIAN-DIETRICH (2020): Klimatologie UTB Band-Nr. 1793
- SHARIFI, AYYOUB (2020): Trade-offs and conflicts between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review, Hiroshima Japan <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122813>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Dessau-Roßlau
- WELTKLIMARAT (o. D.): About the IPCC, IPCC, [online] <https://www.ipcc.ch/about/> [abgerufen am 31.01.2023].
- WMO (1983): Commission for Climatology and applications of Meteorology. Abridged final report 8th session. WMO-No. 600.

# Julia Förster, Selma Harnischmacher Sarah Neuenhagen, Natalie Springer

## Hitzestress 1909?

### STADTENTWICKLUNG UND URBANE WÄRMEINSEL AN DEN HENSCHELWERKEN AUF DEM HEUTIGEN CAMPUS DER UNIVERSITÄT KASSEL

Fokus dieses Kapitels ist die stadtklimatischen und städtebaulichen Entwicklung Kassels im Zeitraum 1900 bis 1970. Erfasst wurden dabei die Stadtstrukturen eines ausgewählten Untersuchungsgebietes im Norden von Kassel zu unterschiedlichen Entwicklungsphasen. Diese wurden anschließend in einem stadtklimatischen Kontext analysiert und bewertet.

#### Aufbau der Arbeit

Die Arbeit unterteilt sich in 3 grundlegende Teile. Zu Beginn wird ein Überblick über die Relevanz des Themas sowie über den Hintergrund der Fragestellung und die Auswahl des Untersuchungsgebietes gegeben. Des Weiteren wird das methodische Vorgehen genauer erläutert und es wird ein Überblick über die Stadtentwicklung Kassels und das Henschel-Werk Kassels gegeben. Den zweiten Teil bilden die Ergebnisse der Analyse der historischen Klimadaten sowie die Ergebnisse der GIS-Analyse. Hier werden jeweils Datengrundlagen, methodisches Vorgehen bei den Berechnungen und die Ergebnisse erläutert. Den dritten und letzten Teil der Arbeit bilden eine Diskussion der Ergebnisse und ein abschließendes Fazit.

#### Fragestellung

Die Fragestellungen, mit denen sich im Rahmen der Arbeit beschäftigt wurden, beziehen sich auf die stadtklimatische sowie städtebauliche Entwicklung Kassels im Zeitraum 1900 bis 1970. Wie hat sich das Stadtklima in diesem Zeitraum in Kassel verändert? Wie hat sich die Stadt städtebaulich entwickelt und wie hat diese Entwicklung Einfluss auf das Klima genommen? Die Frage der städtebaulichen Entwicklung in Verbindung mit dem Einfluss auf das Stadtklima sind hierbei von besonderer Relevanz, da die Stadt Kassel im Verlauf des zweiten Weltkriegs einige drastische Veränderungen erfahren hat, besonders durch die Zer-

störung im Jahr 1943. Im Zuge des Wiederaufbaus lag der Fokus noch nicht auf einer klimaangepassten Bauweise der Quartiere. Daher war es hier wichtig zu analysieren, ob und wie sich eine dichte Bebauung auf die stadtklimatischen Verhältnisse auswirkt.

## Auswahl des untersuchungsgebiets

Die Auswahl des Untersuchungsgebietes erfolgte nach einer Analyse historischen Karten- und Bildmaterials. Hierbei wurde früh ersichtlich, dass nur wenige Orte in Kassel für den Bearbeitungszeitraum von 1900 bis 1970 umfangreich dokumentiert sind. Wichtige Kriterien bei der Auswahl waren zum einen, dass das Untersuchungsgebiet städtebaulichen Veränderungen im Zeitraum 1900 bis 1970 unterlag, jedoch auch, dass diese Veränderungen entsprechend gut dokumentiert wurden. Eine umfangreiche Quellenlage für das Untersuchungsgebiet war daher ein essenzieller Faktor bei der Entscheidung.

Die Entscheidung fiel auf das Gebiet nördlich von Kassel, den heutigen Campus der Universität Kassel, welches zur damaligen Zeit von der Firma Henschel & Sohn genutzt wurde. Das Betriebsgelände ist sowohl anhand von Lageplänen zu unterschiedlichen Zeitperioden als auch durch Bildmaterial sehr umfangreich dokumentiert. Mithilfe der Luftbildaufnahmen konnten die Stadtstrukturen in der unmittelbaren Nähe zum Betriebsgelände analysiert und kartiert werden.

## METHODIK

Zu Beginn wurde eine umfassende Literaturrecherche zur Thematik der Stadtklimatologie und der Historie Kassels durchgeführt. Dabei wurde zum einen das Suchportal der Bibliothek der Universität Kassel sowie Google Scholar und Research Gate verwendet. Um die stadtklimatischen Verhältnisse genauer bestimmen zu können, wurden historische Klimadaten vom Deutschen Wetterdienst mithilfe des Climate Data Centers für die Jahre 1900 bis 1990 heruntergeladen und anschließend mithilfe von Microsoft Excel aufbereitet und analysiert. Ebenfalls wurde mit historischen Kartensätzen gearbeitet, welche auf Anfrage hin vom Landesgeschichtlichen Informationssystem Hessen (LAGIS) für die Jahre um 1900, um 1945, um 1960 und um 1980 zur Verfügung gestellt wurden. Diese Karten waren bereits georeferenziert und mussten daher lediglich mithilfe von ArcGIS für das entsprechende Untersuchungsgebiet angepasst werden. Das Untersuchungsgebiet umfasst den Campus der Universität Kassel, welcher zur damaligen Zeit noch unter der Nutzung der Firma Henschel & Sohn stand.

Um die Gebäudehöhen sowie die Bebauungsdichte kartieren zu können, wurden einige Lagepläne zu unterschiedlichen Zeitperioden vom Henschel-Museum + Sammlung e.V. zur Verfügung gestellt. Diese Lagepläne zeigen das Betriebsgelände vor, während und nach dem zweiten Weltkrieg. Die Pläne wurden mithilfe von ArcGIS georeferenziert und miteinander verglichen, um entsprechende Entwicklungen dokumentieren zu können.

Die detaillierte Methodik zum Arbeitsvorgang zur Erstellung der Simulation der städtischen Wärmeinsel mit ArcGIS und die Aufbereitung der

historischen Klimadaten mit Microsoft Excel werden in den entsprechenden Kapiteln näher erläutert.

## STÄDTISCHE WÄRMEINSEL

Dass es in dicht bebauten Stadtgebieten generell wärmer ist als auf dem Land, ist ohne wissenschaftliche Beweise spürbar. Aber wieso bilden sich in stark besiedelten Gebieten diese sogenannten Wärmeinseln und was hat die Bebauung und Versiegelung damit zu tun?

Die städtische Wärmeinsel ist besonders relevant in Hinsicht auf das Stadtklima, denn sie stellt eine der wichtigsten menschengemachten Veränderungen bzgl. des oberflächennahen Klimas dar (vgl. Mario Betschart, 2015). Sie definiert sich durch die Differenz der Lufttemperatur der wärmeren Stadt und des kühleren Umlandes (vgl. Mario Betschart, 2015). Wetterdaten von meteorologischen Messstationen bestätigen, dass in Städten extremere Temperaturen vorherrschen als im Umland, was darauf schließen lässt, dass in versiegelten und dicht bebauten Bereichen mehr Wärme entsteht und diese länger gespeichert wird (vgl. Österreichischer Rundfunk, 2022).

Die Wärmespeicherung wird stark durch die Aerodynamik und Reflexion der verwendeten Baustoffe in einer Stadt geprägt. Darunter leiden insbesondere die Windgeschwindigkeit und Luftzirkulation (vgl. Deutscher Wetterdienst, o.J.a) Dichte Bebauungsstrukturen führen zu einer eingeschränkten Windzirkulation, auch fehlende Beschattung und fehlende Vegetationsstrukturen, wie Grünflächen und Bäume, verstärken den Wärmeinseleffekt (vgl. Betschart, 2015). Auch die anthropogene Wärmefreisetzung spielt eine Rolle (vgl. Deutscher Wetterdienst, o.J.a). Der städtische Wärmeinseleffekt ist in der Nacht stärker ausgeprägt als am Tag. Dabei unterscheiden sich die Bereiche der Stadtbebauung stark in ihren wesentlichen Strukturen in Bezug auf das Lokalklima. Je mehr Grün- und Wasserflächen ein Stadtgebiet aufweisen kann, desto kühler ist es dort. Je dichter die Bebauung und der Versiegelungsgrad, desto höher ist die Temperatur (vgl. Österreichischer Rundfunk, 2022). Die, durch die Bebauung verstärkte Thermik über einer Stadt, führt zu vermehrten Niederschlägen. Da das Regenwasser jedoch schnell in die Kanalisation abgeleitet wird, findet keine Kühlung des Raumes durch Verdunstung statt. Diese Klimamodifikation hat also eine anthropogene, vom Menschen gemachte Ursache (vgl. Umweltbundesamt Dortmund, 2011).

Wesentliche Aspekte sind eine dichte Bebauung, ein hoher Versiegelungsgrad, die Industrie, die Abwärme und Emission von verunreinigenden Stoffen, wie das Freisetzen von Abgasen, fehlende Vegetation (Bsp.: Straßenbegleitgrün, Parks oder Dachbegrünung). Natürliche Ursachen, wie bspw. die Sonneneinstrahlung verstärken die anthropogenen Faktoren, welche eine Stadt schnell aufheizen und im Sommer für einen Hitzeinseleffekt sorgen. Durch die wärmespeichernden Oberflächen der Städte und die dort verminderte Luftzirkulation kühlt die Stadt in der Nacht nicht ausreichend ab. Die daraus resultierende, erhöhte Lufttemperatur, die Anreicherung von Schadstoffen in der Luft und die veränderten Niederschlagsverhältnisse führen zu einem extremeren Lokalklima (vgl. Umweltbundesamt Dortmund, 2011).

Der Effekt der städtischen Wärmeinsel kann unterschiedlich stark aus-

geprägt sein, daher sind seine Auswirkungen ebenso vielfältig. Generell kann gesagt werden, dass die Wärmeinselintensität, also die Größe des Temperaturunterschiedes zwischen Stadt und Umland, mit der Größe der Stadt korreliert (vgl. Mario Betschart, 2015). Für die Stadtbewohner bedeutet dies eine erhöhte Gefahr von Hitzestress, vor allem in den Sommermonaten (vgl. Deutscher Wetterdienst, o.J.b). Hier sind vor allem Risikogruppen von älteren Menschen und Menschen mit Vorerkrankungen betroffen, aber auch für Kinder kann der Hitzestress gefährlich sein (vgl. Deutscher Wetterdienst, o.J.b).

## STADTENTWICKLUNG KASSEL

Erste Belege für die Stadt Kassel wurden in Form von zwei Urkunden aus dem Jahr 913 gefunden, die darauf hindeuteten, dass die Stadt Kassel auf eine mehr als tausendjährige Entwicklung zurückblickt. Ausgangspunkt der Stadtentwicklung war eine Befestigungsanlage, die an der Stelle des heutigen Regierungspräsidiums stand. In ihrem Schutz entwickelte sich in den nächsten Jahrhunderten eine Siedlung (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Ein bedeutender Impuls in der Stadtgeschichte von Kassel war die Erwählung zur Residenzstadt durch den Landgraf Heinrich von Hessen im Jahr 1277. Hintergrund dieser Entwicklung war das Wachstum und die steigende wirtschaftliche Bedeutung der Stadt, nachdem Landgraf Heinrich von Hessen Kassel im Jahr 1277 zu seiner Residenz errichtet hat. Landmarken wie die Brüderkirche, Martinskirche und der Druselturm haben sich aus dieser Zeit erhalten (vgl. Stadt Kassel, 2023).

In den darauffolgenden Jahrhunderten wurde die Entwicklung der Stadt von den Landesfürsten entscheidend geprägt. So wurde die Stadt im 16. Jahrhundert vorübergehend zu einem politischen Mittelpunkt im Westen Deutschlands. Hintergrund dafür waren die mit dem Protestantismus zusammenhängenden Ziele von Landgraf Philipp, die ihn veranlassten, die Stadt zu einer Festung auszubauen. Die Einebnung der Festungsanlage fand 1767 ihren Anfang, nachdem Mauern und Wälle eine Ausdehnung der Stadt jahrhundertlang verhindert haben. Einen weiteren bedeutenden Impuls in der Stadtentwicklung ebnete Landgraf Karl, als, infolge der hessischen Freiheitskonzession von 1685, die Hugenotten sich in Kassel ansiedelten. Es entstand der neue Stadtteil Oberneustadt. Aber auch die Stadtbild prägenden architektonischen Anlagen wie das barocke Orangerieschloss mit dem weitläufigen Park der Karlsau und der Bergpark Wilhelmshöhe entstanden unter dem Landgraf Karl (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Der nächste bedeutende Impuls in Kassels Stadtentwicklung ereignete sich durch die Industrialisierung. Die Stadt wandelte sich 1866, als Kassel und Kurhessen ein Landesteil des Königreichs Preußen wurden. Besondere Bedeutung errang dabei die Firma Henschel. Industrieviertel bildeten sich im Norden und Osten der Stadt. Im Gegensatz dazu bildeten sich im Westen an der heutigen Friedrich-Ebert-Straße reine Wohngebiete. Am Ende des 19. Jahrhunderts war Kassel über die mittelalterliche Gemarkung hinausgewachsen. Benachbarte Ortschaften wurden eingemeindet und ergänzten das Stadtbild. Die Bevölkerung zählte zu dieser Zeit über hunderttausend Einwohner. Repräsentationsbauten wie das Rathaus (1909), das Landesmuseum (1913) und die Stadthalle (1914)

wurden errichtet und sind bis heute erhalten geblieben (vgl. Stadt Kassel, 2023).

In den Zwanziger Jahren rückte der Fokus der Stadtentwicklung auf Bauten der Gesundheitspflege, Sportstätten und Wohnsiedlungen. Das Hallenbad Ost, Hessenkampfbahn und die Rothenbergsiedlung sind Beispiele aus dieser Zeit und bringen eine veränderte soziale Einstellung zum Ausdruck (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Durch das NS-Regime beeinflussten militärische Belange die Stadtentwicklung Kassels. Die Rüstungsindustrie wurde auf- und ausgebaut. Es entstanden Kasernenbauten und das „Generalkommando“, welches das heutige Bundessozialgericht ist. Am 22. Oktober 1943 wurde die Innenstadt durch einen Luftangriff zerstört. Frühere und spätere Angriffe führten zusätzlich dazu, dass am Kriegsende siebzig Prozent der Wohnungen und fünfundsechzig Prozent der Industrieanlagen im gesamten Stadtgebiet zerstört waren (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Neue Impulse für die Stadtentwicklung kamen Mitte des 20. Jahrhunderts. Die Stadt wurde wieder aufgebaut und in den Fünfziger Jahren entstanden zahlreiche Bauwerke wie die Treppenstraße, welche unter Denkmalschutz steht. Festzuhalten ist, dass beim Neuaufbau der Fokus in der Architektur darauf gelegt wurde, mit der Vergangenheit radikal zu brechen. Die 1955 abgehaltene Bundesgartenschau beeinflusste die Stadtentwicklung Kassels zusätzlich. Die Documenta, welche seitdem im Abstand von fünf Jahren in Kassel stattfindet und das Stadtbild prägt, zählt zu den weltweit bedeutendsten Ausstellungen zeitgenössischer Kunst und fand dort ihren Anfang (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Einfluss auf die Stadtentwicklung nahm auch die 1970 als Gesamthochschule gegründete Universität Kassel auf dem ehemaligen Industriegelände von Henschel.

Durch die im Jahr 1981 veranstaltete Bundesgartenschau entstand das stadtnahe Erholungsgebiet der Fuldaaue (vgl. Stadt Kassel, 2023).

Der 1991 errichtete ICE-Bahnhof und der 2013 eröffnete Flughafen Kassel-Calden tragen zur regionalen und überregionalen Bedeutung der Stadt bei. Kassel zählt derzeit 200.000 Einwohner und Einwohnerinnen und ist eine Großstadt, welche als Documenta-Stadt bekannt ist, in welcher sich zahlreiche Unternehmen und Institutionen als auch Bildungseinrichtungen und Kultur- und Unterhaltungsstätten angesiedelt haben (vgl. Stadt Kassel, 2023).

## HENSCHEL-WERK KASSEL

Das Henschel Werk hat für diese Ausarbeitung eine zentrale Bedeutung. Die, im späteren Teil der Arbeit, ausgewerteten Klimadaten beziehen sich auf das Gelände der Universität Kassel, welches im betrachteten Zeitraum für die Produktion des Henschel Unternehmens genutzt wurde. Nicht viele Universitäten haben eine, in dieser Art, historische Geschichte. Das Weltunternehmen Henschel und Sohn fand im 18. Jh. auf dem Gelände des heutigen Campus seinen Anfang. Innerhalb von 150 Jahren entwickelte sich das Familienunternehmen zu einem Konzern mit den Schwerpunkten Fahrzeug-, Maschinen- und Rüstungsbau. Bekanntheit erlangte Henschel anfangs durch die Produktion von Bleiblechen (vgl. Anette Ulbrich, 2004), welche zuvor aus England importiert wurden und entwickelte sich zu einem der wichtigsten Hersteller diverser Verbren-

A



B



A Ehemaliges Henschel-Werk.  
Teile dieses Gebäudes sind  
auch heute noch auf dem Cam-  
pus der Universität Kassel zu  
finden (Quelle: Henschel Muse-  
um + Sammlung e.V.)

B Luftbild des Betriebsgeländes  
(Quelle: Henschel Museum +  
Sammlung e.V.)



nungsmotoren, eigens entwickelten Lokomotiven, Bussen und Lastwagen (vgl. Anette Ulbrich, 2004).

Der gelernte Stückgießer Carl Henschel heiratete 1780 die Tochter seines Meisters Johann Storck und erhielt kurze Zeit später die Teilhaberschaft an der Gießerei seines Schwiegervaters, am heutigen Standort der Kasseler Universität. Wenige Jahre darauf errichtet Henschel hinter der Gießerei nach eigenen Entwürfen das erste Bleiwalzwerk Deutschlands und fand eine Anstellung als kurfürstlicher Stückgießer. Er errichtete 1810 als selbstständiger Unternehmer unter dem Namen Henschel und Sohn eine Werkstatt mit Gießerei (vgl. Anette Ulbrich, 2004). Das zu diesen Zwecken errichtete Gießhaus ist bis heute in seiner ursprünglichen Bauweise auf dem Campus zu finden. Im Laufe der Jahre wuchs das Unternehmen und damit auch das Gelände, welches sich nach einiger Zeit über das Gesamtgebiet des alten Campus erstreckte.

1972 wurde das Henschel Firmengelände am Holländischen Platz aufgegeben. 1975 entstand dort der zentrale Campus der Universität Kassel. Alle erhaltenswerten Gebäude des Geländes wurden für Hochschulzwecke umgebaut (vgl. Anette Ulbrich, 2004). Bis heute sind Strukturen vom Grundriss des damaligen Henschel Werkes am Campus zu erkennen. Teilweise sind Straßen und Gebäudegrenzen auf dem Gelände identisch oder lassen sich in wesentlichen Zügen miteinander vergleichen (vgl. Anette Ulbrich, 2004). Überbleibsel aus der Zeit Carl Henschels auf dem Universitätscampus sind u.a. die Diagonale, das zuvor erwähnte Gießhaus, der Schornstein östlich der Mensa, die Weide sowie die Treppenanlage vor der Mensa als auch das Hautverwaltungsgebäude der Henschelfirma, welches bis heute den Namen K10 trägt (vgl. Anette Ulbrich, 2004)

C Die Trauerweide auf dem ehemaligen Betriebsgelände. Auch heute ist sie noch auf dem Campus der Universität zu finden (Quelle: Henschel Museum + Sammlung e.V.)

# HISTORISCHE KLIMADATEN

Im Rahmen der Betrachtung der klimatischen Veränderungen Kassels in den Jahren 1900 bis 1970 erfolgte eine Analyse historischer Klimadaten. Für die vergleichende statistische Analyse wird der Parameter der Lufttemperatur in drei 30-jährigen Klimaperioden untersucht.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) stellt über das Climate Data Center (CDC) eine Vielzahl von Klimadaten als Open Data zum Download zur Verfügung. Es liegen sowohl einzelne Stationsdaten als auch Rasterdatensätze vor. Während die meisten Stationsdaten für Kassel im CDC nur bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts zurückreichen, liegen Rasterdaten für die Lufttemperatur in Kassel bereits aus den Jahren um 1900 vor. Die im folgenden analysierten Klimadaten weisen eine räumliche Auflösung von 1×1 km und eine monatliche zeitliche Auflösung auf. Für die monatliche Auflösung wurden seitens des DWD aus den täglich gemittelten Daten die Monatsmittel berechnet. Für den Parameter der Lufttemperatur, welcher 2 m über dem Grund gemessen wird, stehen im CDC drei Datensätze zur Verfügung. Der erste Datensatz zeigt den Monatsmittel der Lufttemperatur, der zweite den Monatsmittel der Lufttemperaturmaxima und der dritte den Monatsmittel der Lufttemperaturminima. Für alle Datensätze wurden jeweils die fünf gleichen Rasterzellen von Kassel ausgewählt. Die Rasterzellen bilden ein zusammenhängendes Rasternetz um den Campus der Universität Kassel am Holländischen Platz. Damit vom CDC flächendeckend für Deutschland Rasterdatensätze zur Verfügung gestellt werden können, wurden diese seitens des DWD in einem Interpolationsverfahren aus Stationsdaten ermittelt, wodurch sich Unsicherheiten in den Daten ergeben können.

## Auswertung

Die statistische Auswertung der Klimadaten erfolgte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel. Die vom CDC verwendeten Datensätze enthalten eine Datensatzbeschreibung in Form einer PDF-Datei sowie mehrere Microsoft Excel-CSV-Dateien. Die größte der Excel-CSV-Dateien enthält die für die Auswertung wesentlichen Informationen, wie die genauen Standortinformationen der für das Raster verwendeten Stationen, einen Zeitstempel sowie die zu dem Zeitstempel gehörende Temperatur in °C. Zur Ermittlung und Darstellung der klimatischen Veränderungen Kassels in den Klimaperioden 1901-1930, 1931-1960 und 1961-1990<sup>A</sup> wurden die Monatsmittel der Temperaturen für die entsprechenden Klimaperioden berechnet, sowie anschließend die Differenz der Lufttemperatur zwischen den unterschiedlichen Klimaperioden in den einzelnen Monaten. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind sowohl in Form von Tabellen als auch in Diagrammen in den Unterkapiteln 6.1.1 - 6.1.3 dargestellt. Die ermittelten Daten zeigen zum einen starke Veränderungen der Lufttemperatur zwischen den einzelnen drei Klimaperioden. Zum anderen sind aber auch tendenzielle Entwicklungen der Lufttemperatur erkennbar.

### MONATSMITTELWERT DER DURCHSCHNITTLICHEN LUFTTEMPERATUR

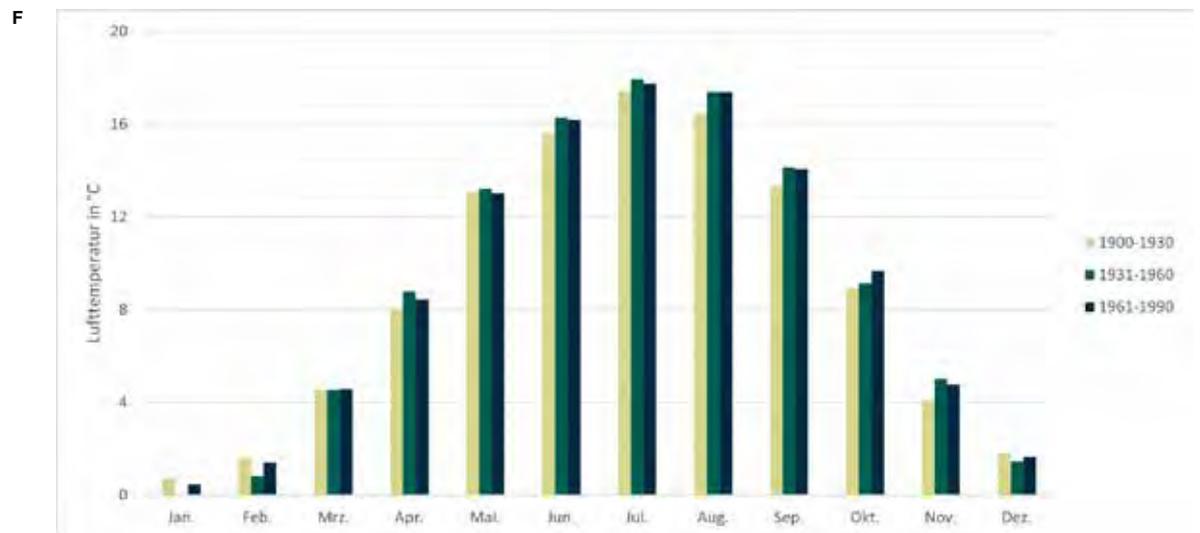
Die berechneten Monatsmittelwerte für die Lufttemperatur in den einzelnen Monaten der drei 30-jährigen Klimaperioden zeigen Tabelle D

D

30-jähriges Mittel	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
1900-1930	0,7	1,6	4,5	8,0	13,1	15,6	17,4	16,5	13,3	8,9	4,1	1,8
1931-1960	0,0	0,8	4,5	8,8	13,2	16,3	17,9	17,4	14,2	9,2	5,0	1,5
1961-1990	0,5	1,4	4,6	8,5	13,0	16,2	17,7	17,4	14,1	9,7	4,8	1,7

E

Differenz in °C	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Klimaperiode 1901-1930 zu 1961-1990	-0,3	-0,2	0,0	0,4	-0,1	0,6	0,3	0,9	0,7	0,7	0,7	-0,2
Klimaperiode 1901-1930 zu 1961-1990	0,4	0,6	0,0	0,3	-0,2	-0,1	-0,2	0,0	-0,1	0,5	-0,2	0,2



sowie Abbildung F. Deutlich erkennbar ist ein starker Temperaturanstieg im Spätsommer und Herbst im Vergleich zur Periode 1.

Die stärkste Veränderung zwischen den Perioden 1 und 3 ist in den Monaten August, September, Oktober und November, mit einem Anstieg von +0,7 bis +0,9°C, festzustellen. Zudem sind in der Periode 3 die Werte der Monate April, Juni und Juli höher als in der Periode 1. In den Wintermonaten hingegen ist der Mittelwert für die Lufttemperatur in der Periode 3 niedriger als in der Periode 1. Obwohl somit nicht in allen Monaten eine positive Differenz der berechneten Werte zwischen den beiden Perioden vorliegt, zeigen die Daten eine tendenzielle Erwärmung der Lufttemperatur im Vergleich der Perioden 1 und 3. Diese Einschätzung ist zum einen darin begründet, dass eine größere Anzahl an Monaten mit einem Anstieg der Werte zu verzeichnen ist als Monate mit einer Abnahme. Zum anderen ist die berechnete Differenz bei Monaten mit steigenden Werten stärker ausgeprägt.

Der Vergleich der Perioden 2 und 3 zueinander zeigt einen erheblichen Unterschied zu dem Ergebnis des Vergleichs der Perioden 1 und 3. Tendenziell sind die Werte der Lufttemperatur in der Periode 3 niedriger als in der Periode 2, dies ist vor allem im Frühjahr und Sommer der Fall. Die Betrachtung der Differenz der Lufttemperatur zeigt jedoch, dass die Werte von Periode 3 nur gering von den Werten der Periode 2 abweichen, mit maximal 0,3°C. Ein Anstieg der Werte von bis zu 0,6°C ist in den Wintermonaten sowie im Oktober gegeben.

Auffallend in der Auswertung der berechneten Monatsmittel ist die Diskrepanz zwischen Periode 1 zu 3 und Periode 2 zu 3. Ursache hierfür ist, dass die Monatsmittel der Lufttemperatur in Periode 2 zum Teil deutlich höher sind als in Periode 1. So sind einige der Werte von Periode 3 zwar im Vergleich zu der vorherigen Klimaperiode gesunken, liegen aber dennoch wesentlich höher als die Werte der ersten Klimaperiode. Besonders hervorzuheben ist der Monat Oktober. Dies ist der einzige

Im Folgenden werden die Bezeichnungen Periode 1 für die Klimaperiode 1900-1930, Periode 2 für die Klimaperiode 1931-1960 und Periode 3 für die Klimaperiode 1961-1990 verwendet.

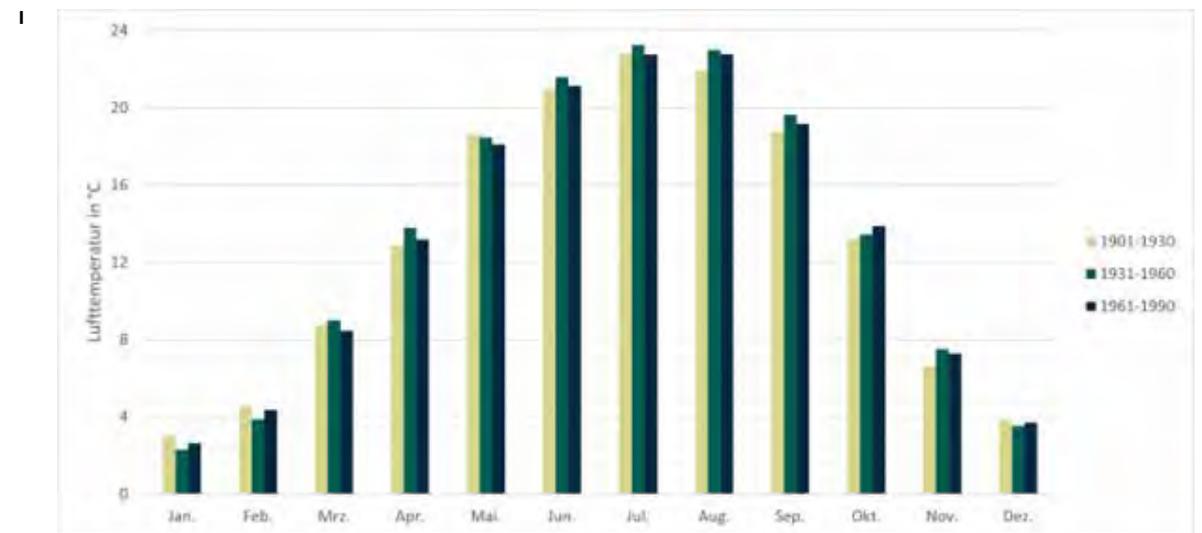
- D Monatsmittelwert der Lufttemperatur im 30-jährigen Mittel in °C (Eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023a)
- E Differenz der durchschnittlichen Lufttemperatur zwischen den unterschiedlichen Perioden, starker Temperaturunterschied (positiver Zahlenwert) innerhalb desselben Monats in Rot dargestellt (eigene Darstellung).
- F Diagramm der monatlichen Lufttemperaturmittel der drei untersuchten Klimaperioden in °C (eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023a)

G

30-jähriges Mittel	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
1901-1930	3,0	4,6	8,7	12,9	18,6	21,0	22,8	21,9	18,8	13,2	6,6	3,8
1931-1960	2,3	3,9	9,0	13,8	18,5	21,6	23,3	23,0	19,6	13,4	7,5	3,5
1961-1990	2,6	4,4	8,5	13,2	18,1	21,1	22,7	22,8	19,2	13,9	7,3	3,7

H

Differenz in °C	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Klimaperiode 1901-1930 zu 1961-1990	-0,4	-0,2	-0,3	0,3	-0,5	0,1	-0,1	0,8	0,4	0,7	0,6	-0,1
Klimaperiode 1931-1960 zu 1961-1990	0,3	0,5	-0,5	0,6	-0,4	0,5	0,5	-0,2	-0,5	0,4	-0,2	0,2



Monat, in dem die Werte sowohl im Vergleich der Perioden 1 zu 3, als auch 2 zu 3 gestiegen sind.

### MONATSMITTELWERT DER LUFTTEMPERATURMAXIMA

Die Auswertung des Datensatzes Lufttemperaturmaxima (siehe Abb. G und Tab. H) zeigt, dass zwischen den drei untersuchten Klimaperioden deutliche Veränderungen in der maximalen Lufttemperatur zu erkennen sind. Die Berechnung ergab sowohl steigende als auch fallende Werte für die Mittelwerte der einzelnen Monate.

Wird Periode 1 und Periode 3 miteinander verglichen (siehe Tab. H), so zeigt sich, dass in sechs der zwölf Monaten die Temperatur gestiegen ist, während in den anderen sechs Monaten die Temperatur in Periode 3 niedriger ist als in Periode 1. Einen starken Anstieg der Lufttemperatur zwischen den beiden Klimaperioden ist im Spätsommer und Herbst erkennbar. Die größte Differenz ist hierbei im August vorhanden, mit einer Zunahme von 0,8°C. Ähnliche Werte sind im Oktober mit 0,7°C und im November mit 0,6°C festzustellen. Die stärkste Veränderung in Bezug auf sinkende Werte zwischen den Perioden 1 und 3 ist im Mai mit einem berechneten Unterschied von 0,5°C erkennbar.

Im Vergleich der Perioden 2 und 3 miteinander (siehe Tab. H) ist eine tendenziell geringere maximale Lufttemperatur in Periode 3 abzulesen. So ist bei acht Monaten der Monatsmittelwert der Lufttemperaturmaxima in Periode 3 geringer als in Periode 2. Einen Anstieg der Werte weisen die Monate Januar, Februar, Oktober und Dezember auf.

Obwohl die Werte der Lufttemperaturmaxima im Mittel in den Monaten Januar, Februar und Dezember im Vergleich der Periode 2 zur Periode 3 gestiegen sind, ist die Temperatur in diesen Monaten niedriger als in der Periode 1. Dies ist darin begründet, dass in den entsprechenden Monaten die Temperatur in Periode 2 im Vergleich zu Periode 1 deutlich gesunken ist. Bis auf diese drei Monate und den Monat Mai sind die ermittelten

G Monatsmittelwert der Lufttemperaturmaxima im 30-jährigen Mittel in °C (eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023b).

H Differenz der Lufttemperaturmaxima zwischen den unterschiedlichen Perioden, starker Temperaturunterschied (positiver Zahlenwert) innerhalb desselben Monats in Rot dargestellt (eigene Darstellung).

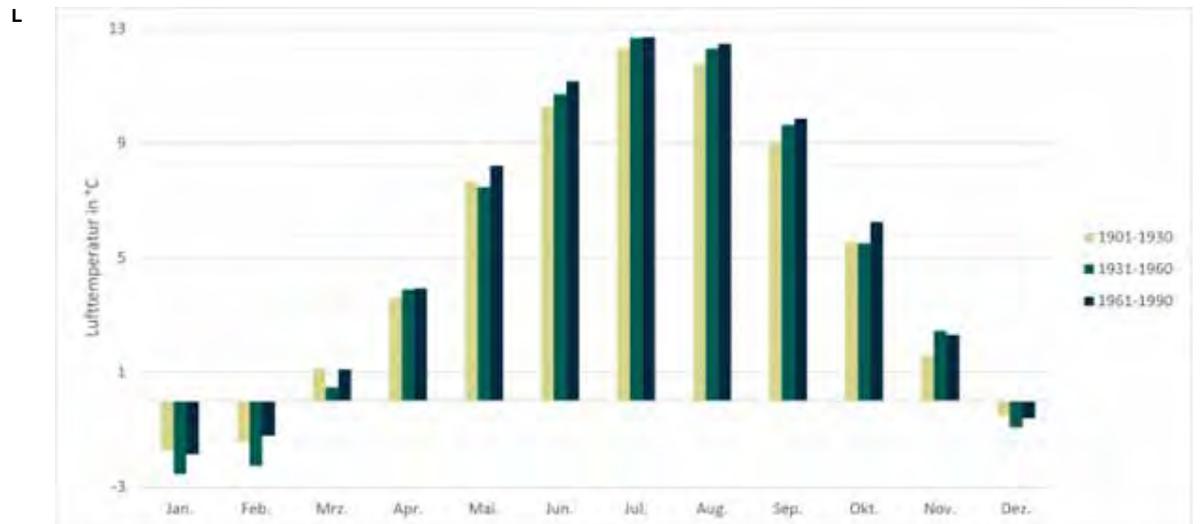
I Diagramm der Monatsmittel der Lufttemperaturmaxima in den drei untersuchten Klimaperioden in °C (eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023b).

J

30-jähriges Mittel	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
1901-1930	-1,7	-1,4	1,1	3,6	7,6	10,3	12,3	11,8	9,1	5,5	1,6	-0,5
1931-1960	-2,6	-2,3	0,5	3,9	7,5	10,7	12,7	12,3	9,6	5,5	2,5	-0,9
1961-1990	-1,9	-1,2	1,1	3,9	8,2	11,2	12,7	12,5	9,9	6,3	2,3	-0,6

K

Differenz in °C	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Klimaperiode 1901-1931 zu 1961-1990	-0,1	0,2	0,0	0,3	0,6	0,8	0,4	0,7	0,8	0,7	0,7	-0,1
Klimaperiode 1931-1960 zu 1961-1990	0,7	1,1	0,6	0,0	0,7	0,4	0,0	0,2	0,2	0,8	-0,2	0,3



Werte in Periode 2 höher als die der Periode 1.

Bei der Betrachtung des gesamten Zeitraums der drei Klimaperioden zeigt die Auswertung der Lufttemperaturmaxima tendenziell steigende Werte bis 1990.

### MONATSMITTELWERT DER LUFTTEMPERATURMINIMA

Die Ergebnisse des dritten Datensatzes, den Daten zur minimalen Lufttemperatur, sind der Abbildung L sowie den Tabellen J und K zu entnehmen. Zwischen den drei untersuchten Perioden sind, wie in den beiden zuvor untersuchten Datensätzen, Veränderungen sowohl mit steigenden als auch mit sinkenden Werten erkennbar. Zwischen den Perioden 1 und 3 ist die größte Veränderung ebenfalls in den Monaten des Spätsommers und Herbst sichtbar. So liegt die ermittelte Differenz in den Monaten August bis November bei jeweils +0,7 – +0,8°C (siehe Tab. J). Ähnliche Werte sind zudem im Mai und Juni gegeben. Januar und Dezember hingegen weisen im Vergleich von Periode 1 und 3 eine negative Differenz auf, das Monatsmittel der minimalen Lufttemperatur ist jeweils um 0,1°C gesunken. Besonders starke Veränderungen sind zwischen den Perioden 2 und 3 erkennbar. Für den Februar beträgt die berechnete Differenz +1,1°C. Dies ist nicht der einzige Monat mit einer großen Differenz. Die Monate Januar, März, Mai und Oktober weisen in der Periode 3 Temperaturen auf, die 0,6 – 0,8°C höher sind als in den entsprechenden Monaten in Periode 2. Der einzige Monat, in dem der Monatsmittelwert in der 3. Periode niedriger ist als in Periode 2, ist der November. Während das Monatsmittel der minimalen Lufttemperatur in Periode 2 bei 2,5°C liegt, ist die für die Periode 3 berechnete Temperatur 2,3°C. Es ergibt sich demnach hier eine Differenz von -0,2°C.

Auffallend sind die berechneten Differenzen für die Monate Januar und Dezember. Während diese beiden Monate bei dem Vergleich der Perioden 1 und 3 eine negative Differenz aufweisen, die Temperatur demnach

J Monatsmittelwert der Lufttemperaturminima im 30-jährigen Mittel in °C (eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023c).

K Differenz der Lufttemperaturminima zwischen den unterschiedlichen Perioden, starker Temperaturunterschied (positiver Zahlenwert) innerhalb desselben Monats in Rot dargestellt (eigene Darstellung).

L Diagramm der Monatsmittel der Lufttemperaturminima in den drei untersuchten Klimaperioden in °C (eigene Darstellung, Datengrundlage DWD 2023c)

im Vergleich somit gesunken ist, zeigt die Differenz zwischen den Perioden 2 und 3 einen Anstieg der Werte von  $0,7^{\circ}\text{C}$  im Januar und  $0,3^{\circ}\text{C}$  im Dezember. Die minimale Lufttemperatur ist in diesen Monaten demnach am Ende des Untersuchungszeitraums tendenziell geringer als zu Beginn, obwohl die Temperaturen in diesen Monaten in der letzten Periode von ihrer Tendenz her stark gestiegen sind. Grund hierfür sind die niedrigen Werte in der Periode 2. Ein umgekehrtes Bild zeigt der Monat November. Entgegen des geringeren Monatsmittelwertes der Periode 3 im Vergleich zu der vorherigen Klimaperiode deuten die Werte insgesamt auf eine deutliche Erwärmung hin, von  $1,6^{\circ}\text{C}$  in der ersten Periode auf  $2,5^{\circ}\text{C}$  in Periode 2 und  $2,3^{\circ}\text{C}$  in Periode 3 (siehe Tab. 5).

Trotz dieser Auffälligkeiten zeigt sich bei der minimalen Lufttemperatur ein relativ einheitliches Bild. Es sind zwar einige wenige negative Differenzen beim Vergleich der Periode 3 mit den anderen beiden Klimaperioden vorhanden, zudem gibt es teils große Unterschiede in der Ausprägung der Veränderungen, dennoch ist das berechnete Monatsmittel der Lufttemperaturminima in fast allen Monaten am höchsten.

## Ergebnisse der Auswertung

Die Auswertung zeigt bei allen drei Datensätzen deutliche Veränderungen zwischen den Klimaperioden. Dabei liegen sowohl Änderungen durch einen Anstieg der Monatsmittelwerte als auch durch eine Reduzierung dieser Werte vor. Da alle Datensätze den Parameter Lufttemperatur in derselben räumlichen und zeitlichen Auflösung wiedergeben, sind umfassende Gemeinsamkeiten in den Ergebnissen zu erwarten. Diese Gemeinsamkeiten werden durch die Berechnung der Differenzen deutlich und sowohl in den Tabellen 2, 4 und 6 als auch in der Abbildung 8 dargestellt. So ist bei jedem ausgewerteten Datensatz ein starker Anstieg der Lufttemperatur im Spätsommer und Herbst zwischen Periode 1 und 3 erkennbar.

Die Auswertungen der durchschnittlichen und maximalen Lufttemperatur zeigen besonders bei dem Vergleich von Periode 1 und 3 grundsätzlich ein ähnliches Verteilungsmuster. Dies bezieht sich sowohl auf den deutlichen Temperaturunterschied von August bis November als auch auf weitere deutliche Ausschläge wie in den Monaten April bis Juni. In Abbildung 4 ist der Wechsel von Steigen und Fallen der Werte zwischen diesen Monaten besonders gut erkennbar. Für den Vergleich der Perioden 2 und 3 sind bei der durchschnittlichen und maximalen Lufttemperatur ebenfalls Ähnlichkeiten in dem Verteilungsmuster der Temperaturdifferenzen zu erkennen. Dies betrifft im Wesentlichen die Monate Oktober bis Februar. Ein Unterschied ist jedoch die tatsächliche Differenz der Temperatur. Diese ist bei der Lufttemperaturmaxima in nahezu allen Monaten mit einer positiven Differenz geringer, gleichzeitig fällt die Differenz bei Monaten mit sinkenden Werten stärker aus. Demnach zeigen die Werte der maximalen Lufttemperatur einen geringeren Temperaturanstieg zwischen den Perioden als die durchschnittliche Lufttemperatur.

Im Vergleich zu der durchschnittlichen und maximalen Lufttemperatur zeigt sich ein anderes Bild bei der minimalen Lufttemperatur. Sowohl die Verteilung der positiven und negativen Differenz ist bei Periode 1 zu 3 und 2 zu 3 eine andere als auch die Größe der Veränderung. Der Unterschied der Verteilung der Differenz ist besonders zwischen den Perioden



2 und 3 erkennbar. So ist ein deutlicher Ausschlag im Mai und Juni in der Grafik für das Lufttemperaturminima sichtbar, welcher in den anderen beiden Grafiken der Abbildung 4 nicht vorhanden ist. Die berechnete Temperaturdifferenz der minimalen Lufttemperatur ist in der Regel deutlich höher als bei der maximalen und durchschnittlichen Lufttemperatur.

Die Betrachtung der Temperaturdifferenzen der drei Datensätze miteinander verdeutlicht, dass tendenziell ein Anstieg der Temperatur in Kassel von 1900-1990 entsprechend der durchschnittlichen Lufttemperatur vorhanden ist, dieser jedoch weniger aufgrund von heißeren Monaten im Sinne eines Anstiegs der Höchsttemperatur zustande kam. Es ist eher anzunehmen, dass eine durchschnittliche Erwärmung durch die Veränderungen der Minimalwerte zustande kam.

## GIS-ANALYSE

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der GIS-Analyse thematisiert. Hierbei wurde die städtebauliche Entwicklung des Untersuchungsgebietes mithilfe von historischen Kartensätzen sowie Luftbildern analysiert und dargestellt. Die Ergebnisse zeigen zum einen eine Nachbildung des Untersuchungsgebietes in 3D-Karten und den Wärmeinsel-Effekt.

## Daten und Kartengrundlage

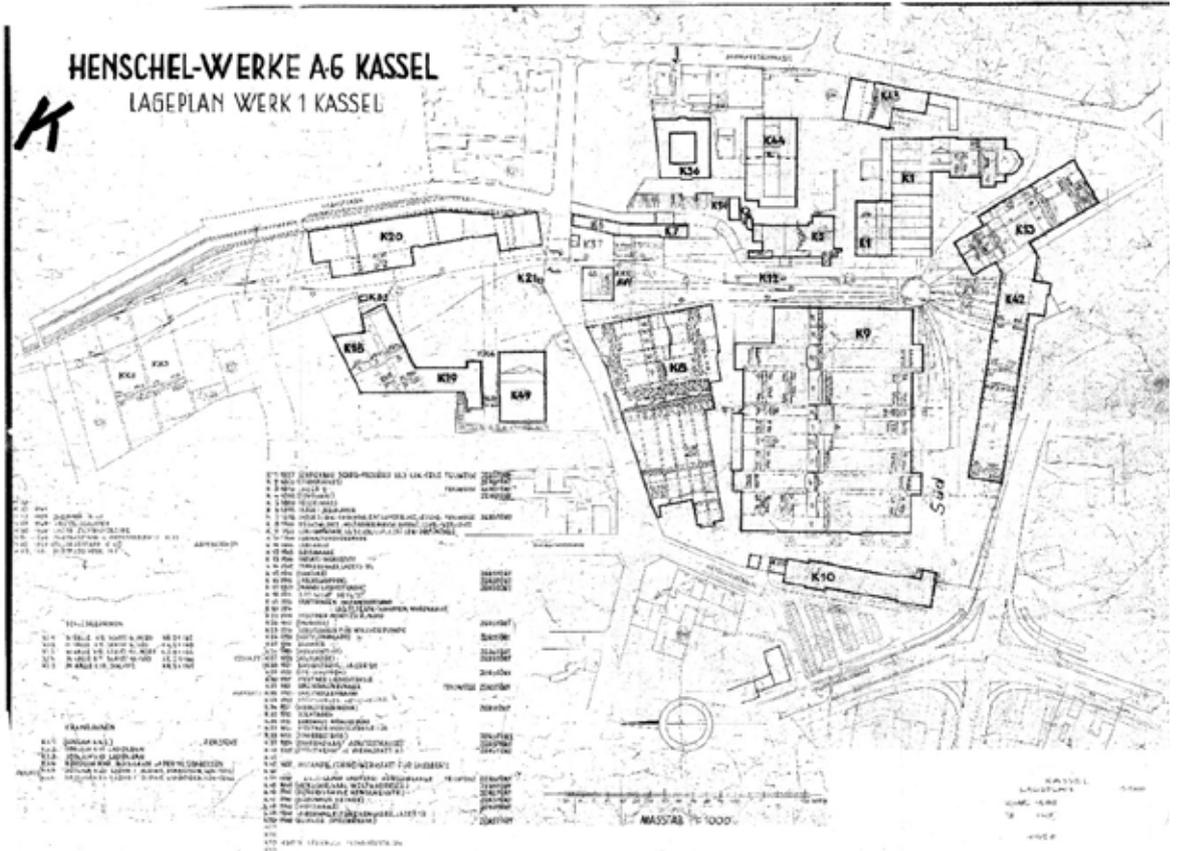
Als Kartengrundlage dienen historische Kartensätze zu unterschiedlichen Zeitperioden. Diese Kartensätze wurden uns im Rahmen des Projektes vom Landesgeschichtlichen Informationssystem Hessens zur Verfügung gestellt. Die Kartensätze beinhalten Kartenblätter zu unterschiedlichen Zeitperioden. Für die Analyse der städtebaulichen Entwicklung wurden Kartenblätter zu den Bereichen „Kassel Ost“, „Kassel West“, „Niederzwehren“ und „Oberkaufungen“ betrachtet. Das Untersuchungsgebiet selbst ist auf den Kartensätzen „Kassel Ost“ und „Kassel West“ abgebildet. Um die städtebauliche Entwicklung dokumentieren zu können, wurden einzelne Zeitperioden ausgewählt. Bei der Auswahl der Zeitperioden wurde sich an der Vollständigkeit der jeweiligen Kartensätze orientiert.

Als weitere Datengrundlage wurden Lagepläne (Abb. 10 und 11) und Luftbilder (Abb. 9) hinzugezogen. Diese wurden vom Henschel Museum + Sammlung e.V. zur Verfügung gestellt. Die Lagepläne zeigen das Henschel-Gelände zu unterschiedlichen Zeitperioden. Bei der Auswahl der

N

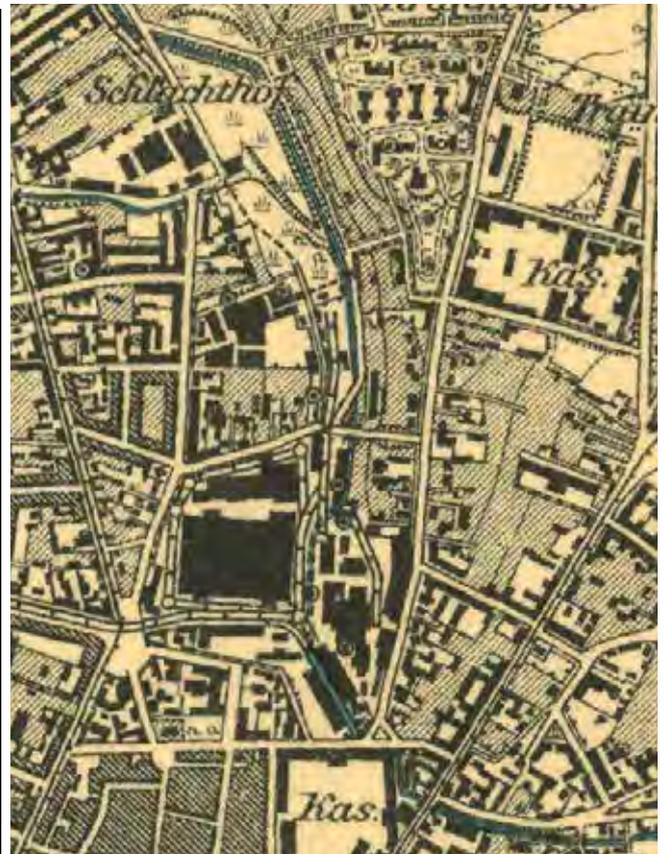


O

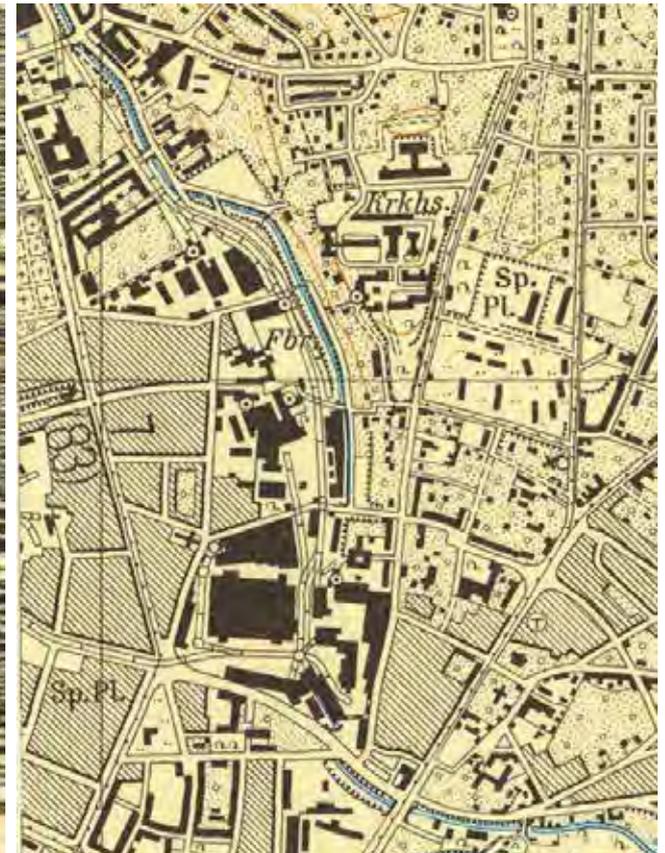


- N Luftbildaufnahme des Henschel-Geländes und dem Holländischen Platz (Quelle: Henschel Museum + Sammlung e.V.)
- O Lageplan des Betriebsgeländes um 1948. Der Plan zeigt eine Liste aller zerstörten Gebäude (Quelle: Henschel Museum + Sammlung e.V.)

P/Q



R/S



P Lageplan des Betriebsgeländes um 1963 (Quelle: Henschel Museum + Sammlung e.V.)

Q Kartenausschnitt des Untersuchungsgebietes um 1909 (Quelle: LAGIS)

R Kartenausschnitt um 1948 (Quelle: LAGIS)

S Kartenausschnitt um 1963 (Quelle: LAGIS).

Lagepläne wurde sich an den bereits ausgewählten Kartengrundlagen orientiert, um diese zeitlich miteinander abstimmen zu können.

Für die Kartengrundlagen wurden die Zeitperioden 1909, 1948 und 1963 (Abb. 12, 13 und 14) ausgewählt. Die Lagepläne stammen aus den Jahren 1948 und 1962. Mithilfe dieser Daten- und Kartengrundlagen sowie historischen Dokumenten und Bildmaterial, konnte das Untersuchungsgebiet mithilfe von ArcGIS in Form einer 3D-Karte nachmodelliert werden. Die Gebäudehöhen wurden dabei dem Bildmaterial und den Lageplänen entnommen. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass die kartierten „Gebäudeblöcke“ keine zusammenhängenden Gebäude darstellen, sondern vielmehr auf eine sehr dichte Bebauungsweise hindeuten. Entsprechend fehlt in den Datengrundlagen ein gewisser Detailgrad bei der Form der Gebäude. Dazu gehören auch die Innenhöfe vieler Gebäude. Es ist besonders im zeitlichen Kontext der Gebäude anzunehmen, dass mehr Gebäude über Innenhöfe verfügten als dargestellt. Die Kartierung erfolgt entsprechend der vorhandenen Informationen aus den historischen Karten.

## Berechnung der Wärmeinsel

Zur Berechnung von städtischen Wärmeinseln stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Eine in der Praxis gut umsetzbare Methode ist die Berechnung mithilfe der Formel

$$UHI_{max} = (2 - S_{vf} - F_{veg})^4 \sqrt{\frac{S_i + DTR^2}{U}}$$

, welche von den Meteorologen Natalie E. Theeuwes, Gert-Jan Steeneveld, Reinder J. Ronda und Albert A.M. Holtslag eingesetzt wurde. Diese haben in dem Artikel „A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe“ die Auswirkungen von verschiedenen Variablen auf die städtischen Wärmeinseln untersucht. Ziel dieser Untersuchung war „to provide non-experts with a tool to make a first-order estimate of UHI<sub>max</sub>“ (vgl. Theeuwes et al., 2017). Des Weiteren wird diese Formel von S. Koopmans, B.G. Heusinkveld und G.J. Steeneveld als Teil für die Modellierung der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) angewendet (vgl. Koopmans et al., 2020).

In dieser Formel wird die Wärmeinsel (UHI<sub>max</sub>) durch geografische und meteorologische Faktoren berechnet (vgl. Koopmans et al., 2020). Zu den meteorologischen Faktoren gehören, die solare Einstrahlung (S<sub>i</sub>), die Windgeschwindigkeit (U) sowie die tägliche Temperaturspanne (DTR). Der DTR-Wert ergibt sich aus der maximalen und minimalen Temperatur, DTR=T<sub>max</sub>-T<sub>min</sub>. Die geografischen Werte sind der Sky-View-Factor (S<sub>vf</sub>), welcher den sichtbaren Bereich des Himmels angibt, sowie vorhandene Vegetation (F<sub>veg</sub>). Für diese beiden Faktoren werden Werte von 0 - 1 ermittelt (vgl. Theeuwes et al., 2017).

Im Rahmen der folgenden Modellierung der städtischen Wärmeinseln wurden für die drei ausgewählten Zeitperioden dieselben meteorologischen Faktoren verwendet. Grund hierfür ist, dass ausschließlich die klimatischen Veränderungen aufgrund der städtebaulichen Strukturen Gegenstand dieser Untersuchung sind und vergleichbar analysiert werden. Daher ist es notwendig, dass die meteorologischen Faktoren konstant bleiben, um diese Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die solare Einstrahlung wird mit 340 W/m<sup>2</sup> und die Windgeschwindigkeit mit 4 m/s berücksichtigt. Für die maximale und minimale Temperatur werden 30°C und

15°C für einen heißen Sommertag angenommen. Die Werte der Vegetation und des Sky-View-Factor ergeben sich aus den in ArcGIS erstellten Karten für die Jahre 1909, 1948 und 1963. Die Vegetationsbedeckung ist mit den Werten 1 bei vorhandener Vegetation und 0 für vegetationsfreie Flächen versehen. Grundlage für diese Zuordnung sind die historischen Karten. Die Erfassung des Sky-View-Factors erfolgte durch eine Rasterfunktion in ArcGIS unter Berücksichtigung der Gebäude und der Topografie. Auf dieser Basis wird der sichtbare Bereich des Himmels ermittelt und mit Werten von 0 – 1 versehen. Je größer die Zahl, desto mehr Himmel ist sichtbar. Durch Einsetzen dieser Werte in die Eingangsformel in ArcGIS wird die bodennahe Lufttemperatur und somit die städtischen Wärmeinseln für das Untersuchungsgebiet ermittelt und anschließend dargestellt.

## Ergebnisse

Die erarbeiteten Ergebnisse zur städtebaulichen und klimatischen Entwicklung sind in den abgebildeten Karten dargestellt. Die 3D-Karten zeigen dabei die städtebauliche Entwicklung des Untersuchungsgebietes zu den jeweiligen Zeitperioden. Hier sind Gebäude- und Vegetationsstrukturen dargestellt. Die klimatische Entwicklung ist durch den Effekt der städtischen Wärmeinsel ebenfalls in jeweils drei Karten zu den entsprechenden Zeitperioden abgebildet. Die Temperaturwerte sind der Legende zu entnehmen.

Anhand der Kartierung des Untersuchungsgebietes wird deutlich, dass sich sowohl die angrenzende Bebauung als auch das Betriebsgelände selbst im Laufe der Jahre stark verändert haben. So sind um 1909 (Abb. 16) noch vermehrt Vegetationsstrukturen und weniger dichte Gebäudestrukturen im nördlichen und nordöstlichen Teil des Gebietes zu erkennen. Die Bebauung im südlichen Teil hingegen ist sehr dicht. Auch das Betriebsgelände ist um 1909 noch kleinteiliger und mit weniger dichter Gebäudestruktur versehen. Dies macht sich auch auf klimatischer Ebene bemerkbar. Im nördlichen und nordöstlichen Teil können Temperaturen von ca. 18,5°C bis 21,5°C beobachtet werden. Das Betriebsgelände hingegen weist Temperaturen von 23,5 bis 25,5°C auf, in einem kleineren Bereich sogar ca. 25,5 bis 26,5°C. Ein verstärkter Wärmeinselleffekt wird jedoch besonders im Wohngebiet im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes deutlich. Hier zeigen sich Temperaturen von 24,5 bis 26,5°C.

Um 1948 zeigt sich eine insgesamt dichtere Bebauungsstruktur mit abnehmenden Vegetationsstrukturen im nordöstlichen Teil (Abb. 18). Dies macht sich auch auf klimatischer Ebene deutlich, da hier nun Temperaturen von 21,5 bis 24,5°C (Abb. 17) zu verzeichnen sind. Im direkten Vergleich zu 1909 sind dies Unterschiede von ca. 3°C. Die Gebäudestrukturen des Betriebsgeländes haben sich ebenfalls verdichtet, während die Strukturen im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes ähnlich zu 1909 geblieben sind. Der Lageplan (Abb. 10) des Betriebsgeländes gibt Auskunft über die zerstörten Gebäude. Im südlichen Teil der Karte zeigt sich auch erneut ein verstärkter Wärmeinselleffekt, welcher im Vergleich zu 1909 einen deutlich größeren Bereich abdeckt und auch mehrere Bereiche des Betriebsgeländes umfasst. Das Wohngebiet im Süden zeigt dabei Temperaturen von ca. 24,5 bis 26,5°C, im Kernbereich sogar bis zu 27°C.



Die Karten um 1963 (Abb. 19 und 20) zeigen die größte städtebauliche und klimatische Veränderung des Untersuchungsgebietes. Das Betriebsgelände ist deutlich verdichteter, das Wohngebiet im südlichen Teil der Karte zeigt jedoch weniger dichte Bebauungsstrukturen verglichen zu den Jahren 1909 und 1948. Der westliche Teil der Karte zeigt die größte Veränderung, da sich die Bebauung hier deutlich verdichtet hat, was sich ebenfalls in den Temperaturen widerspiegelt. In diesem Bereich kommt es zu einem verstärkten Wärmeinselleffekt von 25,5 bis 26,5°C. Im Vergleich zu 1948 ist dies ein Unterschied von ca. 1 bis 2°C. Verglichen mit 1909 sind es 2°C. Für das weniger dicht bebaute Wohngebiet hingegen kann eine Verbesserung des klimatischen Komforts beobachtet werden. Hier sind Temperaturen von 21,5 bis 23,5°C zu erkennen. Verglichen mit 1909 ist dies ein Unterschied von ca. 2 bis 4°C, verglichen mit 1948 sind es Temperaturunterschiede von ca. 2 bis 3°C, im Kernbereich sogar von 4 bis 4,5°C

## DISKUSSION

Die erarbeiteten Ergebnisse zur städtischen Wärmeinsel im Untersuchungsgebiet zu den Zeitperioden 1909, 1948 und 1963 haben gezeigt, dass besonders in dicht bebauten Bereichen ein verstärkter Wärmeinselleffekt zu beobachten ist. Hier sind erhöhte Temperaturen von bis zu 26,5°C zu erkennen, welche sich in den Zeiträumen 1909 und 1948 vor allem im südlichen Teil, und 1963 im westlichen bis nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes zeigen. Es wird angenommen, dass es sich hierbei vor allem um dicht bebaute Wohngebiete handelt.

Wie auf den Karten der 3D Modellierungen ersichtlich ist, sind diese Wohngebiete oft „blockartig“ dargestellt. Diese Darstellung ist jedoch

T Wärmeinsel um 1909 (eigene Darstellung).

U 3D Modellierung des Untersuchungsgebietes um 1909 (eigene Darstellung).



- V Wärmeinsel um 1948 (eigene Darstellung).
- W 3D Modellierung des Untersuchungsgebietes um 1948 (eigene Darstellung).
- X Wärmeinsel um 1963 (eigene Darstellung).
- Y 3D Modellierung des Untersuchungsgebietes um 1963 (eigene Darstellung).

nicht realistisch, hat aber dennoch Einfluss auf die berechneten Ergebnisse der städtischen Wärmeinsel. Derart dichte Bebauungsstrukturen führen zwangsläufig zu einem verstärkten Wärmeinseleffekt, schon allein aufgrund geringer Luftzirkulation und fehlenden Vegetationsstrukturen.

Bei der Modellierung des Untersuchungsgebietes wurde sich an den Kartengrundlagen des Landesgeschichtlichen Geoinformationssystems Hessen orientiert sowie an Lageplänen des Henschel-Geländes und an etlichen Luftbildaufnahmen. Hierbei kam es immer wieder zu starken Abweichungen zwischen den verwendeten Quellen. Besonders der Lageplan des Betriebsgeländes um 1948 listet mehrere Gebäude als „zerstört“ auf, welche jedoch auf den entsprechenden LAGIS Kartenblättern für die Zeit um 1948 dennoch mit dargestellt wurden. Auch zeigen Luftbilder zu diesem Zeitraum mehrere zerstörte Gebäude, welche in den Kartengrundlagen trotzdem als vollständige Gebäude kartiert sind. Für die 3D Modellierung wurde sich dennoch an den Kartengrundlagen des Landesgeschichtlichen Informationssystems Hessen orientiert.

Es ist also davon auszugehen, dass die 3D Modellierungen des Untersuchungsgebietes in bestimmten Bereichen, wie dem Betriebsgelände und den Wohngebieten, nicht die tatsächlichen Bebauungsstrukturen zeigen und es deswegen zu Ergebnissen kommt, die nicht mit den damaligen realen Bedingungen übereinstimmen

Dennoch können tendenzielle Aussagen zu den klimatischen Bedingungen in den ausgewählten Zeiträumen getroffen werden. Des Weiteren sind Aussagen zu dem Einfluss der städtebaulichen Entwicklung auf das Stadtklima inhaltlich richtig, unabhängig davon, ob eine mögliche Diskrepanz zwischen den tatsächlich gegebenen Gebäudestrukturen und den kartierten Gebäuden besteht. So ist ein Wärmeinseleffekt in dicht bebauten Wohngebieten realistisch, aufgrund der „blockartigen“ Kartierung der Gebäude und der dadurch fehlenden Innenhofsituation ist dieser Effekt jedoch teilweise überspitzt dargestellt. Es ist dennoch davon auszugehen, dass eine weniger dichte Bebauung zu einem erhöhten Klimakomfort in den Wohngebieten führt und dass es in den betrachteten Zeitperioden aufgrund von städtebaulichen Veränderungen auch durchaus sowie zu Verbesserungen als auch zu Verschlechterungen der stadtklimatischen Situation im Untersuchungsgebiet kam.

## FAZIT

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurden sowohl Fragen zu den klimatischen Veränderungen Kassels als auch zu dem Einfluss von städtebaulichen Entwicklungen des Untersuchungsgebiets auf das Klima untersucht. Die Betrachtung der historischen Klimadaten zeigt, dass über den untersuchten Zeitraum deutliche Veränderungen der Lufttemperatur in Kassel zu verzeichnen sind. Besonders in Bezug auf die minimale Lufttemperatur ist in manchen Monaten ein starker tendenzieller Anstieg der Temperaturwerte erkennbar. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass in Kassel von 1900 bis 1990 eine allgemeine Erwärmung der Lufttemperatur stattgefunden hat, viel mehr jedoch eine Erwärmung der kühlen Temperaturen. Die Wintermonate sind tendenziell wärmer geworden. Doch nicht nur bei den Wintermonaten, auch bei den Sommermonaten sind deutliche Veränderungen vorhanden. Sowohl Mittelwerte der maximalen Lufttemperatur, welche auf einen Anstieg der Höchsttemperatur oder einen Zu-

wachs an Tagen mit hohen Temperaturen hindeuten können, als auch Mittelwerte der minimalen Lufttemperatur zeigen im Vergleich der Klimaperioden einen Anstieg.

Die Untersuchungsergebnisse, die aus dem Vergleich der simulierten Wärmeinseln der Jahre 1909, 1948 und 1963 hervorgegangen sind, zeigen, dass die städtebauliche Entwicklung einen wesentlichen Einfluss auf das Klima im Untersuchungsgebiet genommen hat. Es sind deutliche städtebauliche Veränderungen zu den drei Zeitperioden 1909, 1948 und 1963 zu verzeichnen. So wurde das Betriebsgelände im Krieg größtenteils zerstört.

Anhand der erarbeiteten Karten zu den drei Zeitperioden ist ersichtlich, dass die Bebauung einen Einfluss auf den Wärmeineffekt hat. Dichte Bebauungsstrukturen mit wenig Vegetationsstrukturen und Grünflächen führen zu einer Verstärkung des Wärmeineffekts und zu geringerem Klimakomfort, insbesondere in Wohngebieten. Auch Luftverschmutzung führt zu einer Intensivierung der Wärmeinsel.

Anhand der Wärmeinsel-Simulation in den Jahren 1909, 1948 und 1963 wird deutlich, dass sich die städtische Wärmeinsel verschoben hat. Dies ist entsprechend der veränderten Bebauung und der Vegetationsflächen erfolgt. Es lässt sich ein Verlauf der städtischen Wärmeinsel über die untersuchten Zeitperioden beobachten, welcher eine stärkere Erwärmung in Bereichen mit nur wenigen Vegetationsstrukturen und besonders dichter Bebauung aufweist. Für Bereiche mit weniger dichten Bebauungsstrukturen und mehr Vegetationsflächen hingegen lässt sich eine Verbesserung des Klimakomforts feststellen.

Die Untersuchung der städtebaulichen Entwicklung im Zusammenhang mit den stadtklimatischen Verhältnissen verdeutlicht zudem die Relevanz klimaangepasster Bebauungsweisen für die Stadtplanung.

# Literatur

- ANETTE ULBRICH (2004): Von der Henschelei zur Hochschule, der Campus der Universität Kassel am Holländischen Platz und seine Geschichte, Studia Cassellana.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (o.J.a) Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Glossar - S - Stadtklima [Online]. Verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=102558&lv2=102248> (Zugriff am 16 März 2023).
- DEUTSCHER WETTERDIENST (o.J.b) Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Städtische Wärmeinsel [Online], Offenbach. Verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/forschung/klima\\_umwelt/klimawirk/stadtprojekt\\_warmeinseln/projekt\\_warmeinseln\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtprojekt_warmeinseln/projekt_warmeinseln_node.html) (Zugriff am 12 März 2023).
- KOOPMANS, S., HEUSINKVELD, B. G. & STEENEVELD, G. J. (2020) A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands.
- MARIO BETSCHART (2015) „Städtischer Wärmeinsel-Effekt: Grundlagenarbeit für die Klimarisikoanalysen 2060: Klimabedingte Risiken und Chancen: Fallstudien Kanton Basel-Stadt und Genf Zürich, 4. Mai 2015“.
- ÖSTERREICHISCHER RUNDFUNK (2022) Mehr heiße Tage durch Bebauung und Versiegelung [Online] (Abgerufen am 16 März 2023).
- STADT KASSEL (2023) Konturen einer Stadtentwicklung [Online]. Verfügbar unter <https://www.kassel.de/buerger/stadtgeschichte/erinnerungskultur/konturen-einer-stadtentwicklung.php> (Abgerufen am 12 März 2023).
- THEEUWES, N. E., STEENEVELD, G.-J., RONDA, R. J. & HOLTSLAG, A. A. M. (2017) A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe 1.
- UMWELTBUNDESAMT DORTMUND (2011) Grundlagen Stadtklima - Stadtklima - Luft / Lärm / Stadtklima / elektromagnetische Felder - Umweltamt - Umwelt - Leben in Dortmund - Stadtportal dortmund.de [Online], Dortmund. Verfügbar unter [https://www.dortmund.de/de/leben\\_in\\_dortmund/umwelt/umweltamt/immissionsschutz/stadtklimatologie/grundlagen\\_stadtklima/index.html](https://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/umwelt/umweltamt/immissionsschutz/stadtklimatologie/grundlagen_stadtklima/index.html) (Abgerufen am 16 März 2023)WGII\_FactSheet\_HumanSettlements.pdf

[Zugriff am 11.10.2022]

## DATENGRUNDLAGE

- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2023a): Raster der Monatsmittel der Lufttemperatur (2m) für Deutschland, Version v19.3. <https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview>.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2023b): Raster der Monatsmittel der Lufttemperaturmaxima (2m) für Deutschland, Version v19.3. <https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview>.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2023c): Raster der Monatsmittel der Lufttemperaturminima (2m) für Deutschland, Version v19.3. <https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview>
- HENSCHEL MUSEUM + SAMMLUNG E.V.: Verschiedenes Karten und Bildmaterial.
- LANDESGESCHICHTLICHE INFORMATIONSSYSTEM HESSEN: Historische Topografische Kartensätze.

# Felix Haak, Hendrik Hartmann Claas Hoyer, Moritz Strömich

## Heißer Campus?

### MIKROKLIMATISCHE MODELLIERUNG DER AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN CAMPUSERWEITERUNG

Im Zuge des voranschreitenden Klimawandels werden dessen Konsequenzen zunehmend spürbarer. Dazu zählen bspw. Hitzewellen im Sommer mit stets neuen Rekordtemperaturen. Bedenkt man hierbei zusätzlich den Effekt der städtischen Wärmeinsel, durch den die Temperaturen in bebauten Gebieten im Durchschnitt höher sind als in deren Umland, liegt der Bedarf nach einer klimaangepassten Stadtentwicklung, die diesen Effekt nach Möglichkeit mindert, nahe. Dabei sind bestehende Kaltluftschneisen, die zur Kühlung innerstädtischer Gebiete erheblich beitragen, von besonderer Relevanz.

#### Anlass

Die Universität Kassel wurde im Jahre 2011 um den sogenannten Nordcampus, der sich nördlich der Moritzstraße bis hin zur Mombachstraße erstreckt, erweitert. Dieser wurde seitdem erst zum Teil durch das Hauptgebäude des Fachbereiches ASL, den SciencePark, ein Studentenwohnheim sowie einen Kindergarten bebaut. Die geplanten Gebäude zur vollständigen Bebauung des Areals sollen nach deren Fertigstellung den Umzug der Naturwissenschaften vom Campus Oberzwehren ermöglichen (Universität Kassel 2022). Der Wettbewerb für Entwürfe für diese neuen Gebäude startete am 17.09.2021 und endete mit der Abgabe der Modelle am 22.03.2022 (wettbewerbe aktuell 2022). In den Bewertungskriterien werden jedoch stadtklimatische Belange nicht explizit erwähnt und sind höchstens im Kriterium „Nachhaltigkeit“ inbegriffen. Daraus ergibt sich der Bedarf, einige Entwürfe im Rahmen einer mikroklimatischen Modellierung einmal genauer anzuschauen. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der Luftleitbahn entlang der Ahne interessant, da sich das Plangebiet in unmittelbarer Nachbarschaft zu dieser befindet (Kupski 2019). Es ist außerdem zu erwähnen, dass sich der Wettbewerb hauptsächlich auf ein Gebäude fokussiert hat, und der Rest der Pläne jeweils als „städtebauliche Entwicklungsperspektive“ zu verstehen ist.

A



Es kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Bebauung des Campus am Ende nur wenig von der Entwicklungsperspektive abweichen wird.

## Fragestellung und Aufbau

Auf der mikroklimatischen Ebene haben viele Faktoren einen Einfluss auf das klimatische Wohlbefinden des Menschen, das heißt auch wenn die gemessene Temperatur denselben Wert anzeigt, kann die empfundene Temperatur stark variieren, zum Teil mit mehreren Grad Temperaturdifferenz. In diesem Bericht soll die Frage beantwortet werden: Welche Auswirkungen hat die Realisierung von unterschiedlichen Entwürfen für die Bebauung des restlichen Nordcampus der Universität Kassel auf die gefühlte Temperatur. Diese soll durch die Modellierung der Physiological Equivalent Temperature (PET) und der Erstellung entsprechender Karten beantwortet werden.

Zunächst werden Hintergrundinformationen, welche zum Verständnis der PET-Modellierung wichtig sind, erläutert. Dazu zählen unter anderem Informationen über das Mikroklima und die Funktionsweise und Messbarkeit des Hitzestresses. Diese Elemente sind grundlegend für die Berechnung des PET-Wertes, auf dem die Analyse des Nordcampus basiert. Im darauffolgenden Teil wird das Untersuchungsgebiet charakterisiert und der Prozess der Modellierung selbst im Detail erklärt. Auch auf die in der Modellierung verwendeten Datengrundlagen wird eingegangen. Im vierten Kapitel werden schließlich die einzelnen Ergebnisse der Modellierung analysiert und ausgewertet. Dazu wurde eine eigene Methodik mit verschiedenen Kriterien und Berechnungen entwickelt, die auch erklärt wird. Zuletzt folgt ein Fazit, in dem unter anderem Faktoren angesprochen werden, die nicht mit eingeflossen sind oder nicht berücksichtigt werden konnten.

A 3D-Ansicht des Siegerentwurfs zum städtebaulichen Wettbewerb (eigene Darstellung)

## Mikroklima

Vereinfacht gesagt versteht man unter dem Begriff Mikroklima das Klima in Bodennähe. Es geht also um den Bereich der bodennahen Luftschicht, welche sich von 0 bis 100 Metern über dem Boden befindet, der Vegetation und der oberen Bodenschicht, welche auch das Wasser und Eis in oder auf dem Boden beinhaltet (Etling 2008). Mit dem Begriff Klima gehen größere Zeitspannen einher, in denen Entwicklungen beobachtet und berechnet werden. Dementsprechend sind beim Begriff Mikroklima diese Zeitspannen kleiner. Im Falle dieser Untersuchung wurden beispielsweise oft nur ein Tag oder einige Stunden modelliert. Die horizontale Ausdehnung beschränkt sich beim Mikroklima auch generell auf unter zwei Kilometer, wobei natürlich immer eine genaue Skala spezifiziert werden sollte. Mikroklimata sind in ihrer Beschaffenheit sehr vielfältig, das heißt es gibt viele Komponenten, die eine Wirkung auf das Gesamte haben. Hierbei spielen die Lage innerhalb der Landschaft, die Bodenbeschaffenheit mit Wasser bzw. Eisgehalt, die Vegetation und die meteorologischen Elemente eine Rolle. Die aus der Lage resultierende Form der Oberfläche hat auch einen Einfluss auf das Mikroklima. Von der Größe, Beschaffenheit der Oberfläche, Orientierung zur Sonne etc. hängen unterschiedliche Faktoren wie die Strahlungseigenschaften oder Belüftung und Luftzirkulation ab (Etling 2008).

### STÄDTISCHES MIKROKLIMA

Das Mikroklima innerhalb der Städte unterscheidet sich deutlich von dem im ländlichen Umland. Durch die Versiegelung von Landoberfläche und das Errichten von dreidimensionalen Baukörpern werden die Wechselwirkungen zwischen dem Boden und der Bodennahen Luftschicht verändert. Hinzu kommen anthropogene Beiträge, welche in Form von Wärme und Spurenstoffen in die Luft emittiert werden (Henninger und Weber 2019). Das Mikroklima in den Städten wird auch durch Mesoklimatische Effekte beeinflusst und unterliegt den makroklimatischen Rahmenbedingungen, doch die Variabilität der Bebauungsstruktur und die daraus folgende Variabilität der Einstrahlung und Schattenverhältnisse sowie die Modifikation der Windfelder führen zu den vom Umland abweichenden klimatischen Verhältnissen (Mehra 2021). All diese Faktoren führen zu einem, im Vergleich zum nicht bebauten Umland, modifiziertem Klima, welches als Stadtklima bezeichnet wird. Dieses modifizierte Klima ist zwar im Makroklima verortet, ist aber auf die Stadtfläche und das angrenzende Umland beschränkt, also auf Meso- und Mikroskala einzuordnen. Auch Stadtklimatische Effekte spielen sich auf unterschiedlichen Skalen ab. Diese Skalen sind nicht fest und gehen ineinander über, die Größenangaben sind also nicht absolut. Die größte der Städtischen Skalen ist die regionale Skala (200 km-100 km), darauf folgt die urbane Skala (10 km – 20 km), danach die Quartiersskala (1 km-2 km) und schließlich die Straßenschlucht-Skala (100 m – 200 m) (Henninger und Weber 2019). Die Modellierung des Nordcampus ist zwischen der Quartiers- und Straßenschlucht-Skala zu verorten.

### GEFÜHLTE TEMPERATUR UND PET

Um die oben beschriebene Variation der gefühlten Temperatur auf klei-

B

PET in °C	Thermisches Empfinden	Belastungskategorie
PET > 41	sehr heiß	extrem starke Wärmebelastung/Hitzestress
35 < PET ≤ 41	heiß	starke Wärmebelastung/Hitzestress
29 < PET ≤ 35	warm	moderate Wärmebelastung
23 < PET ≤ 29	leicht warm	leichte Wärmebelastung
18 < PET ≤ 23	komfortabel (neutral)	kein thermischer Stress
13 < PET ≤ 18	leicht kühl	leichter Kältestress
8 < PET ≤ 13	kühl	moderater Kältestress
4 < PET ≤ 8	kalt	starker Kältestress
PET ≤ 4	sehr kalt	extremer Kältestress

nem Raum darzustellen, eignet sich die normale gemessene Temperatur nicht besonders gut. Dieser sind andere Modelle vorzuziehen, die auch human-biometeorologische Faktoren berücksichtigen. Das heißt, dass die Wirkung der Temperatur auf den menschlichen Körper mit einbezogen wird. Für diese Modelle werden viele verschiedene Komponenten benötigt, zum einen die meteorologischen Bedingungen wie zum Beispiel die Lufttemperatur und die verschiedenen Strahlungsflüsse, aber auch körperliche Faktoren wie, unter anderem, die metabolische Rate und der Wärmefluss durch Schweißverdunstung. Um diese human-biometeorologische Bewertung zu erfassen, wurden bisher zahlreiche Indizes vorgeschlagen. Dazu zählen unter anderen die PMV – Predicted Mean Vote aus 1972, die SET – Standard Effective Temperature aus 1986, die Gefühlte Temperatur aus 1997, die PET – Physiological Equivalent Temperature aus 1999 oder der UTCI – Universal Thermal Climate Index aus 2009. Die Analyse des Nordcampus erfolgte mit der PET, welche die Energiebilanz des Körpers auch in Abhängigkeit des Wetters, der Bekleidung und der körperlichen Aktivität berechnen kann. Die PET bezieht sich auf eine Referenzperson, welche männlich, 35 Jahre alt, 175 cm groß ist, 75 kg wiegt, 80 W Energie verbraucht und einen Geschäftsanzug trägt, welche einen Bekleidungswiderstand von 0,9 clo aufweist. Die PET wird für die Höhe von 110 cm berechnet und operiert mit der °C Skala. Mit den Ergebnissen der Berechnung kann die physiologische des Menschen festgestellt werden. Zwischen 18°C und 23°C ist keine Belastung vorhanden, eine Wärmebelastung liegt ab >23°C (leichte Wärmebelastung) bis >41°C (extrem starke Wärmebelastung) vor, Kältestress reicht von <18°C (schwacher Kältestress) bis <4°C (extremer Kältestress) (vgl. Tabelle B). Es gibt einige verschiedene Programme mit verschiedenen Anwendungsbereichen und -skalen zur human-biometeorologischen Bewertung des Stadtklimas, wie zum Beispiel Solweig, RayMan und ENVI-met. Die Analyse des Nordcampus erfolgte mit ArcGIS.

## Hitzestress

Hitzestress beschreibt einen Zustand, indem ein Organismus sich nicht mehr selbst an hohe äußere Temperaturen anpassen kann. Wenn der menschliche Körper sich beispielsweise nicht weiter durch Transpiration herabkühlen kann, ergeben sich schrittweise Auswirkungen auf den Gesundheitszustand. Durch die hohe Transpirationsrate steigt auch der Salzverlust. Hieraus können wiederum Hitzekrämpfe bzw. Störungen und ein Verlust der Muskelkontrollfunktion entstehen. Fortschreitend, kann auch das zentrale Nervensystem durch einen Sonnenstich gestört werden. Dies kann in Form eines Hitzekollaps auch Auswirkungen auf das Kreislaufsystem zur Folge haben. Im schlimmsten Fall kann Hitze-

B Kategorisierung von PET in Bereiche unterschiedlichen thermischen Empfindens (VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2)

stress in einem Hitzschlag münden, welcher die Funktionsweise des Gehirns stören und soweit einschränken kann, dass dies zum Exitus (Tod) führt. (Schönwiese 2020)

Bei Temperaturen über 35 °C spricht man von Hitzestress, welcher sich bei Temperaturen über 41 °C besonders stark ausprägt (vgl. Abbildung 2). Da Menschen sich in verschiedenen Städten allerdings verschieden stark an heiße Temperaturen gewöhnt haben, wird zur genauen Definition eines Grenzwertes die Befragung der Bevölkerung empfohlen, welche sich nach der gefühlten Temperatur bzw. der PET-Skala richtet. Für Freiburg im Breisgau ergab eine solche Befragung beispielsweise, dass Temperaturen von PET > 40 °C als Hitzestress angenommen werden (Lee und Mayer 2019). Durch Hitzestress bzw. die Belastung durch höhere Temperaturen kann, „[...] zukünftig mit einem Anstieg hitzebedingter Mortalität von 1 bis 6 Prozent pro einem Grad Celsius Temperaturanstieg zu rechnen [...]“ sein (Umweltbundesamt 2023). Relevant für die Auswirkungen von Hitzestress auf eine Stadt und deren Bevölkerung ist vor allem die Dauer. Kürzere Hitzeperioden sind im Vergleich zu längeren noch einfacher zu bewältigen. Reichen bei kurzen eine Anpassung des persönlichen Verhaltens und temporärer Maßnahmen, erfordern längere Hitzeperioden stadtplanerische Maßnahmen, um Hitzestress vorzubeugen. (Lee und Mayer 2019)

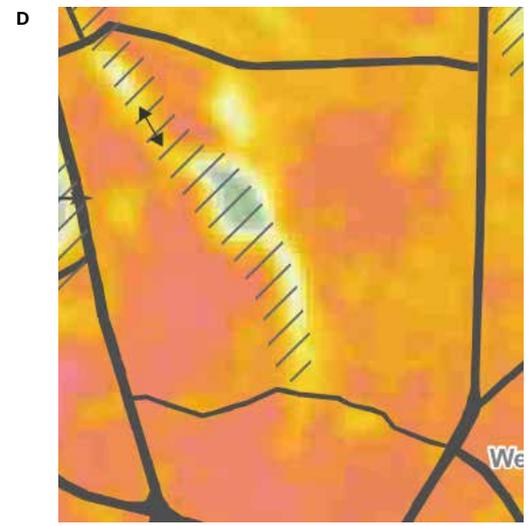
Die Maßnahmen zur Anpassung an höhere Temperaturen bzw. zur Reduzierung der PET lassen sich hierbei grob in zwei Kategorien unterscheiden. Zum einen Maßnahmen die Tagsüber den Hitzeeintrag reduzieren und zum anderen Maßnahmen, die nachts die vorhandene Hitze senken. Tagsüber eignen sich besonders Straßenbäume und aufgelockerte Parks zur Reduktion des Hitzeeintrags. Nachts sind hingegen die ungehinderte Zufuhr von Frisch- und Kaltluft bzw. Flurwinden entscheidend. (Lee und Mayer 2019).

## METHODIK

In der nun folgenden Methodik wird auf das modellierte Untersuchungsgebiet sowie die zur Modellierung verwendeten Datengrundlagen eingegangen. Anschließend erfolgt die Erläuterung des genutzten Modells von Koopmans et al. (2020) sowie die Beschreibung des Vorgehens zur Erstellung der PET-Karten auf Grundlage dieses Modells.

### Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf dem Campus Holländischer Platz der Universität Kassel im Stadtteil Nord-Holland. Genauer handelt es sich beim betrachteten Gebiet um den Nordcampus, der durch die Moritzstraße vom älteren Teil des Campus getrennt ist. Die umliegenden Quartiere sind überwiegend von Mehrparteienhäusern mit Wohnnutzung und einzelnen Geschäften und Restaurants im Erdgeschoss geprägt. Das Gebiet selbst ist heute im Jahre 2023 noch zum Großteil eine Brachfläche. Im Westen des Geländes wurden bereits der LEO Lernort, ein Studentenwohnheim und ein Kindergarten errichtet, im Norden befinden sich neben den Gebäuden des Fachbereichs 06, darunter das neu errichtete Gebäude ASL 1, das Gründerzentrum „SciencePark“ und das



### Studierendenhaus.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich laut der Klimafunktionskarte des Zweckverbandes Raum Kassel in unmittelbarer Nähe zu Gebieten mit moderater bis starker Überwärmung (siehe Abbildung D) (Kupski 2019). Entlang der Ahne verläuft eine Durchlüftungsbahn, die den Universitäts-campus mit Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten im Norden der Stadt bzw. in Vellmar verbindet (ebd.). Zudem fällt der Nordstadtpark als Insel mit Misch- und Übergangsklima auf, der sich kühlend auf die angrenzende Bebauung auswirkt (ebd.).

Die vier untersuchten Entwürfe stammen jeweils von unterschiedlichen Architekturbüros. Drei wurden anhand ihrer Platzierungen im Wettbewerb ausgewählt. Bei der Auswahl des vierten Entwurfs wurde die Abweichung von unter den Einreichungen dominanten städtebaulichen Mustern priorisiert.

Die vier untersuchten Entwürfe stammen jeweils von unterschiedlichen Architekturbüros. Drei wurden anhand ihrer Platzierungen im Wettbewerb ausgewählt. Bei der Auswahl des vierten Entwurfs wurde die Abweichung von unter den Einreichungen dominanten städtebaulichen Mustern priorisiert.

Der erstplatzierte Entwurf stammt vom Architekturbüro Birk Heilmeyer & Frenzel aus Stuttgart. Auffällig sind hier die Kuppel auf dem Hauptgebäude für das Observatorium, der Tiefhof am niedrigen Gebäude im Osten sowie die Vielzahl an Bäumen auf der Grünfläche an der Ahne.

Beim zweitplatzierten Entwurf ähnelt die Gebäudekomposition stark dem erstplatzierten. Jedoch befinden sich weniger Bäume sowohl im bebauten Bereich als auch auf der Grünfläche an der Ahne. Der Entwurf stammt vom Büro Heinle Wischer aus Stuttgart.

Die Gebäudeanordnung des drittplatzierten Entwurfs ähnelt weitestgehend den Entwürfen auf Platz 1 und 2. Wesentliche Unterschiede sind die Gestaltung des Hauptgebäudes mit einem großen, in Ebenen abgestuften Innenhof sowie deutlich weniger Bäumen entlang der Ahne in der Plandarstellung. Der Entwurf wurde vom Büro Staab Architekten aus Berlin entwickelt. Der Entwurf von Gina Barcelona Architects aus Barcelona unterscheidet sich durch niedrigere Gebäudehöhen und die Verbindung der einzelnen Gebäude zu einem zusammenhängenden Komplex von den drei untersuchten Preisträgern. Dadurch entsteht ein Richtung Norden gewandter Innenhof, der, so die Annahme, im Rahmen einer mikroklimatischen Analyse interessant scheint.

C Lage des Untersuchungsgebietes im Raum

D Auszug aus der Klimafunktionskarte Zweckverband Raum Kassel mit Markierung des Untersuchungsgebietes; im Osten die Holländische Straße und im Westen die Ihringshäuser Straße (Kupski 2019)

E/F



G/H



## Datengrundlagen

Als Datengrundlage für alle Berechnungen dienen das digitale Geländemodell (DGM) des Landes Hessen mit einer vertikalen Genauigkeit von  $\pm 0,3$  m sowie Gebäudedaten mit Grundrissen, Höhenangaben und 3D-Modellen, die ebenfalls von der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Die Entwurfspläne für die Bebauung des Nordcampus, die in ArcGIS georeferenziert und nachgebildet werden, werden von der Universitätsverwaltung zur Verfügung gestellt. Die bestehenden Bäume sind dem Baumkataster der Stadt Kassel sowie OpenStreetMap (OSM) entnommen, wobei zur Ermittlung der Höhe von in OSM enthaltenen Bäumen das digitale Oberflächenmodell (DOM) des Landes Hessen genutzt wird. Die Vegetationsflächen werden anhand eines Nahinfrarot-Luftbildes bestimmt, das von der HVBG zur Verfügung gestellt wird.

### MODELL NACH KOOPMANS ET AL.

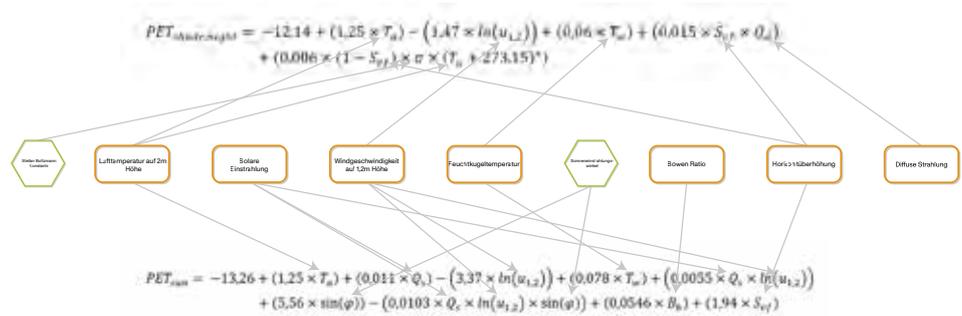
Das im Rahmen dieser Arbeit genutzte Modell zur Erstellung einer PET-Karte für den Nordcampus der Universität Kassel von Koopmans et al. (2020) wurde mit dem Ziel entwickelt, eine einheitliche Methodik zur

**E** Ansicht des erstplatzierten Entwurfs, Blickrichtung Norden (eigene Darstellung)

**F** Ansicht des zweitplatzierten Entwurfs, Blickrichtung Norden (eigene Darstellung)

**G** Ansicht des drittplatzierten Entwurfs, Blickrichtung Norden (eigene Darstellung)

**H** Ansicht der Einreichung Nr. 17, Blickrichtung Norden (eigene Darstellung)



Erstellung von urbanen Wärmekarten in einer Auflösung von 1 m x 1 m zur Verfügung zu schaffen. Hintergrund ist die aktuelle Verwendung vieler unterschiedlicher Methodiken, die sich verschiedener Parameter zur Bewertung des Stadtklimas bedienen (ebd.). Die Erstellung von urbanen Wärmekarten ist besonders hinsichtlich der projizierten Verstärkung und Verlängerung von Hitzewellen im Zuge des Klimawandels von Wichtigkeit, da der durch diese hervorgerufene Hitzestress besonders für Alte und Kranke gefährlich ist (ebd.). Diese Vulnerabilität wird besonders in Städten durch den Effekt der urbanen Wärmeinsel in Zukunft von großer Bedeutung sein (ebd.). Dort sind, bedingt durch die große Oberflächenrauigkeit aufgrund von Gebäuden und Vegetation sowie die Reflektion der solaren Einstrahlung an Gebäuden und die dadurch erzeugten, kleinräumigen Variationen in Windgeschwindigkeit und Strahlungsintensität, Wärmekarten in feiner Auflösung notwendig, um besonders vulnerable Orte zu identifizieren (Koopmans et al. 2020).

Um die PET-Werte an unterschiedlichen Orten in einer Stadt berechnen zu können, wurde von Koopmans et al. (2020) ein empirisches Regressionsmodell auf Basis von Wetterdaten sowie Straßenkonfigurationen in RayMan, einer Software zur Modellierung der menschlichen Wärmebilanz, entwickelt. Dabei wird sich auf die in Abschnitt 2.1.2 erläuterte PET-Referenzperson bezogen (ebd.). In RayMan wurden drei Sommerhalbjahre in zehn typischen niederländischen Straßenräumen mit gleichen Häusern auf beiden Seiten und variierenden Breiten simuliert (ebd.). Die meteorologischen Eingabedaten hierfür stammten von einer Wetterstation nahe der Referenzstadt Wageningen, an der das entwickelte Modell auch validiert wurde, wobei nur Stunden mit einem PET-Wert von > 20 °C an der Station genutzt wurden (ebd.). Die Ergebnisse aus RayMan wurden dann dazu genutzt, ein empirisches PET-Modell zu trainieren (ebd.). Daraus wurden zwei Regressionsmodelle entwickelt, von denen eines sonnenbeschienene Bedingungen und eines verschattete bzw. nächtliche Bedingungen abbildet (ebd.).

Abbildung I zeigt die daraus entwickelten PET-Gleichungen und die in ihnen enthaltenen Einflussfaktoren. Um einige dieser Parameter zu ermitteln, müssen jedoch geografische und meteorologische Daten zunächst verarbeitet werden (ebd.).

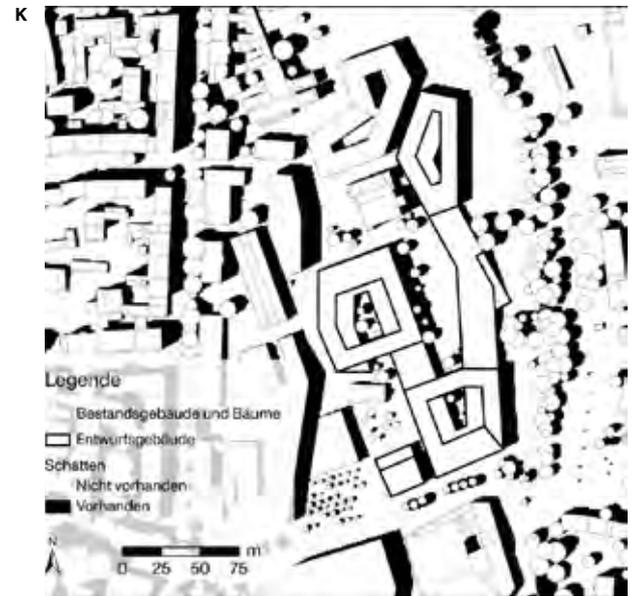
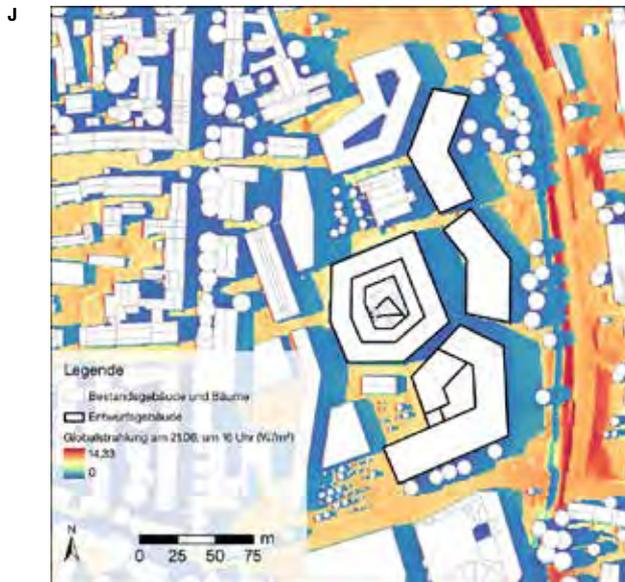
Zur Ermittlung der Lufttemperatur ist die Intensität der urbanen Wärmeinsel zu berechnen, die auf die Lufttemperatur an der ländlichen Referenzstation addiert wird (Koopmans et al. 2020). Diese ergibt sich aus dem Sky-View-Factor (Horizontüberhöhung), der Vegetation, der minimalen und maximalen Tagestemperatur und der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (ebd.). Die Kühlgrenztemperatur wird aus der

Lufttemperatur und -feuchtigkeit an der Referenzstation berechnet und vereinfachend als konstant im Stadtgebiet angenommen, da die niedrigere Luftfeuchtigkeit in urbanen Gebieten der erhöhten Lufttemperatur entgegenwirkt (ebd.). Die Windgeschwindigkeit an der Referenzstation wird anhand der veränderten Oberflächenrauigkeit für Orte in der Stadt modifiziert (ebd.). Für die solare Einstrahlung, die zu höheren PET-Werten führt, wird eine Schattenwurfkarte von Gebäuden und Bäumen benötigt (ebd.). Der Schattenwurf unter Bäumen wird hierbei zwar zu stark abgebildet, was jedoch hinsichtlich des Zweckes der Analyse zur Identifikation von Hotspots vernachlässigbar ist, da sich diese nicht unter Bäumen befinden (ebd.). Die solare Einstrahlung ergibt sich dann aus der Summe der Einstrahlung in der Stunde vor dem Messzeitpunkt (ebd.). Diese Vorgehensweise bietet die Möglichkeit, mittels modifizierter Parameter auch für Klimaprojektionen PET-Wärmekarten zu erstellen (ebd.). Im Vergleich der Regressionsmodelle mit RayMan zeigte sich eine solide Übereinstimmung der beiden Modelle, wobei das Modell für sonnenbeschienene Flächen größere Abweichungen zu RayMan im Vergleich mit dem verschatteten aufwies (ebd.).

Die Validierung des Modells erfolgte anhand von Messungen in der niederländischen Stadt Wageningen durch Messfahrten mit einem Lastenrad, die mit der mit dem Modell auf Basis von Eingabedaten einer naheliegenden Messstation erstellten PET-Wärmekarte verglichen wurden (ebd.). Dieses war mit Sensoren für kurzweilige und Wärmestrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit ausgestattet, wobei letztere mithilfe von Geschwindigkeitsdaten des Fahrrades korrigiert wurde (ebd.). Die abgefahrene Route wurde so geplant, dass möglichst viele unterschiedliche Gebiete durchquert wurden (ebd.). An einem warmen Sommertag mit klarem Himmel zeigten sich hauptsächlich positive Abweichungen des Modells in der Stadt (ebd.). Grund hierfür sind u. a. Unsicherheiten in Verbindung mit Bäumen, die im Vorfeld nach einer Mindesthöhe von 2 m auf Basis von Oberflächendaten gefiltert wurden, sodass die Strahlungsintensität im Modell tendenziell überschätzt wird (Koopmans et al. 2020). Diese Filterung ist jedoch sinnvoll, da ansonsten die Strahlungsintensität an Bäumen zu niedrig ist (ebd.). Grundsätzlich ist auch die Komplexität der mehrfachen Reflektionen der Strahlung an Gebäuden und Oberflächen mit unterschiedlichen Albedo-Werten nicht vollständig abbildbar, was zur Ungenauigkeit der Modellierung beiträgt (ebd.). Die Temperaturmodellierung stimmt jedoch mit den Messungen überein (ebd.).

Im Vergleich mit der Nutzung des Systems der Klimatope zur Charakterisierung des Stadtklimas und den daraus resultierenden Karten wurde festgestellt, dass bspw. die mit dieser Methode erstellte Klimafunktionskarte von Tokio zwar intuitiv gestaltet ist und sich somit gut zur Verwendung in der Stadtplanung eignet, diese jedoch räumliche Details und einen Bezug zu Hitzestress vermissen lässt (ebd.). Die Klimafunktionskarte von Hong Kong hat einen höheren räumlichen Detailgrad und nutzt die PET-Skala, stellt jedoch nicht die PET, sondern Gebietsklassifikationen dar (ebd.).

Numerische Modelle zur Berechnung der PET sind im Vergleich zu geostatistischen Modellen wie dem hier beschriebenen etwas genauer, jedoch deutlich rechenintensiver und dadurch in ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung stark begrenzt (ebd.). So bietet dieses Modell die Möglichkeit bspw. ein ganzes Jahr zu modellieren, was numerische Modelle in einer Auflösung von  $1 \times 1$  m nicht leisten können (ebd.).



Es wird empfohlen, die thermischen Eigenschaften der gebauten Umwelt wie den Albedo-Wert von Oberflächen zur Verbesserung der Modellierung mit einzubeziehen (ebd.). Zudem wird angeregt, eine ausgefeilte Methode zur besseren Einbeziehung von Wasser und anthropogenen Wärmeemissionen zu entwickeln, wobei jedoch anzumerken ist, dass letztere in westeuropäischen Städten an Sommertagen eine untergeordnete Rolle im Vergleich zur solaren Einstrahlung spielen (ebd.). Die Bodenfeuchte ist für das Mikroklima ebenfalls von Relevanz und kann mithilfe des in der Modellgleichung für sonnenbeschienene Flächen enthaltenen Bowen-Verhältnisses einbezogen werden (ebd.).

Die von Koopmans et al. (2020) entwickelte PET-Gleichung hat Gültigkeit für Untersuchungsgebiete in West- und Mitteleuropa. Für andere Erdteile, in denen die klimatischen Rahmenbedingungen abweichen, muss das Modell entsprechend der Klimaanpassung der dort lebenden Menschen und der damit einhergehenden, veränderten Wärmewahrnehmung angepasst werden (ebd.).

#### AUSFÜHREN DES MODELLS IN ARCGIS

Zur Ausführung des Modells müssen die zuvor genannten Datengrundlagen zunächst verarbeitet werden, um die einzelnen Bestandteile der Gleichung zu ermitteln.

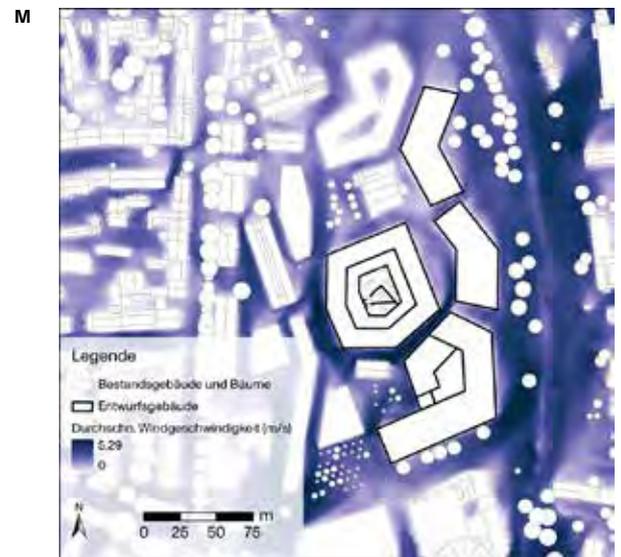
Zunächst werden die vier Entwurfspläne georeferenziert und die Gebäude als Polygone nachgezeichnet und mit Höhendaten versehen. Im Anschluss werden diese dann einerseits in ein Höhenraster und andererseits mittels des Werkzeugs „Layer 3D to Feature Class“ in 3D-Objekte konvertiert. Gleiches geschieht mit den Entwurfsbäumen, sodass diese ebenfalls in Form von Polygonen, 3D-Objekten und als Raster vorliegen. Die 3D-Gebäudedaten für den Bestand werden zunächst insofern modifiziert, als dass das Erdgeschoss des Gebäudes ASL 1 entsprechend der Realität etwa zur Hälfte entfernt wird. Zudem werden 2D-Polygone und ein Höhenraster aus den 3D-Gebäudedaten erstellt.

Das DGM wird mithilfe der Entwurfsgebäude modifiziert, sodass es bei einer Summierung des Gebäude-Höhenrasters mit dem DGM nicht zu Verfälschungen wegen Unebenheiten im DGM kommt.

Zudem wird es zur Ermittlung von Baumhöhen für Bäume aus OSM genutzt, indem zunächst das DGM vom DOM subtrahiert wird und anschließend eine Höhenabfrage der Baumpunkte vom daraus resultieren-

J Solare Einstrahlung am 21.06. um 16 Uhr für Platz 3 (eigene Darstellung)

K Verschattete Flächen am 21.06. um 16 Uhr für Einreichung 17 (eigene Darstellung)



den Raster erfolgt. Auf Basis dieser Höhen werden die Kronenradien grob abgeschätzt, wobei alle OSM-Bäume mit einer ermittelten Höhe von  $< 1$  m zuvor herausgefiltert werden. Es erfolgt dann eine Ergänzung der amtlichen Baumdaten um in diesen nicht enthaltene OSM-Bäume. Je Entwurf werden alle Bestandsbäume, die von diesem überplant werden, entfernt. Von den Bestandsbäumen werden dann wie bei den Entwurfsbäumen 3D-Objekte, Polygone sowie ein Höhenraster erstellt. Anschließend erfolgen die Berechnungen der Eingaberaster für das Modell, die im Folgenden erläutert werden.

**GLOBALSTRAHLUNG:** Die solare Einstrahlung beschreibt, wie viel Strahlung (in  $\text{Watt/m}^2$ ) auf die Oberfläche trifft. Die solare Einstrahlung ist wichtig, um sowohl die Lufttemperatur als auch die PET zu berechnen. Dabei wird neben der in Abbildung J gezeigten Globalstrahlung auch die diffuse Strahlung, die den durch Wolken etc. gestreuten Teil der solaren Einstrahlung darstellt, mit einbezogen. Ein kumulierter Datensatz, indem die gesamte Strahlung für einen bestimmten Zeitraum addiert wird, ist ebenfalls berechenbar, jedoch für das Modell nicht von Relevanz. Die Berechnung erfolgt mittels des Werkzeugs „Area Solar Radiation“. Eingabedaten sind hier die Raster für Bestands- und Entwurfsgebäude, Bestands- und Entwurfsbäume sowie das DGM. Eingabeparameter ist der zu modellierende Zeitraum, in diesem Fall der 21. Juni um 16 Uhr.

**VERSCHATTUNG:** Mit dem Werkzeug „Sun Shadow Frequency“ werden die von den Gebäuden auf die Oberfläche geworfenen Schatten berechnet. Dafür werden die 3D-Gebäude und Bäume aus einem bestimmten Winkel angeleuchtet und der Schattenwurf modelliert. Dieser Winkel wird durch den eingegebenen Tag und die Uhrzeit bestimmt, in diesem Fall wieder der 21. Juni von 10 bis 16 Uhr. Die stündlich errechneten Schattenflächen werden daraufhin überlagert. Für die Berechnung der PET wird allerdings lediglich der Schattenwurf an einem bestimmten Zeitpunkt benötigt, in diesem Fall jener um 16 Uhr, der im Abbildung 11 zu sehen ist. Die Erstellung der Verschattung ist der rechenintensivste Schritt zur Berechnung der PET, da der Schattenwurf für jedes 3D-Gebäude und jeder betrachtete Zeitpunkt einzeln berechnet wird. Die Eingabedaten sind hier die Bestands- und Entwurfsgebäude als 3D-

- L Sky-View-Factor für Platz 2 (eigene Darstellung)
- M Durchschn. Windgeschwindigkeit für Platz 3 (eigene Darstellung)



Objekte, die Bestands- und Entwurfsbäume als 3D-Objekte und das DGM.

**SKY-VIEW-FAKTOR:** Der Sky-View-Factor (SVF) bzw. die Horizontüberhöhung beschreibt den Anteil des Himmels, der über einem Punkt sichtbar ist. Der Wert liegt immer zwischen 0 und 1, wobei 1 den Zustand auf einer flachen Ebene beschreiben würde, auf der 100% des Himmels sichtbar sind. In einem Tal oder, im städtischen Kontext, einer Straßenschlucht, ist der Wert deutlich unter eins, je nachdem, wie beschränkt die Sicht auf den Himmel ist. Die Horizontüberhöhung ist sowohl für die Berechnung der Lufttemperatur als auch der PET von Bedeutung, da diese die auftreffende solare Strahlung beeinflusst.

Zur Berechnung des SVF wurde die Relief Visualization Toolbox genutzt (Kokalj et al. 2011; Zakšek et al. 2011; Kokalj und Somrak 2019). Diese beinhaltet verschiedene Werkzeuge zur Visualisierung von Höhenrastern, darunter auch den SVF. Eingabedaten sind hier die Bestands- und Entwurfsgebäude als Raster und das DGM. Die Bäume werden nicht berücksichtigt, da sie den Himmel nicht vollständig bedecken. Nachdem das SVF-Raster berechnet wurde, werden die Werte auf den Gebäuden auf „No Data“ gesetzt, da sie den SVF auf dem Gebäudedach enthalten, der jedoch für die bodennahe Temperatur nicht von Relevanz ist und bei den weiteren Berechnungen das Ergebnis verfälschen würde.

**WINDFELD:** Mithilfe des Windfeldes wird erkennbar, in welchen Bereichen mit welcher Geschwindigkeit der Wind weht. Das ermöglicht es, Windströmungen, welche beispielsweise durch die Bebauung auftreten, zu erkennen. Außerdem ist das Windfeld für die PET von Bedeutung, da hierfür eine genaue Datengrundlage benötigt wird. Bereiche mit hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten weisen in der Regel durch den stetigen Luftaustausch niedrigere PET auf.

Das in Abbildung M zu sehende Windfeldraster wurde mit dem ArcGIS Add-in „Airflow Analyst“ berechnet. Dabei wurde eine Anströmung mit einer Geschwindigkeit von 4 m/s aus Süd-Süd-West angenommen. Als Hindernisse wurden neben dem DGM die Bestands- und Entwurfsgebäude mit einbezogen.

**VEGETATION:** Als Grundlage für das Vegetationsraster in Abbildung 14

N Solare Einstrahlung am 21.06. um 16 Uhr für Platz 3 (eigene Darstellung)

O Verschattete Flächen am 21.06. um 16 Uhr für Einreichung 17 (eigene Darstellung)

dient das Nahinfrarot-Luftbild, auf dem mithilfe von reflektierter Infrarotstrahlung erkennbar wird, wo sich Vegetationsflächen befinden. Mithilfe des Rasterwerkzeugs „NDVI“ werden diese Werte in zwei Gruppen klassifiziert (Vegetation und keine Vegetation) und in einem Rasterdatensatz gespeichert. Es folgt eine nachträgliche Korrektur auf nicht erfasste Vegetationsflächen sowie die Entfernung von extensiver Dachbegrünung, u. a. auf dem Gebäude ASL 1, da diese insbesondere während sommerlicher Trockenphasen, die für die Untersuchung von Hotspots für Hitzestress betrachtet werden, keinen nennenswerten Kühlungseffekt durch Verdunstung bewirken.

Bei der weiteren Verwendung des Rasters für das Bowen-Verhältnis, das in diesem Fall das Verhältnis von sensibler zu latenter Wärme als Maß für die Verdunstungsaktivität von Oberflächen beschreibt, kann zwischen verschiedenen Qualitäten der Vegetationsarten unterschieden werden, da beispielsweise Gräser einen anderen Effekt auf das Mikroklima haben als ein Laubbaum. Für diese Berechnung wurde jedoch keine weitere Differenzierung vorgenommen und Werte von 0,4 für Vegetationsflächen und 3 für vegetationslose Flächen verwendet.

**LUFTTEMPERATUR:** Im Raster der Lufttemperatur in Abbildung O ist, im Gegensatz zur PET, die tatsächlich messbare Temperatur in einer Höhe von 2 m über der Oberfläche ablesbar. In die Modellierung fließen mehrere Faktoren ein: die solare Einstrahlung, die Höchst- und Tiefsttemperatur des gewählten Zeitpunkts, die Horizontüberhöhung, der Wind, und die Vegetation im Gebiet. Wind, solare Einstrahlung und Temperaturen werden hier durch pauschale Werte repräsentiert ohne die Nutzung von Rasterdatensätzen. Für diese Darstellung wird wieder der 21. Juni um 16 Uhr betrachtet. Die vereinfachenden Eingabeparameter sind für die durchschnittliche Windgeschwindigkeit 4 m/s, für die solare Einstrahlung  $340 \text{ W/m}^2$  und für die Temperatur eine tägliche Spanne von 15 bis  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  und einer ländlichen Referenztemperatur von  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  zur betrachteten Uhrzeit.

Für die finale PET-Berechnung anhand der Formeln von Koopmans et al. (2020) wird zudem die Kühlgrenztemperatur, also die erreichbare Temperatur durch Verdunstungskälte, benötigt. Diese wird mittels des Lufttemperatur-Rasters und eines Wertes für die Luftfeuchtigkeit berechnet. Für diesen Wert wurden Wetterdaten für die Wetterstation Schauenburg-Elgershausen des Deutschen Wetterdienstes zurate gezogen. Nach Betrachtung der Luftfeuchtigkeit an mit dem modellierten Szenario vergleichbaren Tagen im Sommer 2022 wurde sich auf einen Wert von 60% festgelegt.

Die Eingaberaster zur Berechnung der PET-Wärmekarte sind die globale und diffuse Strahlung, die SVF-Fraction, die eine verarbeitete Version des SVF-Rasters darstellt, die Verschattung, die Lufttemperatur, die Kühlgrenztemperatur und das Bowen-Verhältnis. Dabei werden für das gesamte modellierte Gebiet zunächst zwei PET-Raster berechnet: eines unter sonnenbeschienenen und eines unter verschatteten Bedingungen. Diese beiden Raster werden dann anhand des Verschattungsrasters zerschnitten, sodass das sonnenbeschienene Raster nur noch sonnenbeschienene Flächen umfasst und das verschattete nur noch verschattete Flächen. Diese werden abschließend zusammengesetzt und einzelnen Zellwerte werden entsprechend der Durchschnittswerte ihrer Nachbarn mittels des Werkzeugs „Focal Statistics“ dahingehend angepasst, dass dem steten Austausch der Luft zwischen sonnenbeschienenen und ver-

schatteten Flächen Rechnung getragen wird und keine „harten“ PET-Grenzen entlang der Schatten bestehen. Auf die hieraus resultierenden PET-Wärmekarten wird im Folgenden in Abschnitt 4 näher eingegangen. Die mikroklimatischen Einflüsse von Wasserflächen wie die an das Untersuchungsgebiet angrenzende Ahne sowie der Albedo-Werte der Oberflächen im modellierten Gebiet wurden aufgrund von technischen Limitierungen nicht berücksichtigt. Das Modell bildet zudem nicht den Einfluss gesamtstädtischer Luftbewegungen wie Kaltluftschneisen ab.

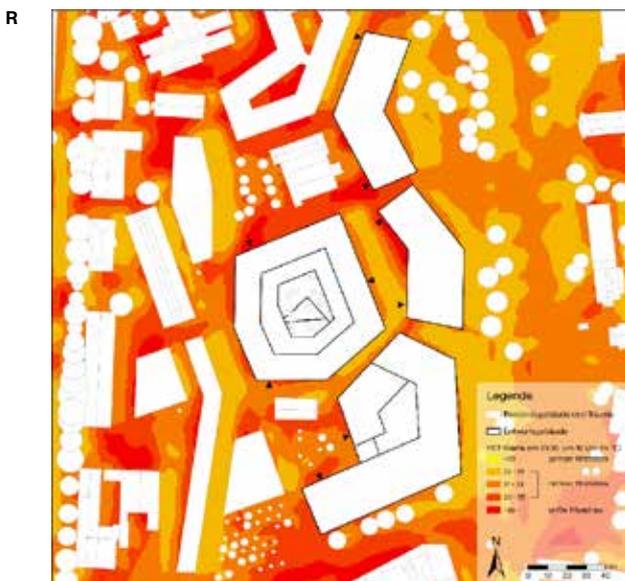
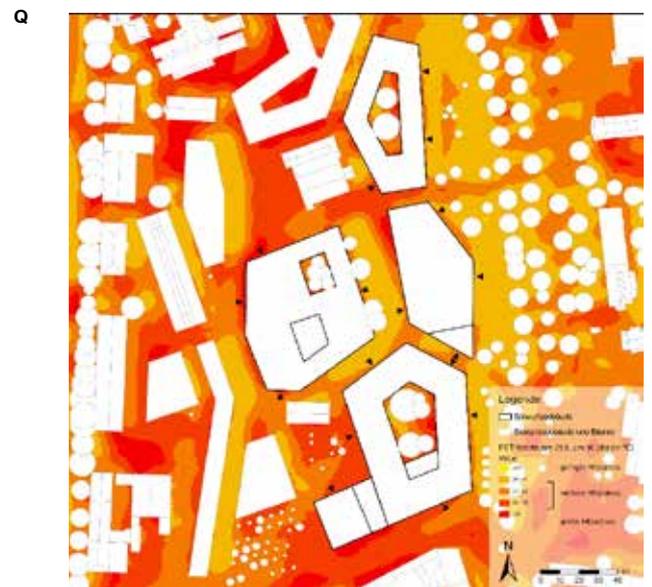
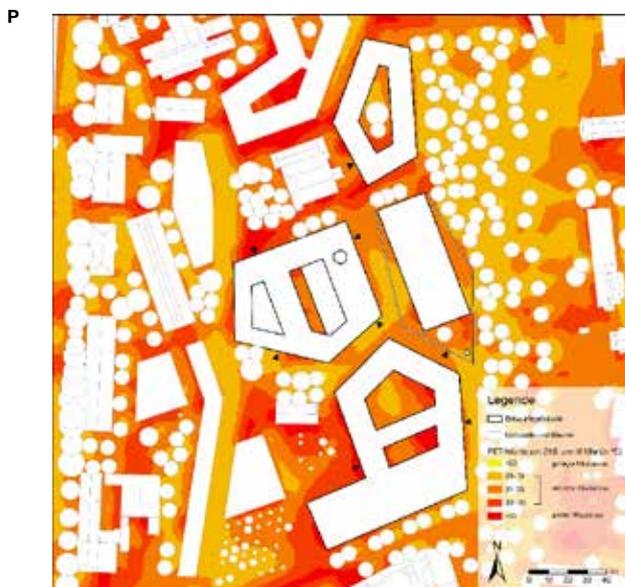
## ERGEBNISSE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der zuvor erläuterten Berechnungsmethode dargestellt. Es liegt zu jedem der vier analysierten Entwürfe eine Karte vor, welche die ermittelten PET-Werte am 21.06. Um 16 Uhr darstellt. Werte (unter 29 °C) sind hierbei gelb dargestellt und bedeuten einen geringen Hitzestress. Werte (zwischen 29 und 35 °C) sind in drei verschiedenen orangen Abstufungen dargestellt und bedeuten einen mittleren Hitzestress. Werte (über 35 °C) bedeuten einen hohen Hitzestress und sind rot dargestellt. Die Einteilung in die verschiedenen Bereiche erfolgte hierbei nach der PET Evaluation Scale nach (Matzarakis und Mayer 1996). Zusätzlich wurde der Bereich des mittleren Hitzestresses in drei Bereiche aufgeteilt, um eine höhere farbliche Abstufung in den Karten zu erzeugen. Diese verbessert die Nachvollziehbarkeit der Übergänge zwischen den verschiedenen Hitzestress Kategorien. In allen Karten sind außerdem die Eingangsbereich der Entwurfsgebäude mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der zuvor erläuterten Berechnungsmethode dargestellt. Es liegt zu jedem der vier analysierten Entwürfe eine Karte vor, welche die ermittelten PET-Werte am 21.06. Um 16 Uhr darstellt. Werte (unter 29 °C) sind hierbei gelb dargestellt und bedeuten einen geringen Hitzestress. Werte (zwischen 29 und 35 °C) sind in drei verschiedenen orangen Abstufungen dargestellt und bedeuten einen mittleren Hitzestress. Werte (über 35 °C) bedeuten einen hohen Hitzestress und sind rot dargestellt. Die Einteilung in die verschiedenen Bereiche erfolgte hierbei nach der PET Evaluation Scale nach (Matzarakis und Mayer 1996). Zusätzlich wurde der Bereich des mittleren Hitzestresses in drei Bereiche aufgeteilt, um eine höhere farbliche Abstufung in den Karten zu erzeugen. Diese verbessert die Nachvollziehbarkeit der Übergänge zwischen den verschiedenen Hitzestress Kategorien. In allen Karten sind außerdem die Eingangsbereich der Entwurfsgebäude mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet.

Alle Karten zeigen, dass an dem simulierten heißen Sommertag nur sehr vereinzelt Bereiche mit geringem Hitzestress entstehen. Ein Beispiel ist bei Preis 3 (siehe Abbildung 18) östlich der geplanten Bebauung in Richtung der Ahne zu erkennen. Im Gegensatz dazu gibt es bei allen Entwürfen einen großen Anteil von gebäudenahen Flächen, welche mit einem hohen Hitzestress belastet sind. Der größte Teil der Entwurfsbereiche weist einen mittleren Hitzestress auf.

Auffällig oft von mittlerem und hohem Hitzestress betroffen sind die Eingangsbereiche aller Entwürfe, vor allem jene von Entwurf drei. Besonders betroffen sind Eingänge, die in Richtung Süd-Süd-West ausgerichtet sind und keinerlei Verschattung durch Bäume erfahren.

Bei Einreichung 17 (siehe Abbildung 19) fällt der Innenhof innerhalb des



zusammenhängend geplanten Gebäudes auf, welcher einen flächendeckend erhöhten Hitzestress aufweist. Auf einer weiteren zentralen Aufenthaltsfläche östlich des Studierendencafés LEO (LernOrt) entsteht ebenfalls ein hoher Hitzestress, dies ist jedoch bei allen anderen untersuchten Entwürfen genauso der Fall. In besonderem Maße von Hitzestress betroffen sind neben dem großen Innenhof bei Einreichung 17 alle weiteren Innenhöfe innerhalb der Gebäude aller Entwürfe, hierbei zeigen die östlichen Bereiche der Höfe die höchsten Werte auf.

Die Moritzstraße, welche südlich an die geplante Bebauung angrenzt, weist bei Platz 1 und 3 im Gegensatz zu Platz 2 und Einreichung 17 vor allem im östlichen Bereich einen geringeren Hitzestress auf.

Die vier PET-Werte Karten sind auf den nächsten beiden Seiten dargestellt.

## AUSWERTUNG

Zur Herstellung einer objektiven und sachgerechten Vergleichbarkeit der PET-Karten der vier ausgewählten Entwürfe werden verschiedene Krite-

P PET-Werte 1. Preis (eigene Darstellung)

Q PET-Werte 2. Preis (eigene Darstellung)

R PET-Werte 3. Preis (eigene Darstellung)

S PET-Werte Einreichung 17 (eigene Darstellung)

rien erarbeitet. Diese Kriterien sollen zunächst erläutert und hergeleitet werden, um anschließend Anwendung auf die vier Entwürfe zu finden.

## Kriterien

Übersicht aller Kriterien zur Auswertung der PET-Karten:

- Durchschnittstemperatur an den Eingängen
- Tiefsttemperatur in den Aufenthaltsbereichen der Entwürfe
- Höchsttemperatur in den Aufenthaltsbereichen der Entwürfe
- Durchschnittstemperatur in den Aufenthaltsbereiche der Entwürfe
- Gewichtete Verteilung der hitzestressbelasteten Flächen

### DURCHSCHNITTSTEMPERATUR AN DEN EINGÄNGEN

Eingangsbereiche spielen auf dem Universitätscampus eine wichtige Rolle. Sie dienen regelmäßig als Treffpunkte und Aufenthaltsorte vor und nach Vorlesungen und sind regelmäßig stark frequentiert. Durch eine punktuelle Abfrage der PET-Werte im Bereich der Eingänge kann die durchschnittliche Temperatur berechnet werden. Die Eingänge werden hierbei aus den Karten der Entwurfspläne übernommen.

### AUFENTHALTSBEREICHE

Die Aufenthaltsbereiche auf dem Universitätscampus dienen der Erholung und der Pausengestaltung. Gerade aus diesem Grund ist es wichtig die gefühlte Temperatur in diesen sensiblen Bereichen als Kriterium zur Bewertung heranzuziehen. Für alle Entwürfe wird ein gemeinsamer Aufenthaltsbereich rund um die Entwurfsgebäude festgelegt. Dieser dient dazu, den äußeren Rahmen zu definieren. Innerhalb dieses Rahmens werden die unterschiedlichen Gebäudeflächen herausgenommen, um anschließend die gefühlte Tiefst- und Höchsttemperatur sowie die durchschnittliche gefühlte Temperatur zu ermitteln. Bei der Höchsttemperatur ist der niedrigste Wert der beste. Dies erfolgt mittels der automatischen Histogramm Auswertung der Symbology in ArcGIS, welche die erforderlichen Werte zu Verfügung stellt.

### GEWICHTETE VERTEILUNG DER HITZESTRESSBELASTETEN FLÄCHEN

Um ein durchschnittliches Hitzestresslevel der einzelnen Entwürfe bestimmen zu können, wurden die Flächengrößen der Bereiche mit niedrigen, mittlerem und großem Hitzestress verglichen. Hierzu wurden die entsprechenden Flächen jeweils mit 1, 2 und 3 multipliziert und durch die Gesamtfläche geteilt. Die Größe der jeweiligen Flächen wurden über die Histogramm Funktion in ArcGIS bestimmt. Dafür wurde die Anzahl an 1×1 m Raster für jede Temperatur bestimmt. Je niedriger der Wert des durchschnittlichen Hitzestresslevels, desto besser.

## Ergebnisse

Alle ermittelten Werte für die verschiedenen Kriterien sind in der folgenden Tabelle (siehe Abbildung T) aufgeführt. Die besten Werte in jeder Kategorie sind jeweils fett markiert. Das Endergebnis bzw. die Platzie-

Bewertung der Entwürfe	Eingänge Ø-PET in °C	Aufenthaltsbereiche			Verhältnis der Flächen nach Hitzestress	Ergebnis (Platzierung)
		PET min.	PET max.	Ø-PET		
Platz 1	<b>32,3</b>	<b>28,7</b>	37,3	<b>32,1</b>	2,024	<b>1</b>
Platz 2	<b>32,3</b>	29,0	<b>36,6</b>	32,2	2,033	2
Platz 3	34,2	29,1	37,6	32,3	2,029	4
Einreichung 17	33,0	29,8	37,8	32,5	<b>2,017</b>	3

rung der Entwürfe ergibt sich aus den erzielten Platzierungen in den verschiedenen Kriterien.

Es zeigt sich, dass der Siegerentwurf des städtebaulichen Wettbewerbs auch bei der mikroklimatischen Analyse mit Blick auf den thermischen Komfort (gemessen durch den PET-Wert) am besten abschneidet. Der erstplatzierte Entwurf weist den niedrigsten durchschnittlichen PET-Wert an den Gebäudeeingängen auf. Außerdem weist der Entwurf bei den Aufenthaltsbereichen den niedrigsten absoluten Wert und den niedrigsten Durchschnittswert auf. In den verbleibenden Kategorien belegt der Entwurf jeweils den zweiten Platz.

Der zweite Platz des städtebaulichen Entwurfs erreicht in der Auswertung der mikroklimatischen Analyse ebenfalls Platz zwei. Der Entwurf markiert beim durchschnittlichen PET-Wert an den Eingängen und bei der maximalen Temperatur die Bestwerte. Einreichung 17

Platz drei des städtebaulichen Wettbewerbs konnte in keinem der fünf Kriterien am besten abschneiden und erreicht daher nur den vierten Platz in der Auswertung. Besonders auffällig sind bei Platz drei die Eingangsbereiche, denn diese sind mit durchschnittlich 34,2 °C einem deutlich höheren Hitzestress ausgesetzt als die anderen drei Entwürfe. Bei den Plätzen eins und zwei liegen die Werte bei jeweils 32,3 °C und bei Einreichung 17 bei 33 °C.

Der südliche Eingang des nördlichsten der vier Entwurfsgebäude zeigt besonders gut welche Folgen die Platzierung eines Eingangs hat. Bei Platz eins ist der Eingang im Gegensatz zu Platz zwei und drei einige Meter weiter nördlich und profitiert somit vom Schatten des westlich angrenzenden Gebäudes, wodurch der PET-Wert deutlich geringer ist.

Abgesehen von den Eingangsbereichen sind die mikroklimatischen Unterschiede der verschiedenen Entwürfe eher gering. Die durchschnittlichen PET-Werte im gesamten Kartenausschnitt bewegen sich beispielsweise in einer Spanne zwischen 32,1 und 32,5 °C. Alle Entwürfe haben außerdem im Bereich der Eingänge mindestens einen Eingang mit einem PET-Wert über 35 °C, was einem hohen Hitzestress entspricht. Bei den Aufenthaltsbereichen schafft es lediglich Platz 1 einen Wert unter 29 Grad zu erreichen, was einem niedrigem Hitzestress entspricht. Einen Wert unter 30 Grad erreichen jedoch alle vier Entwürfe. Somit weisen alle Entwürfe aus mikroklimatischer Sicht Schwächen und Stärken auf, wodurch sich der thermische Komfort insgesamt nur geringfügig unterscheidet.

## STORYMAP AUFBEREITUNG

Der amerikanische Softwarehersteller Esri, bietet mit der Anwendung ArcGis StoryMaps die Möglichkeit Information einem breiten Publikum digital zugänglich zu machen. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der interaktiven Einbindung verschiedenen Kartenmaterials. Um die umfangreichen Analyseergebnisse für die einzelnen Entwürfe über-

u



v



sichtlich darzustellen, wurde eine solche StoryMap erstellt. Diese ist über das Scannen des QR-Codes, oder die Eingabe des Links (<https://arcg.is/0azef80>) im Browser zugänglich. Die StoryMap wurde im Zeitraum vom 06.02.2023 bis zum 01.03. 2023 insgesamt 219-mal aufgerufen (ArcGis Online: Benutzerdefinierte Auswertung Stand: 02.03.2023)

Die StoryMap bietet neben kurzen Erklärungstexten zu Theorie, Methodik und Auswertung auch Möglichkeiten die Arbeitsergebnisse interaktiv zu betrachten und zu vergleichen. So ist es beispielsweise möglich, in einem 3D Modell des Campus zu navigieren und sich die Bebauungsstruktur, sowie die Grünflächengestaltung der jeweiligen Entwürfe anzusehen und zu vergleichen. Auch die erstellten GIFs zur Darstellung des Schattenverlaufs der verschiedenen Entwürfe sind eingebettet. Andere Interaktive Elemente sind beispielsweise die Swipe-Effekte der Theorie und Methodik Grafiken. Hier erscheinen durch das Verschieben eines Reglers zusätzliche Informationen. Das Hauptelement stellen allerdings die verschiedenen Analysekarten dar. Diese sind nach den Einflussgrößen sortiert und erlauben ein direktes Umschalten zwischen den dargestellten Entwürfen. Dies ist beispielhaft für das Analyseergebnis (gefühlte Temperatur) in Abbildung V dargestellt.

## DISKUSSION UND FAZIT

Bevor es zum abschließenden Fazit kommt, sollen technische Ungenauigkeiten der Modellierung kurz wiederholt und die Auswertung diskutiert werden. Wie bereits im Methodik-Kapitel beschrieben wurden folgenden Einflussgrößen nicht berücksichtigt:

- Differenzierung der Vegetationsstrukturen
- Wasserflächen
- Gesamtstädtische Luftbewegung (z.B. Kaltluftschneise Ahne)
- Albedo von Oberflächen

In Bezug auf die gewählte Auswertungsmethodik gibt es weitere Punkte, welche eine weitere Vertiefung erfahren können. Beispielsweise ist eine Gewichtung der verschiedenen Kriterien denkbar, denn eine punktuelle maximal Temperatur hat vermutlich eine geringere Aussagekraft als die durchschnittliche Temperatur an den Eingängen. Die Aussagekraft punktuelle minimaler und maximaler Werte sollte generell mit Vorsicht betrachtet werden, da diese nur eine Tendenz vermuten lassen und die genauen Gründe für diese Werte nicht offensichtlich sind.

u QR-Code zur StoryMap

v : Interaktive Karte in StoryMap zur gefühlten Temperatur (PET) (eigene Darstellung)

Trotz aller Kritikpunkte ist die Modellierung in der Lage realistische Ergebnisse hervorzubringen, welche die mikroklimatischen Haupteinflussgrößen berücksichtigt. In Bezug auf die Forschungsfrage ergibt sich Folgendes:

In diesem Bericht soll die Frage beantwortet werden, welche Auswirkungen die Realisierung von unterschiedlichen Entwürfen für die Bebauung des restlichen Nordcampus der Universität Kassel auf die gefühlte Temperatur hat. Ein zentrales Ergebnis ist, dass sich je nach Entwurf geringfügig unterschiedliche Auswirkungen auf das Mikroklima ergeben. Durch die Bebauung ergeben sich neue Vegetations- und Bebauungsstrukturen, welche einen direkten Einfluss auf das lokale Mikroklima haben. Die Strömung des Windes wird maßgeblich durch die Bebauung beeinflusst. Auch die Anzahl und Positionierung neu zu pflanzender Bäume kann zu einer Veränderung des Mikroklimas beitragen. Entwurf eins hat mit Abstand die meisten Bäume vorgesehen, was sich im Endergebnis widerspiegelt. Die größten Unterschiede zeigten sich in Bezug auf die durchschnittliche gefühlte Temperatur im Bereich der Eingänge. Auch wenn das Beispiel aus Kapitel 5 (Positionierung der Eingänge) zunächst logisch erscheint, muss die Platzierung nicht nur mikroklimatischen Belangen gerecht werden, sondern beispielsweise auch architektonischen.

Es ist Zufall, dass der Siegerentwurf auch mikroklimatisch am besten abschneidet, denn wie zu Beginn beschrieben spielte das Mikroklima im Rahmen der Ausschreibung keine Rolle. Einreichung 17 zeigt deutlich welche Auswirkungen ein nahezu geschlossener Innenhof auf die gefühlte Temperatur haben kann. Bei einem derartigen städtebaulichen Wettbewerb sollte das Mikroklima eine von Bedeutung sein und zumindest als ein Kriterium in den Prozess zur Entscheidungsfindung einfließen.

# Literatur

- ETLING, DIETER (2008): Theoretische Meteorologie. Eine Einführung. 3., erw. und aktualisierte Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.
- HENNINGER, SASCHA; WEBER, STEPHAN (2019): Stadtklima. Paderborn: Ferdinand Schöningh (utb-studie-book, 4849)
- KOKALJ, ŽIGA; SOMRAK, MAJA (2019): Why Not a Single Image? Combining Visualizations to Facilitate Fieldwork and On-Screen Mapping. In: Remote Sensing 11 (7), S. 747. DOI: 10.3390/rs11070747.
- KOKALJ, ŽIGA; ZAKŠEK, KLEMEN; OŠTIR, KRISTOF (2011): Application of sky-view factor for the visualisation of historic landscape features in lidar-derived relief models. In: Antiquity 85 (327), S. 263–273. DOI: 10.1017/S0003598X00067594.
- KOOPMANS, S.; HEUSINKVELD, B. G.; STEENEVELD, G. J. (2020): A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands. In: Building and Environment 181, S. 106984. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.106984
- THEEUWES, N. E., STEENEVELD, G.-J., RONDA, R. J. & HOLTSLAG, A. A. M. (2017) A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe 1.
- KUPSKI, SEBASTIAN (2019): Klimafunktionskarte 2019. Zweckverband Raum Kassel: INKEK GmbH.
- LEE, HYUNJUNG; MAYER, HELMUT (2019): Planerische Maßnahmen zur Reduzierung von lokalem Hitzestress für Menschen. In: Warnsignal Klima: Die Städte.
- MATZARAKIS, ANDREAS; MAYER, HELMUT (1996): Another kind of environmental stress: thermal stress. In: WHO News (18), S. 7–10
- MEHRA, SCHEW-RAM (2021): Stadtbauphysik. Grundlagen klima- und umweltgerechter Städte. 1st ed. 2021. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Springer Vieweg (Springer eBook Collection).
- SCHÖNWIESE, CHRISTIAN-DIETRICH (2020): Klimatologie. 5. überarb. u. aktual. Aufl. Stuttgart: utb GmbH.
- UMWELTBUNDESAMT (2023): Gesundheitsrisiken durch Hitze. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze> #gesundheitsrisiko-hitze, zuletzt aktualisiert am 07.03.2023, zuletzt geprüft am 07.03.2023.
- VDI-RICHTLINIE 3787 BLATT 2, 2022: Umweltmeteorologie.
- UNIVERSITÄT KASSEL (HG.) (2022): Neubau Naturwissenschaften: „Ein Meilenstein für die Entwicklung der Uni“. Online verfügbar unter <https://www.uni-kassel.de/uni/aktuelles/meldung/2022/06/7/neubau-naturwissenschaften-ein-meilenstein-fuer-die-entwicklung-der-uni>, zuletzt aktualisiert am 01.02.2023, zuletzt geprüft am 01.02.2023.
- WETTBEWERBE AKTUELL (2022): Neubau Physik / Nanostrukturwissenschaften für den FB Mathematik und Naturwissenschaften der Universität Kassel/ Deutschland. Hg. v. wettbewerbe aktuell.
- ZAKŠEK, KLEMEN; OŠTIR, KRISTOF; KOKALJ, ŽIGA (2011): Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. In: Remote Sensing 3 (2), S. 398–415. DOI: 10.3390/rs3020398.

## Spuren am Fachbereich

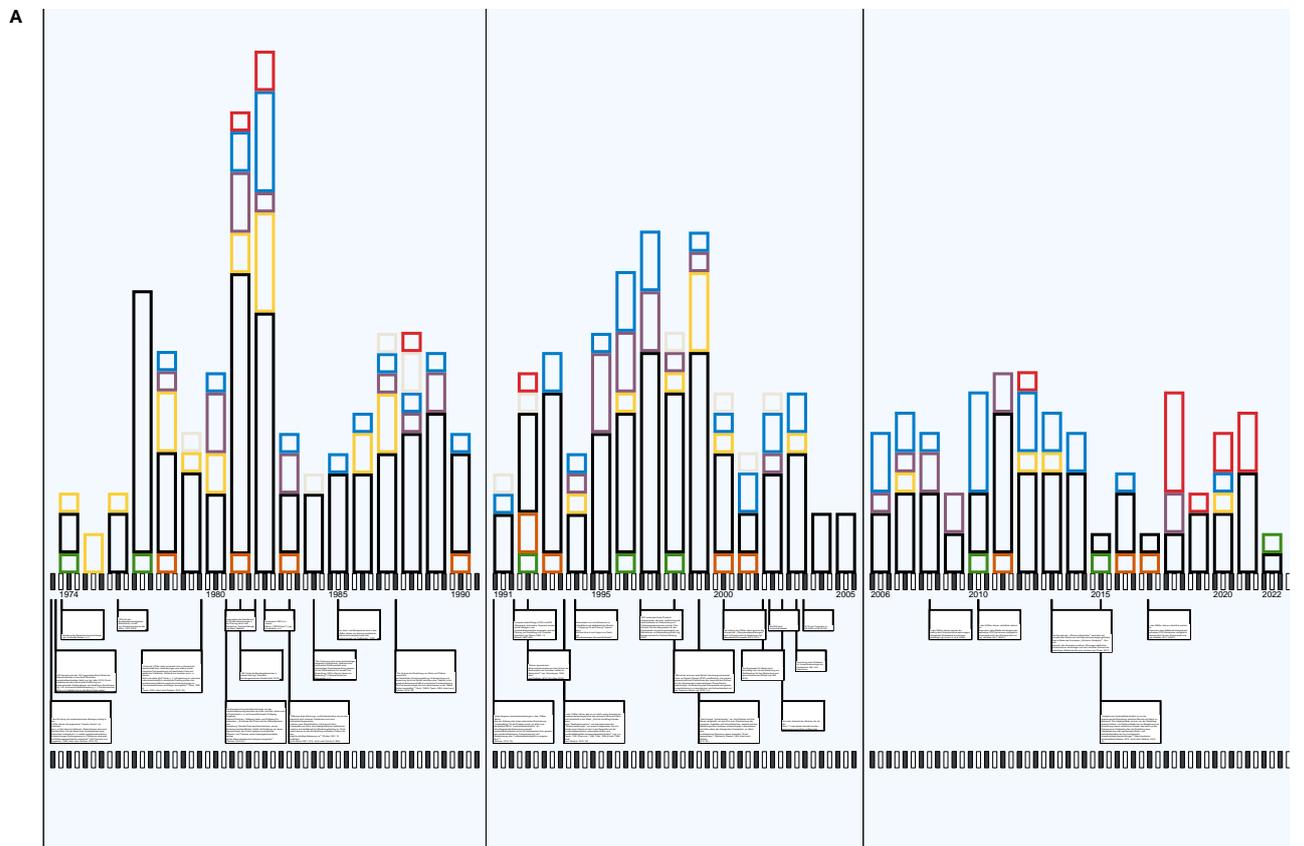
STADTNATUR UND STADTKLIMA haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen und sind in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Im Masterplan Stadtnatur des Bundesamts für Naturschutz wird Stadtnatur als „Gesamtheit aller Lebensräume innerhalb einer Stadt verstanden, die für die Artenvielfalt von Bedeutung sind“ (BMU, 2019: 12). Stadtnatur kann demnach sowohl in formellen städtischen Grünflächen als auch in weniger formal ausgewiesenen Bereichen wie Straßenrändern, Brachflächen und Hinterhöfen gefunden werden. Die Schaffung und Erhaltung von Stadtnatur kann dazu beitragen, die Lebensqualität der Bewohner:innen einer Stadt zu verbessern und die Biodiversität zu fördern (BMU, 2019).

Stadtnatur ist ein klassisches Thema der Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung, zum Teil aber auch der Stadtplanung und Architektur und wird seit 50 Jahren an unserem Fachbereich diskutiert und erarbeitet. Durch eine systematischen Recherche der studentischen Arbeiten am doku:lab, die das Thema Stadtnatur und Stadtklima beinhalteten und sich auf Kassel bezogen, zeichnen wir die Spuren, die unser Fachbereich hinterlassen hat, nach. Die studentischen Arbeiten wurden anhand ihres Titels und Schlagwörter einer der nachfolgenden acht Kategorien zugeordnet.

Eine Definition, die die Grundlage unserer Recherche war, ist die Einteilung von Stadtnatur in vier Arten von dem Stadtökologen Ingo Kowarik (2016):

1. „Relikte ursprünglicher Naturlandschaft“ ähneln „ursprünglichen Naturausbildungen“ und werden „meist durch Feuchtgebiete oder Naturwaldrelikte repräsentiert“ (Kowarik, 2015: 472).
2. „Relikte ländlicher Kulturlandschaft“ sind vor allem: „Wiesen, Weiden und Äcker am Stadtrand, aber auch Hecken, Heiden, Triften, Trockenrasen sowie Hohlwege“ (Kowarik, 1992: 41).
3. „Gärtnerische Naturelemente“ umfassen Parks, Spiel- und Sportplätze, also klassische Grünanlagen, die gepflegt werden.
4. Als „Neuartige wilde Naturelemente“ wird von Kowarik die spezifisch urban-industrielle Natur bezeichnet, gemeint „damit ist spontane, d.h. nicht gepflanzte oder angesäte Vegetation“ (Kowarik, 1992:42).

Da wie Heiland 2007 feststellt, Stadtnatur häufig mit „Stadtgrün“ gleich-



gesetzt wird, was allerdings nur einen Bestandteil von Stadtnatur abbildet und die abiotischen Umweltmedien Boden, Wasser und Klima ausschließt (Heiland, 2007:34), werden diese so wie das Thema Fauna, in unserer Einteilung ebenfalls als vier weitere Kategorien betrachtet. Stadtklima kann eigenständig, aber auch als Teil von Stadtnatur begriffen werden. Als Stadtklima wird das durch Bebauung und Emission veränderte Lokalklima in Städten definiert, was unter anderem in der Ausprägung von urbanen Wärmeinseln resultieren kann. Im Zeitstrahl werden die unterschiedlichen Kategorien für eine bessere Darstellung farblich unterschiedlich und mit zehn Zentimetern je untersuchter Arbeit dargestellt. Dementsprechend steht die Länge eines Jahres für die Anzahl an Arbeiten zu dem Thema Stadtnatur in diesem Jahr.

Um Besucher:innen ein Verständnis für die Entwicklung Stadtnatur zu ermöglichen, sind ausgewählte Ereignisse aus der Geschichte der GHK, der Universität Kassel sowie prägende Ereignisse des Fachs Landschaftsarchitektur und Freiraumplanung entlang des Zeitstrahls verteilt.

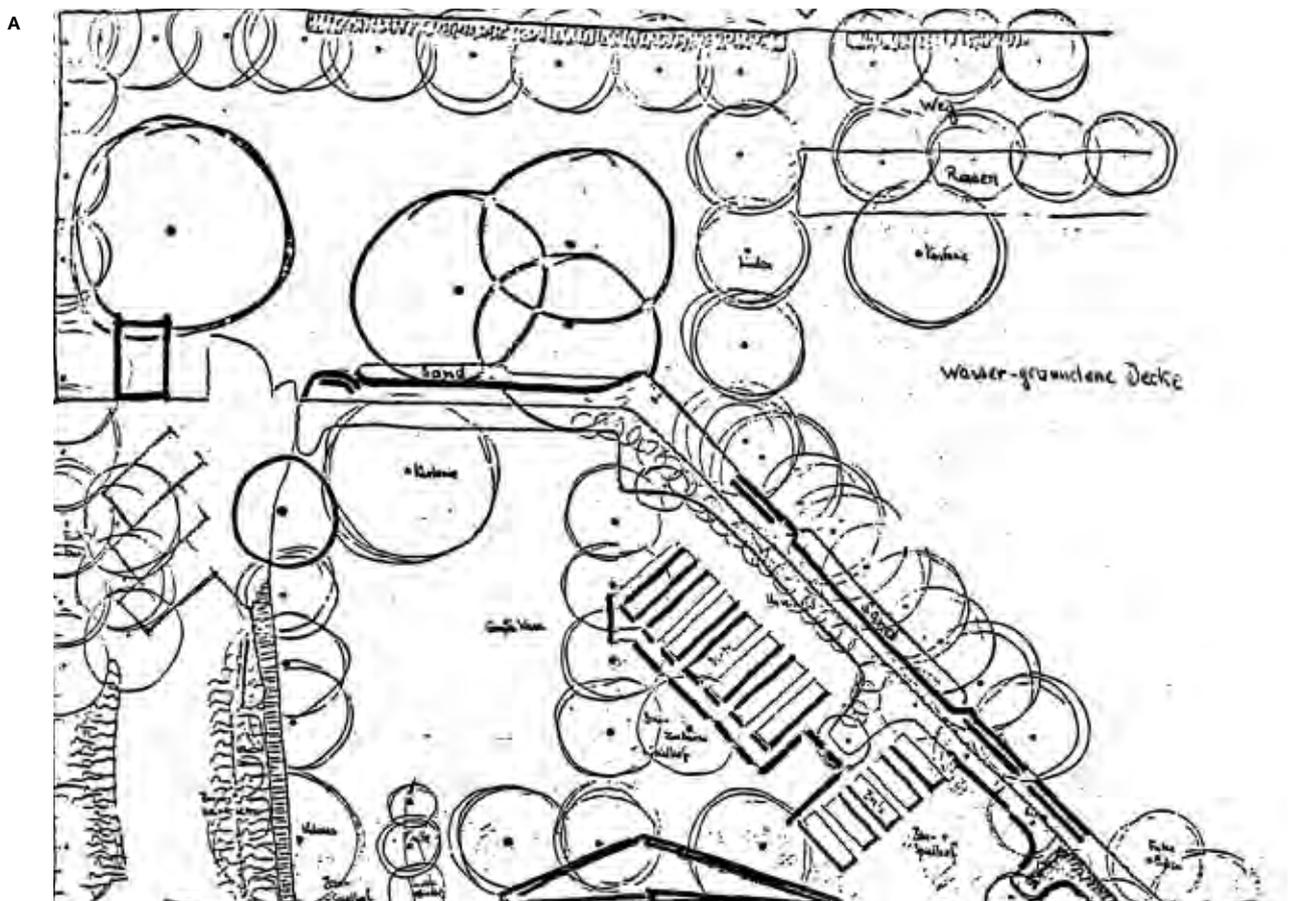
A Übersicht der Ergebnisse der Recherche anhand eines Zeitstrahls mit ausgewählten Fakten zur Entwicklung des Fachbereichs, der Universität sowie Inhalte der Landschaftsarchitektur und Freiraumplanung.

# Literatur

- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2019): Masterplan Stadtnatur. Maßnahmenprogramm der Bundesregierung für eine lebendige Stadt. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/112/1911220.pdf> [Zugriff: 26.05.2023]
- HEILAND, STEFAN (2007): Natur in der Stadt - demografischer Wandel als Chance? In: Denkanstöße (5), S. 28-42. Online verfügbar unter [https://snu.rlp.de/fileadmin/4\\_Mediathek/PDF/Denkanstoesse/2007\\_SNU\\_Denkanstoesse\\_05.pdf?msckid=f205a17dd03011ecbacb8c3e58911600](https://snu.rlp.de/fileadmin/4_Mediathek/PDF/Denkanstoesse/2007_SNU_Denkanstoesse_05.pdf?msckid=f205a17dd03011ecbacb8c3e58911600), zuletzt geprüft am 10.05.2022.
- KOWARIK, INGO (1992): Das Besondere der städtischen Vegetation. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege. 61. S: 33-47.
- KOWARIK, INGO (2015): Wildnis in urbanen Räumen. Erscheinungsformen, Chancen und Herausforderungen. In: Natur und Landschaft. 90. S: 470-474.
- KOWARIK, INGO; BARTZ, ROBERT; BRENCK, MIRIAM (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Leipzig, Berlin: Naturkapital Deutschland - TEEB DE.

## Visualisierung früher - heute

Visualisierungen sind in der Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung von jeher von großer Bedeutung. Die Darstellungsarten haben sich in den letzten 50 Jahren stark verändert, was hier anhand studentischer Arbeiten zur Goetheanlage gezeigt wird.

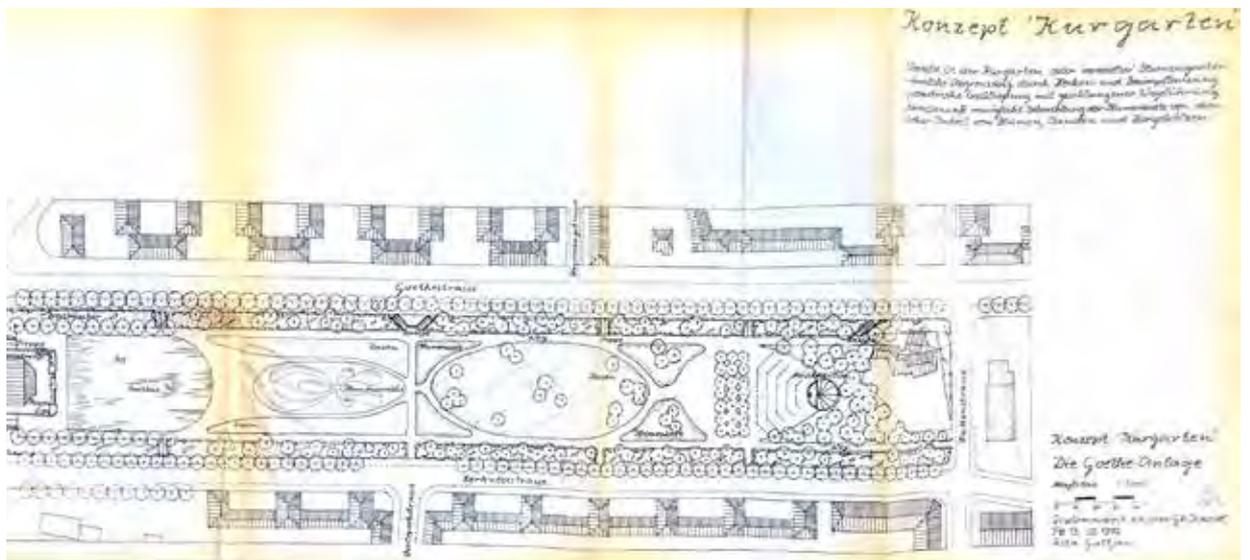


### SKIZZEN SKIZZEN

Die Arbeit aus dem Jahr 1977 von Hüllbusch stellt die Ergebnisse der Analyse der Goetheanlage in Form von skizzenhaften Handzeichnungen dar. Die planerische Diskussion der Lösungsansätze wird ebenfalls handzeichnerisch portraitiert.

A Handskizze aus Inge Meta Hüllbusch et al. (1977): Verfügbarkeit der Freiflächen im Kasseler Westen

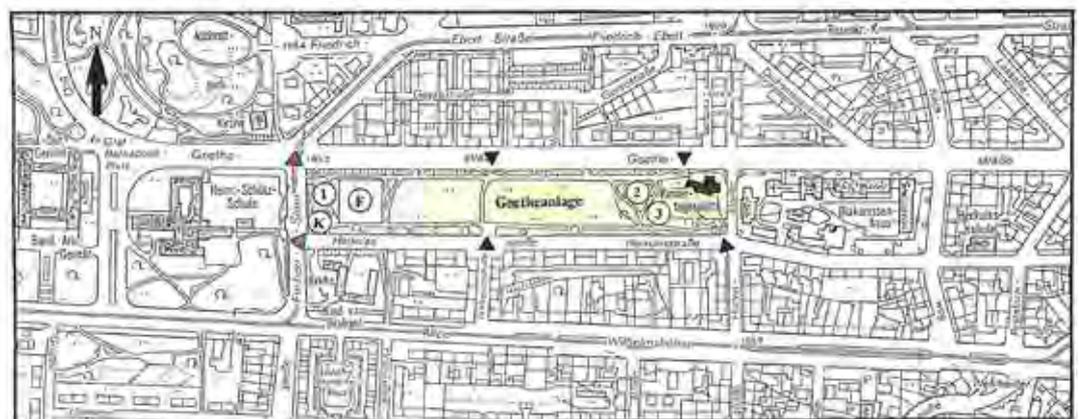
B



## DER „KURGARTEN“

Die Diplomarbeit stellt unter dem Konzept „Kurgarten“ den Entwurf mithilfe von Handzeichnungen dar. Besonders ist die Einbindung des maßstabsgetreuen Planes in die Arbeit. Zu diesem Zeitpunkt gab es keine andere Möglichkeit (wie heutzutage PDFs) Pläne im Originalmaßstab einzureichen.

C



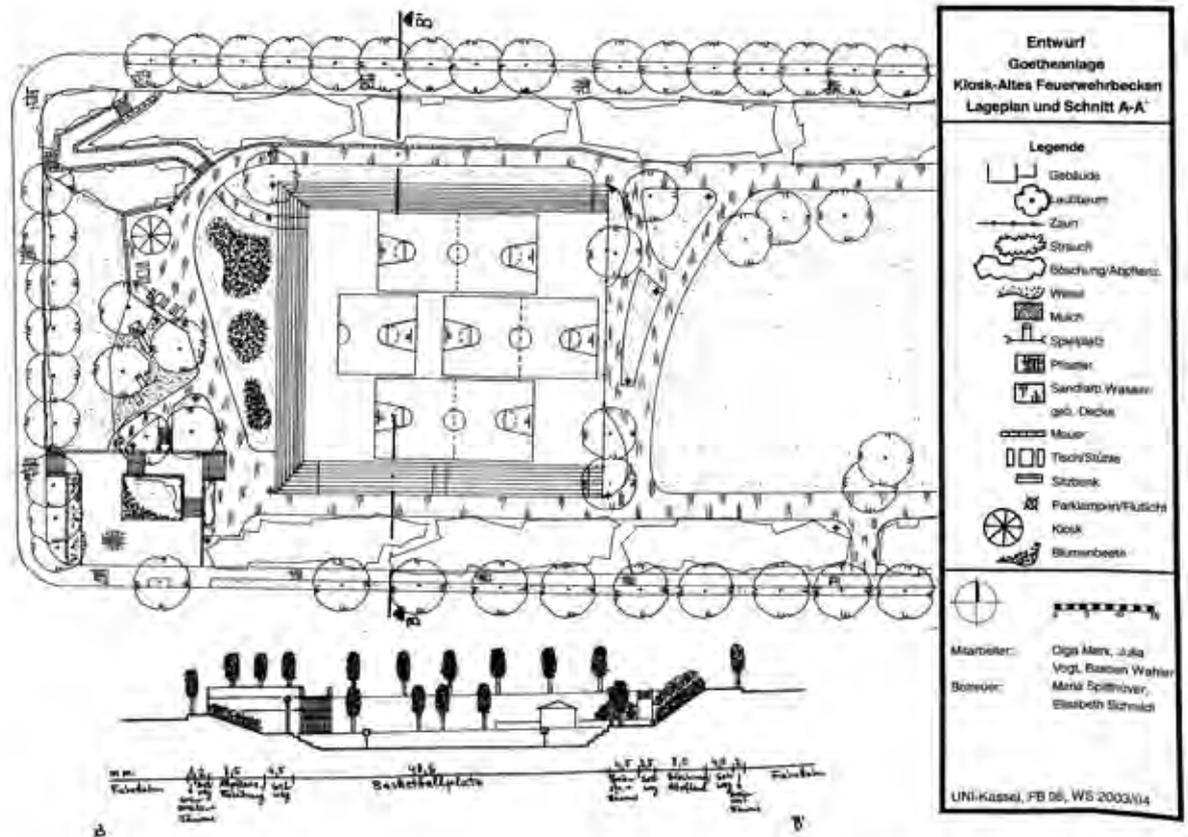
### Legende:

- ▲ behindertengerechter Zugangsbereich
- ▲ Zugangsbereich mit Treppenanlage
- ① - ③ Spielplatz
- ⓕ ehemaliges Feuerlöschbecken
- Ⓚ Kiosk, Pavillon Goetheanlage

## DIE ANFÄNGE VON CAD-SYSTEMEN

Dies ist eine der ersten Arbeiten im Rahmen der Recherche zu Stadtparks in Kassel, die an einem Computer und mithilfe eines CAD-Systems bearbeitet wurde. Es fällt auf, dass die einzelnen Pläne jedoch mit einem Buntstift farblich markiert wurden.

- B Ausschnitt des Plans „im Kurgarten“ aus Guttjan, Rita: Quartiersbezogene Untersuchung der Ansprüche und Nutzung älterer Menschen an den/ im Freiraum. Diplomarbeit von 1982
- C Plangrafik aus Fuhrmann, Johanna; Schulze Iris: Parkanlagen im Kasseler Westen. Studienarbeit 1997.



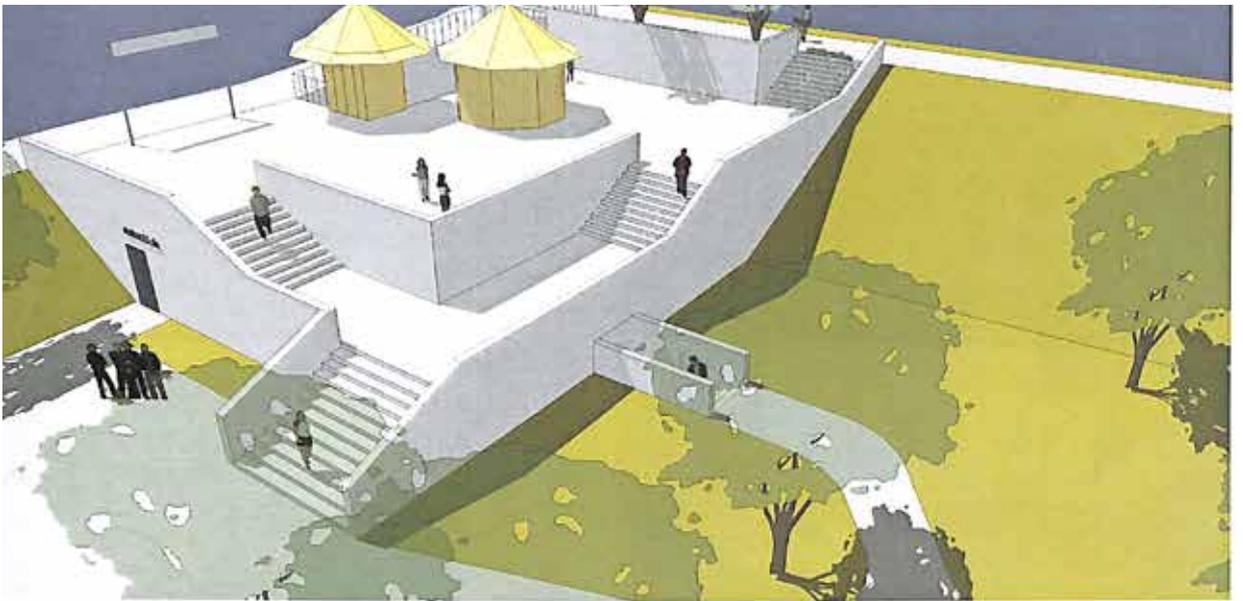
## NEULAND MEETS TRADITION

Auch die vorliegende Arbeit besteht zu einem hohen Anteil aus Plänen und Entwürfen, die mit Hilfe eines CAD Programm erstellt wurden. Ergänzend zu den CAD-Plänen wurden handzeichnerisch Ansichten und Schnitte von der Bestandssituation angefertigt.

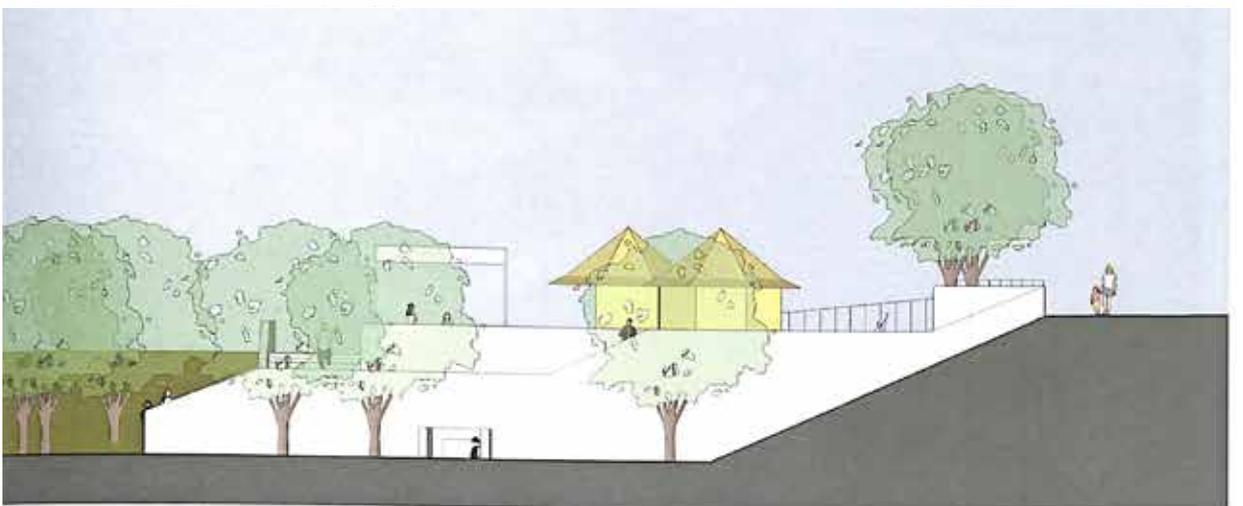
## DIE DRITTE DIMENSION

Die aktuellste Arbeit bietet einen vergleichsweise groben Übersichtsplan, der jedoch mit Farben arbeitet. Der technische Fortschritt wird anhand dieser Arbeit insbesondere durch die computerbasierten Zeichnungen der Schnitte sowie der 3D-Ansichten deutlich.

E



Perspektive: Stufen und Nebeneingang zur Station 15



Ansicht Nord



Ansicht Ost

E Perspektive und Schnitte aus Chao Tan et al.: Freiraumkonzepte in Kassel über die Jahrzehnte von 2011.

# Literatur

- AGOSTHINO, PIERRE; AULELHA, MARKUS; BECKER, VICTOR; GEHLERKING, SVENJA; GEITHNER, GUNDULA; HÜBNER, CHRISTIAN; JULY, THOMAS; LEITNER, SEBASTIAN; MARX, OLGA; REMINGHORST, ROBERT; RICHTER, SARAH; SCHÜLLER, FRANZISKA; STORDE, MARTIN; VOGT, JULIA; WAHLER, BASTIAN (2004): Öffentliche Freiräume in den Kasseler Stadtquartieren Vorderer Westen und Nordstadt. Universität Kassel, Kassel.
- FUHRMANN, JOHANNA; SCHULZE, IRIS (1998): Parkanlagen im Kasseler Westen. Studienarbeit. GhK, Kassel.
- GUTTJAN, RITA (1982): Quartiersbezogene Untersuchung der Ansprüche und Nutzungen älterer Menschen an den / im Freiraum. Diplomarbeit. GhK, Kassel.
- HÜLBUSCH, INGE META, LÄSKA-BAUER, ULRIKE (1977): Verfügbarkeit der Freiflächen im Kasseler Westen. Kassel (Arbeitsberichte des Fachbereichs Stadt- und Landschaftsplanung).
- TAN, CHAO; WANG, HONGRUI (2011): Freiraumkonzepte in Kassel über die Jahrzehnte. Sanierungsplan der Goetheanlage. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.

Kaining Jin  
Ann-Kathrin Rose  
Jessica Bastianel

## Urban Gardening

### DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN URBAN GARDENING UND STADTNATUR

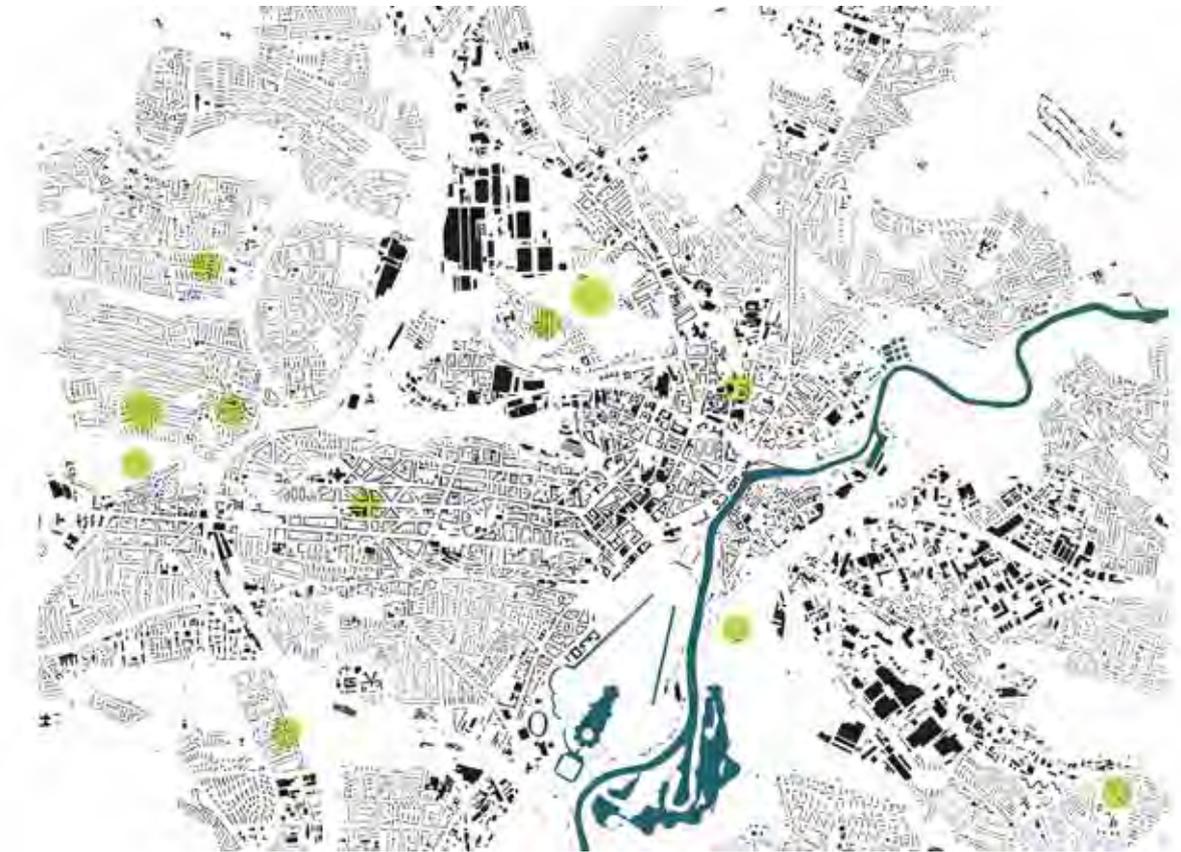
Besonders in den letzten Jahren gab es einen Aufschwung von Transformationsprozessen im Hinblick auf die Ernährungssysteme und Stadtentwicklung, welche dazu führten, dass Lebensmittelanbau in der Stadt und damit Urban Gardening, auf positive Resonanz gestoßen ist.

Das Thema Stadtnatur und Urban Gardening stehen nicht ganz offensichtlich in einem direkten Zusammenhang, doch bei genauerer Betrachtung gibt es thematische Verbindungen. Urbanes Gärtnern leistet zum einen Beitrag zu der Pflanzenvielfalt in den Städten und zum anderen haben diese Pflanzen einen ästhetischen und klimatischen Nutzen in der Stadt. Beim urbanen Gärtnern schließen sich unterschiedlichste Menschen zusammen, um gemeinsam Gärten zu bewirtschaften. „Es werden u.a. Themen wie Integration, Bildung, Unterstützung von Nachbarschaft, Umweltbildung und Weiterbildung berührt“ (Mauer & Spitthöver, 2013: 7f.). „Unweigerlich spielen ebenso weitreichendere Themen wie industrielle Landwirtschaft, Globalisierung, Ernährungssouveränität, Subsistenzwirtschaft, Stadtökologie, Ressourcenknappheit, Klimawandel, Bevölkerungswachstum [...] [eine Rolle]. Durch die gemeinschaftlich organisierten neuen Garteninitiativen erweitert sich der Blickwinkel; es bieten sich Möglichkeiten des Selbstgestaltens und des Selbermachens. Die Garteninitiativen generieren dabei sowohl neue Wohlstandsmodelle als auch neue Formen der Politik.“ (Genssle, 2014: 29)

**NUTZER:INNEN:** Migrant:innen, Vertreter:innen einer eher als alternativ zu bezeichnenden Szene, Vertreter:innen einer (Bildungs)-bürgerlichen Schicht, junge und ältere Menschen

**MOTIVATION:**

- Suche nach Ruhe, Erdung
- Begegnung mit der Natur und anderen Menschen im Kontext des Gartens (Gleichgesinnten)
- Gesunde Ernährung
- Gestaltung eines Naturraums mitten in der Stadt,
- Begegnung mit der Nachbarschaft
- Leistung praktischer Beiträge gegen die Abholzung von Urwald für die Nahrungsmittelversorgung der nördlichen Halbkugel



## STUDENTISCHE ARBEITEN ZU URBAN GARDENING AM FB 06

Die Universität Kassel ist eine der wichtigsten akademischen Forschungseinrichtungen in der Region Kassel und hat in den letzten 50 Jahren zwischen 1973 und 2023 zur Erforschung von Ökologie, Umwelt und Stadtentwicklung beigetragen.

Die studentische Arbeit zur Urban Gardening in Kassel, die sich im doku:lab finden lässt, ist das Projekt „Stadtnah... Einfach Ernten“ von 2006. Ab 2006 wurden weitere Projekte und Abschlussarbeiten zu diesem Thema erarbeitet, welche in der Abbildung A verortet sind.

- Projekt „Einfach Ernten 2006–Zur Umsetzung einer Idee in die Realität“ - Wiener Straße, Nordholland
- Projekt Gemeinschaftsgarten Huttenplatz 2012 - Huttenplatz
- Bachelorarbeit Entwurf zu Urban Gardening 2012
- Projekt Lebensmittelanbau in der Stadt am Beispiel von Kassel 2012/2013 - Erlenfeldsiedlung, Riedwiesensiedlung, Süsterfeldsiedlung
- Studienarbeit Ein Naschgarten für die Grundschule Kirchditmold 2014 - Kirchditmold
- Projekt Essbarer Campus – SoSe 2017 - Uni Campus
- Masterarbeit Urbane Gärten - Ein Zukunftsmodell mit Potential!? 2018
- Bachelorarbeit Essbare Riedwiesen 2019 – Riedwiesensiedlung

## VERTIEFTE PROJEKTE - PROJEKTAUSWAHL

Die Projekte mit Bezug zur Urban Gardening lassen in realisierte Projekte, d. h. Projekte mit konkreter Planung und Ausführung und theoretischen Arbeiten einteilen. Sie sind im Katalog für umgesetzte Projekte aufgeführt. Bei den theoretischen Arbeiten handelt es sich um Konzeptanalysen oder einer Bewertung des Potenzials eines bestimmten Gebiets für die Entwicklung urbaner Landwirtschaft. Die umgesetzten Projekte sind daher für eine Langzeitbeobachtung zugänglich, und es ist auch möglich, den heutigen Zustand mit den geplanten Entwicklung zu vergleichen.

Die realisierten urbanen Gärten aus dem Projekt „Stadt nah ... Einfach Ernten“ (2005/2006), „Naschgarten für die Grundschule Kirchditmold Teil I und II“ (2014) und „Essbarer Campus“ (2017) existieren weiterhin und wurden aus diesem Grund als vertiefende Projekte ausgewählt.

Das Projekt „Stadt nah... Einfach Ernten“ ist nach unserer Recherche das erste Projekt an der Uni zum Thema Urban Gardening und untersuchte zunächst das Potenzial der Wienerstraße in Nord-Holland als Selbsterntegarten. Das Projekt „Naschgarten für die Grundschule Kirchditmold Teil I und II“ wurde als Naschgarten in der Grundschule Kirchditmold mittels der Pflanzplanung gestaltet. Das Projekt „Essbarer Campus“ ist ein Nutzgarten auf dem Campus der Universität Kassel, der bis heute weiter genutzt und ausgebaut wird.

## 3 VERTIEFTE PROJEKTE - 3 KONZEPTE

### Einfach ernten 2006 - Zur Umsetzung einer Idee in die Realität

Das Projekt „Einfach Ernten 2006 – Zur Umsetzung einer Idee in die Realität“ ist eine Fortsetzung des Projektes „Urbane Landwirtschaft – Urbane Gartenkultur“ aus dem Wintersemester 2005/2006 mit dem Ziel einen Selbsterntegarten in Kassel umzusetzen, betreut wurden diese Projekte von Maria Spitthöver. Eine Projektfläche in der Wiener Straße wurde hierfür ausgewählt, denn diese ist gut mit den öffentlichen Verkehrsmitteln sowie mit dem PKW zu erreichen, liegt in der Nähe der Innenstadt und kann aus den verschiedenen Stadtteilen gut erreicht werden. Schließlich wurde diese Projektfläche von der Universität gepachtet. Ziel dieses Projektes war es, dass neben den gärtnerischen Beobachtungen unter anderem auch beobachtet werden sollte, welche Auswirkungen ein städtischer Selbsterntegarten im sozialen Bereich hat beziehungsweise welche Personen sich dadurch angesprochen fühlen. Somit wurde untersucht, welche Personen aus welchen Stadtteilen Interesse an solch einem Projekt zeigten und welche sich auch tatsächlich angemeldet haben. Zudem stellte man sich die Frage, auf welche Weise die Werbung die Teilnehmer erreicht und anspricht.

Zum Auftakt der Umsetzung des Selbsterntegartens übernahm ein Gemüsegärtner oder anderer Sachkundiger die Bestellung des Feldes und die Projektgruppe kümmerte sich um den Bereich der Werbung,



Organisation, die Beobachtung der Projektentwicklung und die Parzellenvergabe. Ein pensionierten Gartenbaumeister hat das Einsähen und Bepflanzen unterstützt, praktische Tipps gegeben und während der Arbeit auch die theoretischen Kenntnisse der Gruppe über Gemüseanbau, Pflanzenzucht und Pflanzensoziologie allgemein erweitert. Nach der Vergabe der Parzellen pflegen die Mieter:innen ihre Gemüseparzelle selbst, beziehungsweise es steht ihnen offen, in welchem Ausmaß und mit welcher Intensität sie ihre Fläche bearbeiten wollen. (vgl. Koch und Megerle 2006)

#### BETEILIGTE PERSONEN:

- Junge Paare
- Frauengruppen aus dem „Vorderen Westen“
- Einzelpersonen zwischen Dreißig und Fünfzig Jahren
- ökologisch und biologisch Interessierte

#### MOTIVATION:

- sich nach einer Bürotätigkeit im Freien aufhalten zu können
- ihre Kenntnisse in Bezug auf das Gärtnern und die Pflanzenkunde zu verbessern
- sich bewegen zu können
- keine konkreten Regeln zur Pflegeintensität der jeweiligen Gemüseparzelle existieren. (vgl. Koch und Megerle 2006)

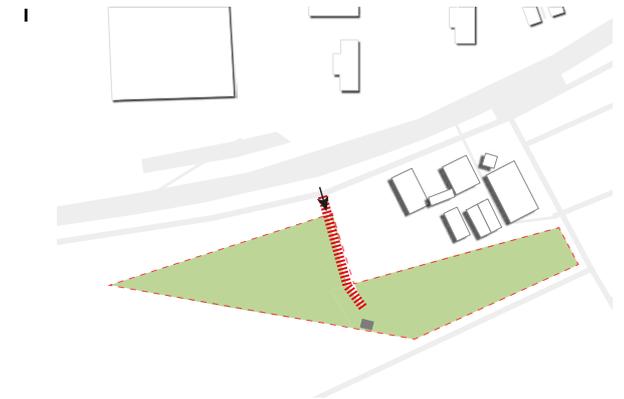
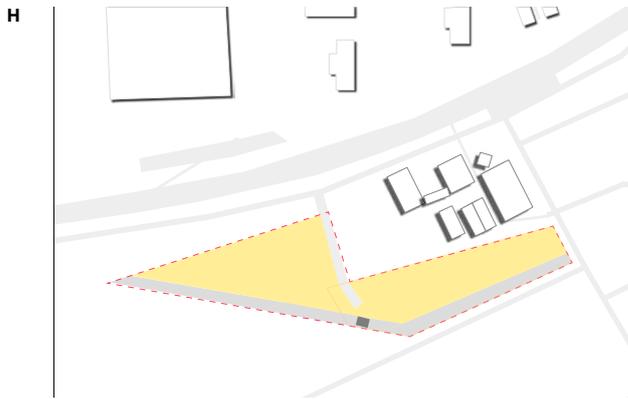
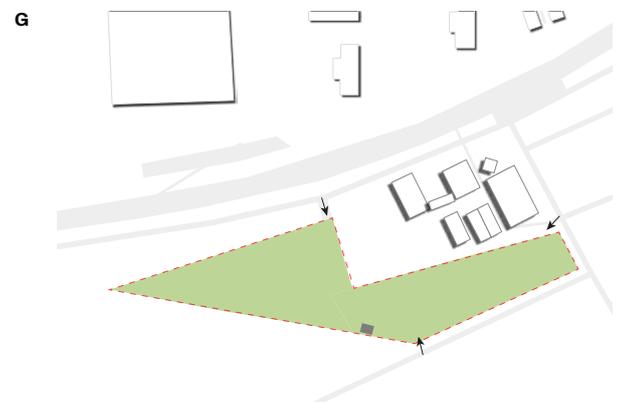
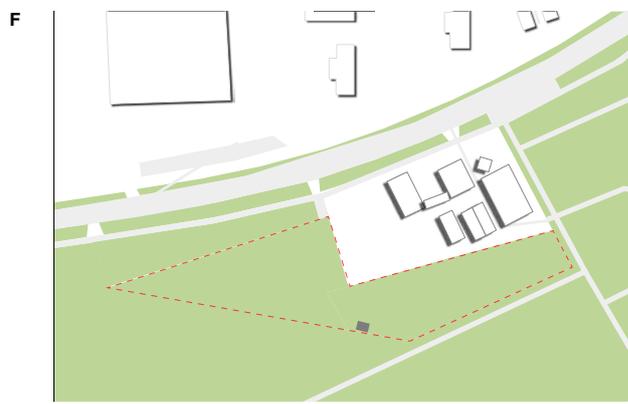
D



E



D Selbsternteacker im Winter /  
Rose, 2023  
E Eingangstor zum Selbsternte-  
acker / Rose, 2023



## Heutiger Stand 2023

- Die Universität Kassel ist seit 2008 nicht mehr involviert.
- Der Verein - „SELBSTERNTEACKER WIENER STR. KASSEL e.V.“ leitet den Acker.
- Der Verein arbeitet mit der Elisabeth-Knipping-Schule (Grundschule) zusammen, Kindern wird das Gärtnern gezeigt
- ca. 100 Mitglieder
- es wird ausschließlich Bio-Saatgut verwendet
- Vereinsbeiträge:
  - 20m zu 60 €
  - 40m zu 120 €
  - 60m zu 180 €
  - 80m zu 240 €
- Jede/r hat die gleiche Pflanzenauswahl, variiert nur nach Größe
- Jede/r hat wenn er möchte zusätzlich individuellen Platz auf seiner Parzelle
- Verein entscheidet über Pflanzenauswahl + Organisation der Pflanzen (Gärtnerei Fuldaue / SOLAWI)

F Grünnetzanalyse des Selbsternteackers / Rose, 2023

G Sichtbezüge des Selbsternteackers / Rose, 2023

H Lichtverhältnisse des Selbsternteackers Sonne-Schatten / Rose, 2023

I Zugänglichkeit des Selbsternteackers / Rose, 2023

## 2. Ein Naschgarten für die Grundschule

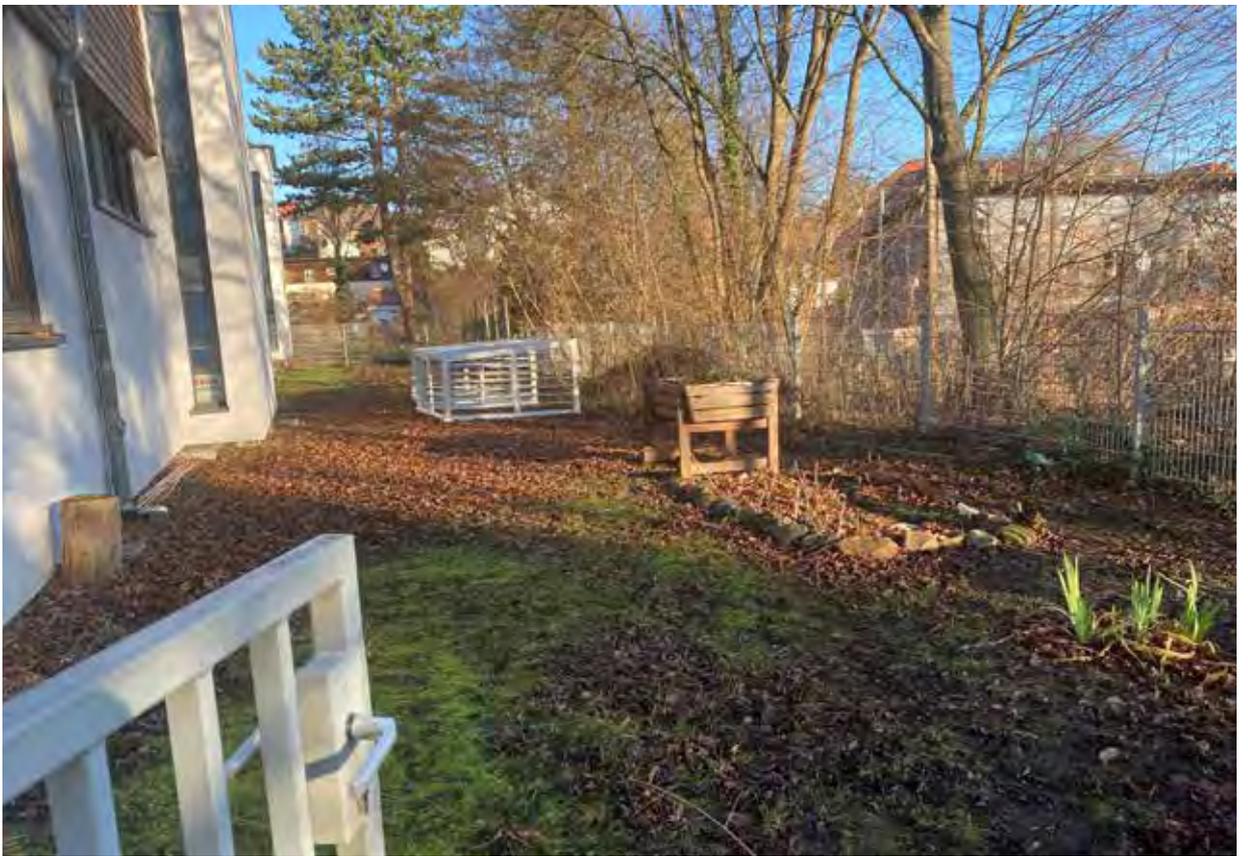
### Kirchditmold

Der Naschgarten ist als Studienarbeit von Maria Koch und Katrin Jahnkow entstanden, betreut wurden sie dabei von Heidrun Hubenthal. Das Naschgartenprojekt der Grundschule Kirchditmold entstand 2014, als sich die Klasse 3a der Grundschule Kirchditmold mit dem Buch „Joschis Garten“ von Ursula Wölfel beschäftigte, erzählt die damalige Lehrerin Frau Butte: Die Begeisterung der Kinder für den Garten und relevante Wissen im Buch darüber machten ihren Wunsch nach einem Garten auf dem Schulgelände ebenso deutlich.

In der Anfangsphase verlief das Projekt jedoch nicht reibungslos, da die Grünfläche auf dem Schulgelände vom Umwelt- und Gartenamt der Stadt Kassel verwaltet wurde und die Pflege und Bewirtschaftung des Naschgartens nach seiner Fertigstellung personelle und materielle Unterstützung durch das Umwelt- und Gartenamt erforderte, was für diese einen zusätzlichen finanziellen Aufwand bedeutete. Die gemeinsamen Bemühungen der Lehrer und Schüler der Schule sorgten dafür, dass die Pflege des Gartens weitgehend von der Schule übernommen wurde, was schließlich zum Start des Projekts führte. Das Projekt wurde auch durch einen Zuschuss von 580 Euro durch die Bildungsinitiative der Städtischen Werke AG unterstützt, der für den Kauf von Saatgut und entsprechender Ausrüstung verwendet wurde. (Koch & Jahnkow, 2014: 24)

Der Naschgarten der Grundschule Kirchditmold besteht aus lokalen Obstbäumen und kann auch als Naschhecke bezeichnet werden. Stauden und einjährige Pflanzen werden aus Gründen der aufwendigen Pflege nicht verwendet. Auch einige einheimische Beeren werden in kleinen Mengen im Hochbeet gepflanzt, um sie in den Garten zu bringen. Diese Hochbeete befinden sich in der Nähe der Hecken und stören daher nicht die täglichen Aktivitäten der Schüler im Naschgarten. Durch den Naschgarten werden somit nicht nur die Nutzungsmöglichkeiten für die Kinder erweitert, auch den Lehrern der Grundschule bietet dieser eine potenzielle Bereicherung zur Verfolgung etwaiger pädagogischer Ziele. (vgl. Koch & Jahnkow 2014)

J



K



J Naschgarten mit Hochbeeten /  
Jin, 2023

K Naschgarten im Winter /  
Jin, 2023



## Heutiger Stand 2023

### ZUGÄNGE:

- Es gibt nur einen Eingang
- Öffentlich, solange der Zugang zur Schule möglich ist

### SICHTBEZÜGE:

- Sichtbar nur aus verschiedenen Richtungen vom Inneren der Schule
- Relativ uneinsehbar

### SONNE/ SCHATTEN:

- Gleichmäßiger Einfall von Sonnenlicht und Schatten

### GRÜNNETZ:

- Ausgedehnte Vegetation innerhalb des Schulgeländes
- Bei der Vegetation handelt es sich hauptsächlich um Sträucher und Bäume

- L** Grünnetzanalyse des Naschgartens / Jin und Rose, 2023
- M** Lichtverhältnisse des Naschgartens- Sonne-Schatten / Jin und Rose, 2023
- N** Sichtbezüge des Naschgartens / Jin und Rose, 2023
- O** Zugänglichkeit des Naschgartens / Jin und Rose, 2023

### 3. Essbarer Campus „Leichtbauhallen“

Im Projekt „Essbarer Campus“ planten die Studierenden in Kooperation mit Interessierten einen Gemeinschaftsgarten und setzten dies auch um. Die Projektarbeit orientiert sich an den Leistungsphasen 1 bis 8 der HOAI und beginnt somit mit der Grundlagenermittlung und endet mit der Objektbetreuung. Für die Umsetzung der studentischen Planungen standen insgesamt 5.000€ aus Fachgebietsmitteln zur Verfügung. (vgl. Bourdon et al. 2017)

Der Essbare Campus musste wegen Platzmangel und bauvorbereitenden Maßnahmen 2021 für den Naturwissenschaftsneubau umziehen und steht seitdem vor dem Studierendenhaus. Er wird inzwischen mehrheitlich von Studierende, Bedienstete der Universität (Kantine) und Menschen aus dem angrenzenden Quartier (Nordstadt) genutzt. Jeden Mittwoch um 16 Uhr ist Campus Garten Treffen. (vgl. Jin und Rose 09.01.2023)

Betreuer: Univ.- Prof. Dr. Diedrich Bruns Dipl.- Ing. Heidrun Hubenthal

Bearbeitung: Nina Bourdon, Ina Gelhart, Jennifer Hahn, Theresa Halbe, Mariella Heinmüller, Markus Hermann, Anastasia Kovalska, Qian Song, Tianmu Yu,  
Sommersemester 2017



#### ZUGÄNGE:

- Es gibt mehrere Eingänge
- Keine Grenzen, also freier Zugang

#### SICHTBEZÜGE:

- Sichtbar aus verschiedenen Richtungen
- Relativ offen einsehbar

#### AUFENTHALTSORTE:

- Aufenthaltsbereiche sind meist in der Nähe der Hochbeete konzentriert

P Aufenthaltsorte, Hochbeetanordnung und Lichtverhältnisse / Jin, 2023

Q Sichtbezüge des Campus Gartens / Jin, 2023

R



S



R Campus Garten vor dem Studierendenhaus / Rose, 2023

S Campus Garten / Rose, 2023

## Fazit

Die drei verschiedenen Konzepte zeigen die verschiedenen Arten des urbanen Gärtnerns. Sie sind erdangebunden, wie der Selbsternteacker in der Wiener Straße oder flexibel, wie der Campus Garten mit den Hochbeeten verdeutlicht. Die verschiedenen Anbauarten, ob im Hochbeet oder direkt auf dem Acker zeigen keine Unterschiede zur Nutzungsintensität, denn beide Anbauarten werden von den Nutzern gut angenommen.

Generell sind bei dem urbanen Gärtnern verschiedene Bedingungen für den Standort wichtig, damit sie gut angenommen und vielfältig genutzt werden können. Der Standort ist eher punktuell und kleinflächig überschaubar. Die Flächen liegen direkt in der Stadt, sind gut erreichbar, in der Nähe zu Wohngebieten und gut zugänglich.

Anhand der drei vorgestellten Beispiele des Gärtnerns in der Stadt wird deutlich, dass das Thema weiterhin eine große Rolle spielt und gut angenommen wird.

Der Fachbereich ASL hat eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit diesem Thema, denn sie hat diese Projekte ins Leben gerufen und da sie heute immer noch bestehen und genutzt werden, kann als Erfolg bezeichnet werden. Die Uni setzt nicht nur Grundsteine für bestimmte Projekte, sondern fördert auch eine Gemeinschaft. Diese Gemeinschaften bilden sich bereits bei der Durchführung der Projekte und halten zum Teil bis heute an. Außerdem werden nicht nur Studenten zusammengebracht, sondern auch Außenstehende werden involviert. Des Weiteren bietet die Uni den Studenten und anderen Projektbeteiligten die Möglichkeit ihr Wissen zum Thema Ernährung und Lebensmittelanbau zu erweitern. Der Trend des urbanen Gärtnerns wird an der Uni erst ab 2006 ins Rollen gebracht und trägt bis heute zur Stadtnatur bei. Die Pflanzenvielfalt ist groß, abwechslungsreich und wertet das Gebiet ästhetisch auf.

# Literatur

- BOURDON, NINA; GELHART, INA; HAHN, JENNIFER; HALBE, THERESA; HEINMÜLLER, MARIELLA; HERMANN, MARKUS ET AL. (2017): Projekt Essbarer Campus. Projektarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- GENSSLE, ALEXANDER (2014): Urbane Gärten - Ein Zukunftsmodell mit Potential!? Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Stadt Kassel. Unter Mitarbeit von Diedrich Bruns und Heidrun Hubenthal
- JIN, KAINING; ROSE, ANN-KATHRIN(2023): Campus Garten. Interview mit Sebastian Ehlers.
- JIN, KAINING; ROSE, ANN-KATHRIN(2023): Selbsternteacker Wiener Straße - heutiger Stand. Interview mit Stephan Lötzer. Wiener Straße.
- KOCH, MARIA BERNHARDA; JAHNKOW, KATRIN M. (2014): Ein Naschgarten für die Grundschule Kirchditmold Teil II von II. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- KOCH, SANDRA; MEGERLE, KNUD (2006): Urbane Landwirtschaft - Einfach Ernten 2006. Von der Umsetzung einer Idee in die Realität. Projektarbeit. Universität Kassel, Kassel.

Jessica Bastianel  
Lara Bodenhausen  
Christina Rode  
Ann-Kathrin Rose

## Tierische Stadtbewohner:innen

Große Fensterflächen und Fassaden aus Glas sind bei Neubauten weiterhin sehr beliebt. Für Vögel sind die großen Glasscheiben allerdings schlecht zu erkennen und damit eine potentielle Gefahrenquelle (Rössler et al. 2022). Vogelschlag ist auch an den Glasscheiben des ASL-Neubaus ein Problem. In Städten gibt es viele Einschränkungen in der Bewegung der Tiere, da Fensterscheiben und Straßen ihre Lebensräume zerschneiden und zu verhängnisvollen Fallen werden können. Darüber hinaus gibt es weitere Probleme für Tiere in der Stadt: So herrscht eine starke Fragmentierung von Räumen und Ressourcen und hauptsächlich kleine, isolierte Populationen führen zu einem geringeren genetischen Austausch. Nahrung ist zwar gut zu finden, was beispielsweise Waschbären in den Mülltonnen der Stadt beweisen, allerdings können sie versehentlich Gegenstände wie Plastik oder Metall mitfressen und an den Folgen verenden (Richarz, 2015: 9). Der hohe Lärmpegel in der Stadt kann ebenfalls negative Folgen haben: der Gesang von Vögel wird zum Beispiel übertönt und wodurch die Suche nach einem Weibchen erschwert wird (Richarz, 2015: 9). Für einige Arten sind die Bedingungen in der Stadt auch von Vorteil: Sie können zum einen durch die wärmeren Temperaturen in der Stadt profitieren, die gegenüber dem Land ungefähr vier bis fünf Grad wärmer sind und so die Überwinterung vereinfachen (Stocker 2012: 17

- A Die Stadt als Puzzle mit vielen verschiedenen Habitaten / Bodenhausen, 2023
- B Lärm und Stress für Tiere verursacht durch den Menschen / Bodenhausen, 2023

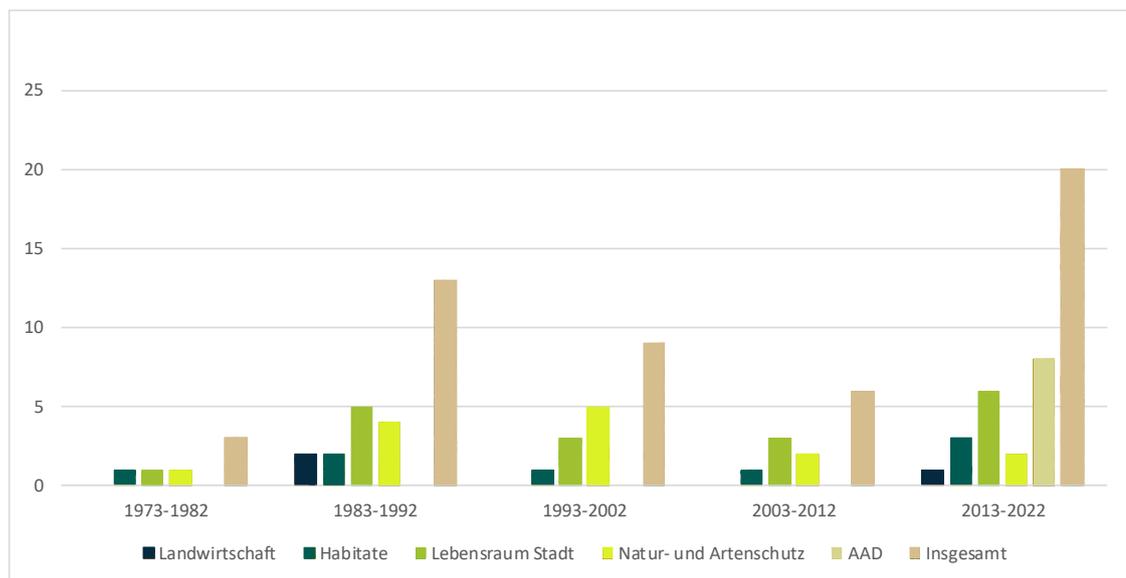
A



B



c



ff). Durch die mosaikähnliche Anordnung von vielen verschiedenen Lebensräumen in Städten ist die Vielfalt an Habitaten besonders groß (Hauck 2023). Die Stadt ist ebenso Lebensraum von wildlebenden Tieren, die einen wichtigen Beitrag leisten und Teil der Stadtnatur sind.

## RECHERCHEERGEBNISSE

Um herauszufinden, inwieweit das Thema Tiere in der Stadt in den letzten 50 Jahren von Studierenden in Kassel bearbeitet wurden, haben wir die studentischen Arbeiten des doku:labs gesichtet. Die Arbeiten, die sich mit Tieren in der Stadt im weitesten Sinne beschäftigt haben, haben wir zur Übersicht in fünf Kategorien eingeteilt: Natur- und Artenschutz, landwirtschaftliche Nutztierhaltung, stadtnahe Habitate, die Stadt als Lebensraum und Animal-Aided Design. Insgesamt sind die Arbeiten über den Lebensraum Stadt und den Natur- und Artenschutz am häufigsten.

Davon beschäftigen sich die meisten (etwa 20 Arbeiten) mit mehreren Wildtieren und nicht nur mit einer einzelnen Tierart. Für Arbeiten über einzelne Tierarten wurden am häufigsten Vögel untersucht (etwa zehn Arbeiten), danach Insekten und Amphibien (je etwa fünf bis sechs Arbeiten). Über Luchse, Füchse, Wölfe, Fledermäuse, Fische, Hunde, Igel, Reptilien und Nutztiere gab es jeweils eine oder zwei spezifische Arbeiten.

In diesem Diagramm ist abgebildet, wie viele Arbeiten aus den jeweiligen Kategorien innerhalb der letzten fünf Jahrzehnte im doku:lab aufgenommen wurden. Obwohl die Tiere, vor allem in Bezug auf ihr Leben in den Städten, in den Jahren von 1973 bis 1982 kaum Aufmerksamkeit fanden, stieg das Interesse danach merklich. Viele Arbeiten wurden zwischen den Jahren 2013 bis 2022 erarbeitet, was mit der Einführung der Methode Animal-Aided Design in diesem Zeitraum zusammenhängt. Aufgrund des Interesses an dieser Methode haben wir den Fokus unseres im Folgenden auf Animal-Aided Design gelegt.

# ANIMAL-AIDED DESIGN

Bei Animal-Aided Design (AAD) handelt es sich um eine landschaftsarchitektonische Planungs- und Entwurfsmethode, die einen artenspezifischen Ansatz hat. Im Zuge der Gestaltung sollen Tiere von Anfang an integrativ mit eingeplant werden und als Inspiration für den Entwurf dienen (Renzel, 2021: 20). Animal-Aided Design wurde 2015 entwickelt (Hauck & Weisser, 2015: 92) und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziert (Universität Kassel, o.J.). Ziel der Methode ist es, das Artenvorkommen zu fördern und durch Partizipation von Stadtbewohner:innen menschliche und tierische Ansprüche gleichermaßen zu vereinen (Hauck, 2023, mündl.).

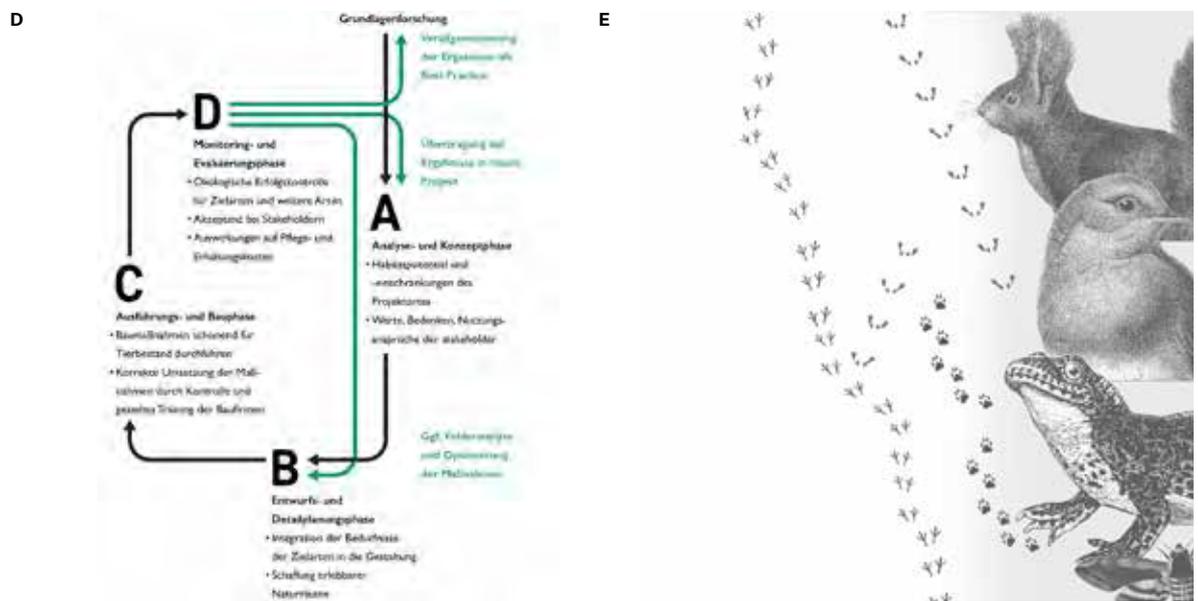
Der Fokus von AAD liegt auf wildlebenden Tieren in der Stadt. Es werden also weder Tiere an einen neuen Standort gebracht, noch werden sie durch Füttern oder ähnliches an diese Orte gebunden. Es werden stattdessen Infrastrukturen hergestellt, die dann selbstständig besiedelt und genutzt werden, ohne dass Tiere in einem Abhängigkeitsverhältnis zum Menschen leben. Neben Haus- und Nutztieren werden auch Tierarten ausgeklammert, deren Bedürfnisse sich gut mit den menschlichen decken. So werden zum Beispiel die in Kassel so verbreiteten Waschbären nicht unbedingt in AAD-Entwürfen berücksichtigt (Hauck, 2023, mündl.).

Da der Ursprung von AAD in Deutschland liegt, lassen sich bisher dort die meisten Projekte finden. Des Weiteren gibt es auch Projekte in der Schweiz, da die Schweiz sehr aktiv in der Förderung von urbaner Biodiversität ist. Außerhalb des deutschsprachigen Raums gibt es in Großbritannien und den USA große Büros, welche sich mit ähnlichen Ansätzen wie der Animal-Aided-Design-Methode befassen (Hauck 2023, mündl.).

## Unterschied zu anderen Planungsmethoden

Im Interview erklärte Thomas E. Hauck den Unterschied zum Naturschutz: statt auf dem Schutz des Bestehenden liegt bei AAD der Fokus auf der Gestaltung und dem Versuch, Tiere zu Stakeholdern der Entwicklung zu machen (Hauck, 2023, mündl.).

Im Gegensatz zu herkömmlichen Planungsmethoden wird bei AAD der vollständige Lebenszyklus bestimmter Tierarten analysiert. Durch eine genaue Betrachtung der Anforderungen einzelner Tiere, also beispielsweise bestimmte Pflanzen und verschiedene Futterquellen, wird sichergestellt, dass die Tiere in den urbanen Räumen, die im engen Kontakt mit Menschen stehen, tatsächlich vorkommen können, anstatt dies dem Zufall zu überlassen. Gegenüber anderen Planungsmethoden werden also beispielsweise nicht nur Nistplätze geschaffen, sondern auch die restlichen Bedürfnisse der Tiere mit eingeplant. Die Bedürfnisse der Tiere dienen dabei nicht als Einschränkung, sondern als Inspiration der Gestaltung (Hauck & Weisser, 2015: 4; Tegel Projekt GmbH, o.J.:1 ff).



## Planungsschritte

### A: ANALYSE- UND KONZEPTPHASE

In diesem ersten Schritt der Planung wird nach der Festlegung eines Entwurfgebietes, die Analyse des Standortes und der Umgebung durchgeführt, welche nach verschiedenen Aspekten, wie beispielsweise der Vegetation, dem Klima und der Nutzung erfolgt. Dadurch werden verschiedene Potentiale und Nachteile analysiert, die für die Tiere entstehen würden.

Durch die dadurch gewonnenen Erkenntnisse lassen sich anschließend eine oder mehrere Zielarten für die Durchführung von AAD festlegen. Dabei ist ebenfalls wichtig, die Interessen der in das Projekt involvierten Menschen mit einzubeziehen, um mögliche Konflikte vorzubeugen.

### B: ENTWURFS- UND DETAILPLANUNGSPHASE

Nachdem eine oder mehrere Zielarten festgelegt wurden, folgt der Entwurfsprozess, der eine gute Kenntnis über den gesamten Lebenszyklus der jeweiligen Tierart voraussetzt. Bei AAD ist es daher üblich, ein Artenportrait als Grundlage für die weitere Planung zu erstellen, um die einzelnen Bedürfnisse zur erfolgreichen Integration herauszufinden. Durch den Entwurf sollen aber nicht nur passende Lebensräume für alle Lebensphasen der Tiere geschaffen werden, sondern auch die Bedürfnisse der Menschen mit einbezogen werden.

### C: AUSFÜHRUNGS- UND BAUPHASE

In dieser Phase ist es besonders wichtig darauf zu achten, dass die Durchführung überwacht wird. So kann ein reibungsloser Verlauf der AAD-Methode garantiert werden und Fehler beziehungsweise Konflikte vermieden werden.

### D: MONITORING- UND EVALUIERUNGSPHASE

Nach der Fertigstellung eines Projektes ist es wichtig zu überprüfen, ob die integrierten Zielarten richtig gewählt wurden und ob die Bedürfnisse der Tiere ebenso wie der Menschen erfüllt werden. Durch eine kritische Reflexion sollen die Maßnahmen in

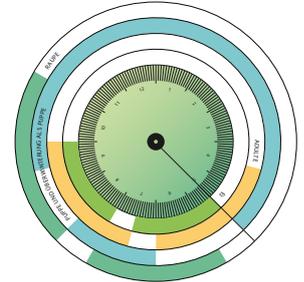
D Planungsschritte der AAD-Methode / Zeng, 2020

E Collage von Tieren nach Hauck & Weisser, von Bastaniel 2023



G KRITISCHE STANDORTFAKTOREN NACH LEBENSPHASEN

Brut und Aufzucht	Adult	Überwinterung
<p><b>Nestbau/Aufzucht</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandsdichte 2 - 5 Brutpaare/ha</li> <li>• dichte Krautschicht, seltener Strauchschicht (Höhe bis max. 50 cm) für Bodennester</li> <li>• Nestbaumaterial: Laub, dünne Krautstängel (häufig Brennnessel), Grashalme, feine Zweige, Wurzeln, Bastfasern, Haare, Grasrispen, feine Wurzelhäutchen</li> <li>• Krautschicht und deckende Strukturen, z.B. Wurzeln für Aufenthalt der Jungvögel</li> </ul> <p><b>Nahrung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahrungsquelle &lt; 150 m vom Nistplatz entfernt</li> <li>• Nestlinge: Insektenlarven (v.a. Raupen), Regenwürmer, Spinnen, Ameisen, später</li> <li>• auch stärker chitinisierte Beute, Käfer, Schnaken, Fliegen, Hautflügler, chmetterlinge</li> <li>• Anflugwarten ans Nest</li> </ul> <p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr störungsempfindlich bei Brut und Aufzucht</li> <li>• Hauskatzen</li> </ul>	<p><b>Nahrung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insekten und Larven, Regenwürmer, Spinnen.</li> <li>• im Sommer und Herbst zusätzlich Beeren und andere Früchte</li> <li>• artropodenreiche Laubstreuerschicht</li> <li>• Sitzwarten für die Jagd</li> </ul> <p><b>Körperpflege</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• flache und übersichtliche Badestellen</li> </ul> <p><b>Schlafplatz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dichte Strauch- und/oder Krautschicht</li> </ul>	<p><b>Überwinterung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Langstreckenzieher, Überwinterung südlich der afrikanischen Trockensavanne bis hin zum tropischen Regenwald. Wegzug ab August bis Anfang Oktober, Rückkehr ab April.</li> </ul> <p><b>Balz &amp; Paarung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reviergröße 0,3 - 0,4 ha, unter günstigen Bedingungen kleiner</li> <li>• Singwarten (in Deckung) für Balz und Reviermarkierung</li> </ul>



künftigen Projekten weiter verbessert werden

## AAD-Entwürfe

Im Folgenden sind Entwürfe studentischer Arbeiten exemplarisch dargestellt, die die typische Vorgehensweise des Planungsprozesses von AAD zeigen. Bei den Arbeiten handelt es sich um die Masterarbeit „Mehr als ein Campus - AAD in der Campusplanung“ von Antonia Hille und um die Bachelorarbeit von Zeng Zhen, „Animal-Aided Design - Lebensraum für wilde Tiere in der Stadt“, die beide im Jahr 2020 abgegeben wurden.

### SCHRITT 1:

Im ersten Schritt der Planung werden die Standorte analysiert, um vorhandene Habitate auffindig zu machen.

### SCHRITT 2:

Im zweiten Schritt werden die Lebenszyklen der einzelnen Tierarten eingehend betrachtet, um die Bedürfnisse zur erfolgreichen Integration herauszufinden.

### SCHRITT 3:

Im letzten Schritt der Planung werden die Bedürfnisse in den Entwurf integriert

## Entwurf Nord-Campus, Antonia Hille

Zielarten: Hirschkäfer, Nachtigall-Grashüpfer, Großer Abendsegler, Nachtigall und Weißklee-Gelbling

### AAD MASSNAHMEN - BEISPIELE:

- Großräumliche Gestaltungen, die mehreren Zielarten nützen sowie die allgemeine Biodiversität vor Ort unterstützen und

F Standortanalyse Campus / Hille, 2020

G Artensteckbrief der Nachtigall nach Hille, 2020



steigern.

- Wiesen-/ Rasenflächen dienen als Lebensraum für viele Insekten, Nahrungsquelle für Schmetterlinge und Bienen, Halme und Gräser dienen als Eiablage und Futter.
- Blühhöfe mit einer hohen Diversität der Vegetationsarten bieten durch die Strauch- und Gehölzstrukturen den Boden- und Strauchbrütern, wie zum Beispiel Spatzen, aber auch der Nachtigall, eine Nistmöglichkeit.
- In Schotterflächen befinden sich einzelne, kleinere Sandflächen, die von vielen Insektenarten zur Eiablage benötigt werden, zum Beispiel vom Nachtigall Grashüpfer.
- Campusbäume als Solitär und teilweise in kleineren Gruppen dienen als Nahrungsquelle, Orientierungshilfen und Schutz.

## Entwurf KhK, Zeng Zhen

Zielart: Europäischer Laubfrosch

Der Schwerpunkt des Entwurfs lag auf der Gestaltung der Laichgewässer und des Sommer-/Landlebensraums.

### AAD MASSNAHMEN - BEISPIELE:

- Laichgewässer = ein kleiner Teich Sommer-/ Landlebensraum = Brombeeresträucher um den Teich, Steinhafen
- Winterquartier = Siedlungsgebiet in frostfreien Verstecken, z. B. in Holzstapeln, Schutthafen oder Spalten baufälliger Gemäuer, Spalte zwischen dem Gebäude und dem Boden, sowie Laub- oder Reisighaufen in den Räumen unter dem Laubengang des Nordbaus
- Ein flacher Streifen aus Beton um das Laichgewässer herum



grenzt das Laubfroschhabitat von der befestigten Fläche ab, und bietet dem Laubfrosch die Möglichkeit, ins Winterquartier zu wandern.

## Fazit

Die Entwürfe zeigen, dass Tiere bereits im Entwurf einbezogen werden können und dennoch attraktive Freiräume für den Menschen entstehen können. Zwar konzentriert man sich auf wenige Zielarten, dennoch werden sich auch weitere Tierarten in einem Bereich ansiedeln, da die angelegten Strukturen auch die Bedürfnisse anderer Tiere abdecken. Sowohl Zhen, als auch Hille vermuten in ihren Abschlussarbeiten, dass AAD-Methode in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Die AAD-Methode und die Akzeptanz der Tiere in Städten sollen in der Planung und Gesellschaft so selbstverständlich werden, wie es auch bei anderen etablierten Planungsthemen der Fall ist. Biodiversität sollte ein fester Bestandteil in der Projektentwicklung werden (Hauck, 2023, mündl).

# Literatur

- HAUCK, THOMAS E.; WEISSER, WOLFGANG W. (2015): AAD. Animal-Aided Design. Online verfügbar unter <https://bln-berlin.de/wp-content/uploads/2016/04/Animal-Aided-Design-Broschuere.pdf>.
- HAUCK, THOMAS (2023): Interview zur Planungsmethode Animal-Aided Design im Zusammenhang mit Stadtnatur. via Zoom, mündlich.
- HILLE, ANTONIA (2020): Mehr als ein Campus. AAD in der Campusplanung. Masterarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- RENZEL, MICHELLE (2021): Animal-Aided Design. Ein Beitrag zur Erhöhung der Artenvielfalt entlang der Nieste im Landkreis Kassel. Masterarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- RICHARZ, KLAUS (2015): Vögel in der Stadt: In enger Nachbarschaft mit Mauerseglern, Spatzen, Falken und vielen anderen Vogelarten. Darmstadt: pala Verlag.
- SCHMITT, ELISA (2011): Was wäre, wenn es keine Vögel mehr gäbe? WELT. online. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article12469935/Was-waere-wenn-es-keine-Voegel-mehr-gaebe.html>.
- STOCKER, MICHAEL; MEYER, SEBASTIAN (2012): Wildtiere: Hausfreunde und Störenfriede. Berlin: Haupt.
- Tegel Projekt GmbH (o. J.): Bauen für Mensch und Tier. Animal-Aided Design im Schumacher Quartier. Online verfügbar unter [https://schumacherquartier.de/wp-content/uploads/2022/11/221123\\_Biodiversitaet\\_DE.pdf](https://schumacherquartier.de/wp-content/uploads/2022/11/221123_Biodiversitaet_DE.pdf).
- UNIVERSITÄT KASSEL (o.J.): Forschung. Animal-Aided Design (AAD). Online verfügbar unter <https://www.uni-kassel.de/fb06/institute/landschaftsarchitektur-und-planung/fachgebiete/freiraumplanung/personen/dr-ing-thomas-e-hauck/forschung>.
- ZENG, ZHEN (2020): Animal-Aided Design - Lebensraum für Tiere in der Stadt. Mit einem Entwurf für den Europäischen Laubfrosch in der Kunsthochschule. Bachelorarbeit. Universität Kassel, Kassel.

Leonie Böhmke  
Annelie Brockmann  
Sijia Hou  
Nina Fritsch

## Ungenutzte Flächen? Brachen früher - heute

Von den 501 Werken über Stadtnatur aus dem doku:lab, konnten 159 Dokumente mit dem Begriff „Vegetation“ in Verbindung gebracht werden. 19 studentische Arbeiten haben sich mit „Spontanvegetation in Kassel“ beschäftigt, von denen sieben dem Thema der Brachen in Kassel zugeordnet werden konnten, darunter „Neue Trends in der Pflanzenverwendung“ aus dem Jahr 2006, „15 Jahre alte Spontanvegetation im Innenhof des UNI Geländes Kassel“ aus dem Jahr 2007, „Freiraumplanerische Überarbeitung eines Freiraumes am Campus Holländischer Platz“ aus dem Jahr 2011 und „Löcher in der Stadt - Brachen in Kassel“ aus dem Jahr 1998. Letzteres ist das Schlüsselwerk für diesen Ausstellungsteil.

Das beiliegende Werk „Löcher in der Stadt“ (1998/99) umfasst eine Kartierung von insgesamt 33 Brachflächen in Kassel. Angefertigt wurde der Katalog von Studierenden der GhK, um interessierten Bürger:innen, möglichen Investor:innen sowie der Stadtverwaltung eine Übersicht zu geben. Damals definierten sie Brachen folgendermaßen:

„Die Areale besitzen in der Regel eine Mindestgröße von 5000 Quadratmetern oder haben einen besonderen Lagewert. Sie waren ehemals mit einer militärischen, gewerblichen oder einer Wohnfunktion belegt. Diese wurden im Gesamten aufgegeben oder heute nur partiell genutzt. Des weiteren [sic] handelt es sich um derzeit noch genutzte, bei denen abzusehen ist, dass sie in einem überschaubaren Zeitrahmen zur Disposition stehen werden“ (Bänfer et al. 1999).

Ergebnis war ein Raumpotential von ca. 110 ha. 2023 wurde ein Abgleich der Brachen von Früher zu Heute erstellt und diese aus einer anderen Perspektive betrachtet. Dabei wurde festgestellt, dass viele Brachen ehemals bebaut waren und es inzwischen wieder sind. Das entspricht jedoch nicht unserer Definition:

„Eine Brache wird im Kontext dieser Arbeit als nutzungsoffene Freifläche definiert. Ihr ist keine offizielle Nutzung zugeschrieben [...] und die Fläche wird sich individuell angeeignet. Sie wurde nicht als nutzungsoffene Freifläche vom Menschen geplant [...]. Bestehende Bebauung auf der Brache wird nicht ökonomische genutzt. Brachen bieten Lebensraum für Tiere und Pflanzen und haben den Charakter einer „sich selbst überlassenen Freifläche.“

Um Nutzungsänderungen, der in der Projektarbeit von 1998/99 kartierten Brachflächen nachvollziehen zu können, wurden diese 2023 erneut



betrachtet und analysiert. Manche der früheren Gebäudebrachen sind heute von Vegetation geprägt und werden nicht gewerblich genutzt. Durch den Fokus auf Stadtnatur, hat sich auch die Definition von „Brachen“ verändert und nur die Flächen verstärkt betrachtet, die dieser Definitionen entsprechen. Durch Aneignung der Flächen von Menschen und Tieren entstehen lesbare Nutzungsspuren, die sich in der Verbreitung oder Verdrängung von Pflanzenarten und -gesellschaften zeigen. Nutzungsoffene Freiräume können als Frisch-/ Kaltluftschneise dienen, zur Entsiegelung beitragen, als Lebensraum für Flora und Fauna dienen oder auch für die menschliche Gesundheit und Lebensqualität von Bedeutung sein.

Die kartierten Freiräume von 1998/99 wurden nach ihrem für die Stadtnatur relevanten Freiflächenanteil differenziert. Auf vier Flächen sind heute noch leerstehende Gebäude zu finden. Die Fläche des ehemaligen „Massa Möbelmarkt“ ist inzwischen frei von Bebauung und weist spontane Vegetation auf. Auf den folgenden Fotos ist die aktuelle Situation der Brachflächen zu erkennen. Sie ist eine nutzungs-offene Freifläche, welche frei von Bebauung ist und spontane Vegetation aufweist.

## Massa Möbelmarkt

Innerhalb des Werkes „Löcher in der Stadt – Brachen in Kassel“ von 1998/1999, wurde die Brache als 10500 m<sup>2</sup> große Möbelmarkt-Fläche mit Leerstand aufgenommen. Das Grundstück war ca. zu 90 % versiegelt. Laut Recherche wurde der Möbelmarkt 2018 vollständig abgerissen, das Grundstück neu zu bebauen. Die Fläche ist nicht zugänglich, da diese durch einen Bauzaun gesichert ist. Heute findet man eine unbebaute, nutzungs-freie Fläche mit einer Einfriedung vor. Der Recherche zu folge soll dort zukünftig ein Bauprojekt mit Mehrfachnutzung entstehen.

c



c



**B** Die Brache des Massa-Möbelmarktes im Mai / Fritsch, 2023

**C** Gelände des Massa-Möbelmarktes/ Böhnke, 2023

D



Bis heute ist auf dieser ehemaligen Gebäudebrache eine neue Stadtnatur entstanden. Vegetation hat sich spontan angesiedelt. Die Fläche ist geprägt von niedrigen bis mittelhohen Stauden und Gräsern. Auch sind vereinzelt junge Gehölze vorzufinden. Die Stadtnatur hat sich ohne weitere Hilfe des Menschen entwickelt und könnte dies in Zukunft noch weite tun. Da sich diese Brache inmitten von Wohngebäuden befindet wäre dies ein schöner Ort für menschliche Nutzung in Form von Erholungsmöglichkeiten. Ein Ort an dem die Stadtnatur gefördert werden könnte. Durch die Umnutzung des zuvor genannten Projekts als multifunktionale Fläche für Wohnungen und Discounter, wird hier in voraussichtlich 5 Jahren keine Brache mehr vorhanden sein.

## Salzmannfabrik

Früher waren auf dem ehemaligen Gelände der Salzmann Fabrik viele hunderte Menschen angestellt und beschäftigt. Nach der Aufgabe des Betriebs im Jahr 1971 wurde das Gelände an eine Immobilienfirma verkauft. Das Gelände verfiel mit der Zeit, da sich dort keine weitere Nutzung einstellte. Bis heute entwickelt sich dort die Flora und Fauna.

## Renania

Das ehemalige 13500 m<sup>2</sup> große Getreide- und Haferkakao-Lager und Fabrikgelände wurde 1998/99 für gewerbliche Freizeitnutzungen sowie als Raiffeisen-Lager genutzt. Davon sind heute lediglich Überreste zu erkennen und es wird durch eine Toranlage als Privatgelände gekennzeichnet. Vor allem die vegetativen Freiflächen entlang der Losse sollten weiterhin als Grünzug bestehen bleiben, um den Biotopverbund zu gewährleisten.

E



F



E Foto der Renanina-Brache, 2023/ Fritsch

F Foto des ehemaligen Unterneustädter Bahnhofs, 2023 / Fritsch



## Unterneustadtbahnhof

Der Bahnhof war früher stark von Gewerbe geprägt. Neben den Bahnanlagen der Deutschen Bahn AG, wurde das Gelände zum Teil als Parkplatz von Wegmann und zum Teil für gewerbliche Zwecke genutzt. Heute findet man eine unbebaute, nutzungsfreie Fläche mit einer Einfriedung vor. Eine Umnutzung als nicht-gewerbliche Fläche erscheint aufgrund von Altlasten, nicht schwierig.

## Gleisdreieck

Das Gelände des Gleisdreiecks ist bis heute im Besitz der Deutschen Bahn AG. Früher war das Gleisdreieck in regem Betrieb. Sowohl Personenzüge als auch Güterzüge passierten diesen Ort täglich. Durch den Krieg wurden jedoch viele dort befindlichen Gebäude zerstört und nicht wiederaufgebaut. Heute erobert sich die Natur sich dieses Ort Stück für Stück zurück.

## Fazit

Durch die erneute Analyse der Flächen, wird deutlich, dass die meisten „alten“ Brachen, heute anders genutzt werden, ungenutzt sind sie auch als Brache nicht. Elemente wie Gebäude, Vegetation, befestigte Flächen und Einfriedungen finden sich auf Brachen. Ebenso auffällig ist, dass einige der Brachen von früher, welche hauptsächlich Gebäudebrachen waren, heute von viel Vegetation geprägt sind. Darüber hinaus können die nutzungsoffenen Freiflächen beispielsweise als Frisch-/Kaltluftschneise dienen, als Lebensraum für Pflanzen und Tiere dienen. Wie werden die Brachen wohl in weiteren 25 Jahren aussehen?

# Literatur

- BÄNFER, DIRK; CLASEN, MARTIN; FELL, ALEXANDER; FISCHER, ANDREAS; HECKROTH, CARSTEN (1999): Brachen in Kassel - eine Bestandsaufnahme. Löcher in der Stadt - Städtische Brachen. Projektarbeit. GhK, Kassel.

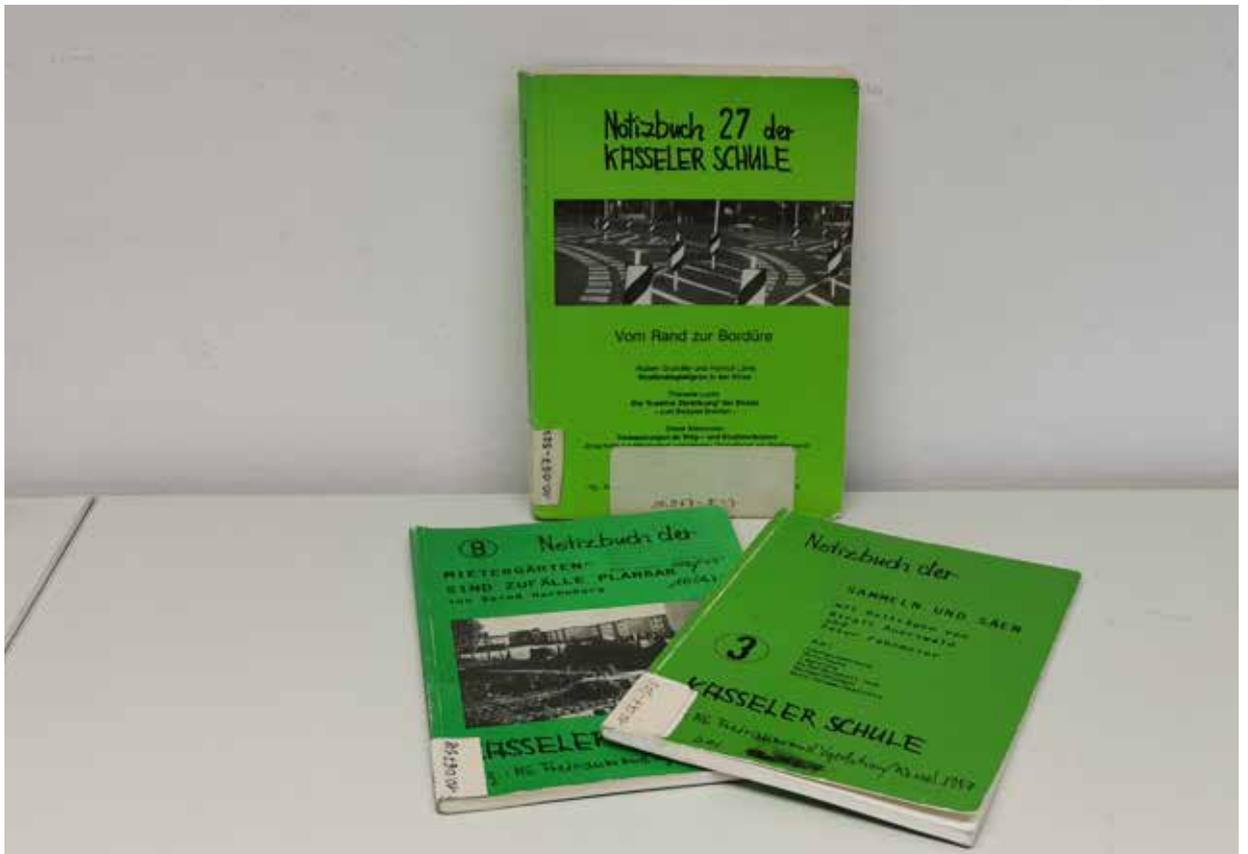
## Kasseler Schule

Dieser Beitrag befasst sich mit der Kasseler Schule, und dessen Sicht und Umgang mit Spontanvegetation. Dazu wurden hauptsächlich Werke aus dem doku:lab analysiert. Einleitend wird erklärt, was die Kasseler Schule ist und wie sie entstand. Daraufhin werden die grundlegenden Prinzipien der Kasseler Schule dargestellt. Abschließend wird der Umgang der Kasseler Schule mit Spontanvegetation erläutert.

### WAS IST DIE KASSELER SCHULE?

Bei der Kasseler Schule handelt es sich um einen eingetragenen Verein, welcher sich mit dem Einsatz von Vegetation beschäftigt, und offiziell „Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation“ heißt. Den Begriff der „Kasseler Schule“ hat Eike Schmidt geprägt, da er in einem Artikel der Garten und Landschaft diesen Begriff verwendete, um die Arbeitsgemeinschaft zu benennen. Allerdings bezog er sich dabei nicht auf eine formale Institution, sondern auf einzelne Autor:innen, deren Arbeits- und Wohnorte im Raum Kassel lagen. Dies war kein Zufall, sondern lag vielmehr daran, dass dieser Verein von Studierenden, Lehrenden und Ehemaligen der Gesamthochschule Kassel (heute Universität Kassel) im Jahre 1986 gegründet wurde. Die AG Freiraum und Vegetation nimmt dazu folgende Stellung: „„Autoren, die den Begriff ‚Kasseler Schule‘ zur Kennzeichnung der Lehr-, Lern-, Forschungs- und Planungstradition aus der Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation nach der Benennung von E. Schmidt gebrauchen, [verweisen] auf ältere und neuere Arbeiten aus dem Arbeitszusammenhang der AG Freiraum und Vegetation [...]“ (AG Freiraum und Vegetation, website). Den Schwerpunkt der Publikationen bilden Berichte von Symposien und Seminaren, unter denen auch die bekannten „Notizbücher der Kasseler Schule“ fallen, welche die Bezeichnung von Eike Schmidt aufgenommen haben (ebd.). In den nachfolgenden Jahren hat die Kasseler Schule auf die Pflanzenverwendung in Deutschland maßgeblichen Einfluss genommen, was sich unter anderem daran gezeigt hatte, dass namhafte Landschaftsarchitekturbüros Kiesstreifen und Beetpflanzungen geplant haben, die verwildern durften (Körner, 2006).

A



## PRÄGENDE PRINZIPIEN DER KASSELER SCHULE

Die Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation hat sich mit Vegetation und der Nutzbarkeit von Freiräumen beschäftigt. Sie orientiert sich an bewährten Vorbildern, wie beispielsweise gealterte Freiräumen mit spontanen Vegetationsbeständen, die durch Nutzung statt Pflege geprägt sind. Ein Vorbild sind Brachflächen, da sich die Vegetation eigenständig entwickeln kann. Durch die Gestaltung wird der Nutzer:in zu einem „bewundernden Statisten“. (Bubenheim & Siebert, 2011) Der Freiraum wird dort nicht einfach nur als eine Art Natur gesehen, sondern stellt immer auch einen sozialen Raum dar in denen menschliche Interaktionen stattfinden. So ist der Freiraum das soziale Pendant zum häuslichen Wohnen und wird daher auch als „Außenhaus“ bezeichnet. Damit dieses Außenhaus als sozialer Raum stattfinden kann müssen einige Anforderungen gegeben sein. Es braucht auf der gesamten Fläche einen begehbaren „Fußboden“, welcher aber auch als Pflanzsubstrat funktionieren kann, wie beispielsweise eine wassergebundene Wegedecke. Die Wände des Außenhauses werden durch Hecken gebildet und aufgeastete Bäume formen ein Dach. Dadurch kann sich der Bereich, der nicht begangen wird, angepasste Pflanzen ansiedeln. Der Fokus liegt hier nicht auf gartenkünstlerischen und ästhetischen Pflanzen, sondern auf Alltagspflanzen, welche sich selbst überlassen werden und mit dem vorhandenen Standort zurechtkommen. Da es sich dabei meist auch um heimische Pflanzen handelt, kann die heimische Fauna davon profitieren, da sie an diese Pflanzen angepasst ist. Die Kasseler Schule spricht auch von ihrem „Kampf gegen die Trivialisierung der Vegetationsausstattung“, da

in Freiräumen ansonsten oft die gleichen Arten verwendet werden, wie beispielsweise Cotoneaster und Efeu, vor allem da viele der eingesetzten und geplanten Arten nicht standortgerecht oder biodiversitätsfördernd sind. Um ihre Prinzipien in die Tat umzusetzen hat die Arbeitsgemeinschaft auf dem Campus der Universität Kassel mehrere Experimentierflächen umgesetzt in denen sich Spontanvegetation entwickeln konnte. Diese wurde aber zur ästhetischen Aufwertung mit verwilderungsfähigen Gartenpflanzen angereichert. (Körner, 2006) Zusätzlich steht die Kasseler Schule auch dem Naturschutz kritisch gegenüber, da geschützte Flächen von der Nutzung ausgeschlossen sind, obwohl ebendiese Flächen oft gerade durch vormalige Nutzung, und die damit einhergehende Störung und Ansiedlung von seltenen Arten, schützenswert wurden. (Bubenheim & Siebert, 2011)

## DIE WICHTIGSTEN PRINZIPIEN IN KURZFORM AUS BÜRGER & GEITHNER 2006:

- Vorhandene Freiräume sollen für Nutzer:innen frei begehbar und gut zugänglich sein.
- Ein hoher Vegetationsaufwuchs soll vermieden werden, um die Nutzung nicht zu beeinträchtigen.
- Naturschützerische sowie gestalterische Eingriffe werden abgelehnt.
- Die Nutzung von Freiflächen soll je nach Verwendung und Bedarf mit der Zeit angeeignet werden und sollte nicht vorher gezielt detailliert festgelegt und geplant werden.
- Die Freiflächennutzung soll sich entsprechend der verschiedenen sozialen Schichten und Altersgruppen einstellen können.
- Die Vegetation soll sich durch Nutzung stabilisieren und ist daher Bestandteil dynamischer Nutzungen.
- An der Vegetation kann man Spuren erkennen. Aufgrund des Spurenlesens kann man soziale Sachverhalte erkennen und die Nutzungsmöglichkeiten der Räume qualitativ verbessern.

## UMGANG MIT SPONTANVEGETATION

„Sinnvoller Naturschutz in der Stadt besteht darin, dass man „Unkraut“, d.h. das wilde Grün, überall dort wachsen lässt, wo es im Alltag niemanden wirklich stört. Wo es stört, stört es aber meist nicht wirklich, sondern nur einen übertriebenen ökologisch schädlichen Ordnungs- und Sauberkeitsfimmel. Wo praktische Verrichtungen und Arbeitsläufe wirklich gestört werden, kann man das wilde Grün ruhig beseitigen“ (Hard, 1990: 109f).

In Bezug auf Spontanvegetation werden besonders „dysfunktionale Freiräume“ geschätzt, welche keinem administrativen oder ökonomischen Interesse mehr unterliegen, wie beispielsweise Brachen. Vegetation, insbesondere die spontan auftretende, spiegelt die Nutzungsge-

schichte eines Raums wider. Daher werden die individuellen Aneignungsspuren in der Vegetation abgelesen und verstanden, um die Freiräume qualitativ zu verbessern. (Körner, 2006)

## NUTZEN UND WERTE DER SPONTANVEGETATION IN KURZFORM AUS BÜRGER & GEITHNER 2006:

- Es entstehen Wildkrautinseln im innen- und randstädtischen Bereich, die Lebensorte für Flora und Fauna bilden, die möglicherweise schon in der Agrarlandschaft und Umgebung ausgerottet wurden.
- Sie mildern die extremen städtischen Mikroklimas und schützen den Boden.
- Sie bestehen zum größten Teil aus ehemaligen Kultur- und Heilpflanzen.
- Durch das spontane Grün werden Erfahrungen über die Flächennutzung und die Lebens- und Umweltbedingungen eines Wohnquartiers sowie über die Alltagspraxis der Städter:innen gesammelt. Die kompetenten Freiraumplaner:innen analysieren die spontane Vegetation des Freiraums, bevor sie „gestalten“ und „begrünen“.
- Die spontane Vegetation kann vor eventuellen Umwelt- und Bodenschäden warnen, die noch nicht bemerkt wurden. Sie kann als ein „sensibles Frühwarnsystem“ funktionieren.
- Die Wildkrautvegetation ist eine „Herumlaufvegetation“. Sie bietet vor allem den Kindern einen Bewegungs- und Freiraum. Anhand der Vegetation können sie erkennen, ob diese Fläche betreten werden darf oder nicht.

# Literatur

- ARBEITSGEMEINSCHAFT FREIRAUM UND VEGETATION (O.J.): Über uns. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft Freiraum und Vegetation. Online verfügbar unter <http://freiraumundvegetation.de/ueber-mich/>.
- BEYER, JANINE; BONS, TOBIAS; BÜRGER, LISA; DIEHL, CATHARINA; FISCHER, CHRISTINE; GEITHNER, GUNDULA ET AL. (2007): Neue Trends in der Pflanzenverwendung. Projektarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- BUBENHEIM, MANUEL; SIEBERT, ALEXANDER (2011): Freiraumplanerische Überarbeitung eines Freiraumes am Campus Holländischer Platz. Diplomarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- HAUSMANN, PATRYCJA (2007): 15 Jahre alte Spontanvegetation im Innenhof des Uni Geländes Kassel. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- KÖRNER, STEFAN (2006): Urbane Pflanzenverwendung. Tradition und Perspektiven. In: Stadt und Grün 2006 (6), S. 52–57.

Pia von Buttlar, Nina Fritsch  
Theresa Halbe, Anna Hinske  
Kim Peters

## Grüne Wände - Grüne Dächer

GEBÄUDEBEGRÜNUNG ist ein aktuelles aber keinesfalls ein neues Thema. Dies zeigt, die Recherche des Themas im doku:lab. Bereits in studentischen Arbeiten aus den 1980er Jahren wurden die positiven Funktionen von Fassadenbegrünungen oder Vorteile der zusätzlichen Flächen einer Dachbegrünung untersucht. In den darauffolgenden Jahrzehnten wurde eine Vielzahl an Arbeiten von Studierenden aus dem Fachbereich ASL verfasst, welche sich mit unterschiedlichen Systemen, der geeigneten Vegetation oder auch den klimatischen Effekten befassten. Einige Informationen aus diesen Arbeiten werden im Folgenden dargestellt.

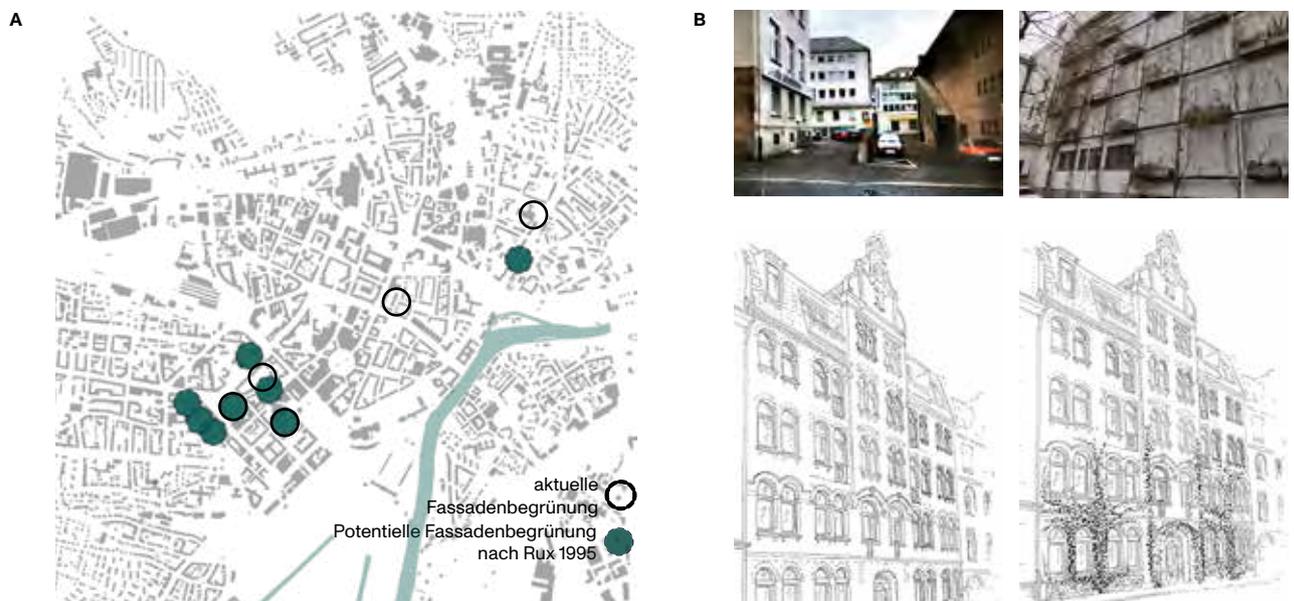
### VERTIKALE BEGRÜNUNG

#### Einleitung und Geschichtliches

Fassadenbegrünung, auch bekannt vertikale Begrünung, bezieht sich auf die Praxis, Pflanzen an der Außenseite von Gebäuden anzubringen und wachsen zu lassen. Es ist eine beliebte Methode, um städtische Umgebungen zu verschönern und umweltfreundlicher zu gestalten (Geyer, 2019: 1). Die Verwendung von Kletterpflanzen ist jedoch keine neue Erfindung. Bereits in der Antike fanden berankte Spaliergerüste als Schutz vor der Sonneneinstrahlung ihre Verwendung. Als wichtige Gestaltungselemente galten vor allem in der Renaissance bewachsene Laubengänge, Pergolen und Spaliere. Über die Jahre wurden immer wieder negative Stellungnahmen zum Thema Fassadenbegrünung. Ab 1945 festigte sich der Hygiene- und Ordnungsgedanke, dass das Grün an den Hausfassaden Ungeziefer begünstigen würde. Diese Vorurteile wurden in den 1980er Jahren relativiert, als die zunehmende Entfernung von Stadt und Natur kritisiert wurde. Im Zuge der Verbesserung des Lebensumfelds in städtischen Gebieten wurden zunehmend Kletterpflanzen eingesetzt. (Schaper, 2001: 4f).

#### ZITATE VON STUDIERENDEN ZUM THEMA FASSADENBEGRÜNUNG

- „Ziel ist eine Möglichkeit zu entwickeln, Stadtgrün ohne Flächenverbrauch zu schaffen“ (Geyer, 2018: 2).
- „Man geht davon aus, dass schon eine Begrünung von 5 % der



Gebäudeflächen in Großstädten das Stadtklima nachhaltig begünstigen würde.“ (Dux 1995, S. 37)

- „Wie in vielen anderen Städten auch wird in Kassel dieses Potenzial kaum ausgeschöpft“ (Rest, 2021:27).
- „Immer mehr Architekten sehen die Vorteile einer Fassadenbegrünung“ (Isenberg, 2015:13).
- „Ein dichtes Pflanzenkleid mildert [...] das Klima im Nahbereich und schafft günstigere Lebensbedingungen“ (Kolbe & Schulz, 1983: 48)

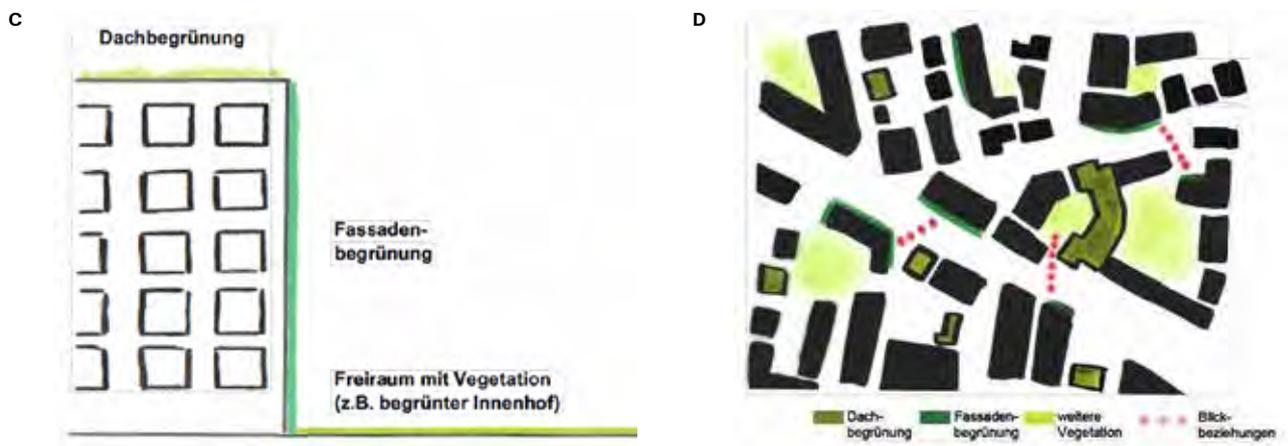
Die Innenstadt von Kassel weist klimatische Defizite aufgrund des hohen Versiegelungsgrad auf. Rita Dux, eine Studentin der Universität Kassel, untersuchte das Freiflächen- und Gründefizit der Stadt Kassel im Jahr 1995. Bei ihrer Exkursion suchte sie potentielle Flächen für eine Begrünung. Grundlage des Untersuchungsgebiets waren die Klimakarte sowie die Bodenversiegelungskarte von Kassel. Diese zusätzlichen Grünflächen können kleine Sanierungsmaßnahmen in Richtung Klima sein und das Wohnumfeld verbessern (Dux, 1995: 25).

Vor allem könnten begrünte Fassaden in der Stadt Verknüpfungen zwischen Freiräumen und Grünflächen schaffen. Christina Geyer (2019) spricht von der Möglichkeit, so eine flächige, horizontale und ebenerdige Ausbreitung der Grünzüge zu erzeugen, um in der Stadtstruktur einen festen Platz einzunehmen. Dieser Gedanke ist in den folgenden Abbildungen visualisiert worden (Geyer, 2019: 19)

## Verschiedene Begrünungssysteme in Kassel

In den letzten 50 Jahren wurde immer wieder thematisiert, welche unterschiedlichen Arten der Fassadenbegrünungssysteme existieren. Es gibt verschiedene Optionen, die je nach Standort und Vorlieben gewählt werden können. Bezugnehmend auf die Fassadenbegrünungsrichtlinien der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., haben die Student\*innen der Universität Kassel dabei drei grundlegende Varianten der Begrünung unterschieden. Aufbauend auf einer Kartierung aus dem Jahr 1995 von Rita Dux wurden bestehende Fassadenbe-

- A Potentielle Orte für eine Fassadenbegrünung / Fritsch & Halbe, 2023
- B Hinterhof der Landeskreditkasse I / Rux, 1995/ Halbe 2023; Transformation der Fassade mittels Begrünung / Fleiner et. al., 1986



grünungen in der Kasseler Innenstadt erneut betrachtet. Die vertikalen Begrünungen an den Punkten 2, 3 und 5 existierten bereits 1995. Weitere sind später dazu gekommen.

**FASSADENGEBUNDENE BEGRÜNUNG** – Darunter ist die Begrünung von vertikalen Wänden ohne Bodenanschluss zu verstehen. Meist besitzen diese Varianten der Begrünung eine große Auswahl an Pflanzen. Zudem kann es neben der Verschattungswirkung auch als Blickschutz dienen (Rest, 2021: 12ff). Fachwissen über Statik und Tragkonstruktion ist bei einer wandgebundenen Begrünung elementar. Diese Vegetationsfläche besteht aus kassettenartigen Substratkästchen und wird vertikal zur Wand auf einer Unterkonstruktion montiert (Geyer, 2019: 5). Diese Form der Fassadenbegrünung ist am Goethe-Gymnasium am Wesertor zu finden. Sie dient überwiegend als begrünte Lärmschutzwand an der viel befahrenen Kreuzung und umrahmt eine Sportanlage. Bauherr dieses Projekts war die Stadt Kassel (Hanf, o.J.).

**BODENGEBUNDENE BEGRÜNUNG** – Bei einer bodengebundene Fassadenbegrünung handelt es sich um die Begrünung vertikaler Flächen durch Pflanzen mit Bodenanschluss (Rest, 2021: 13). Dabei sind in Kassel zwei unterschiedliche Varianten zu finden. Ein leitbarer Bewuchs mit Kletterpflanzen ist an der Universität am Holländischen Platz zu finden. Kletterhilfen werden vor allem dann eingesetzt, wenn die Kletterpflanze einen vollständigen Bewuchs einer Fläche nicht von alleine schafft. Somit entsteht ein gewisser Abstand zur Gebäudefassade. Eingesetzt werden hierfür Schlinger, Ranker und Spreizklimmer. Der Bewuchs wird durch die Wahl und Anordnung der Kletterhilfen geleitet (Geyer, 2019: 4).

Die zweite Form der bodengebundenen Fassadenbegrünung bildet der **DIREKTE BEWUCHS DER FASSADE**. Bei diesem Wuchstyp haften die Pflanzen direkt an der Wand. Eine Kletterhilfe ist nicht notwendig, da die Selbstklimmer eigenständig einen flächigen Bewuchs erzeugen. Verwendet werden Wurzelkletterer oder Haftscheibenranker. Letztere bilden sogenannte Saugknöpfe aus, um sich an der Fassade festzuhalten, während sich Wurzelkletterer durch Haftwurzeln verankern (Geyer, 2019: 3). Dieser Wuchstyp ist am Rathaus in der Kasseler Innenstadt zu finden.

C Kontext: Dach - Fassade - Freiraum / Geyer, 2019

D Fassadenbegrünung als visuelles Bindeglied / Geyer, 2019



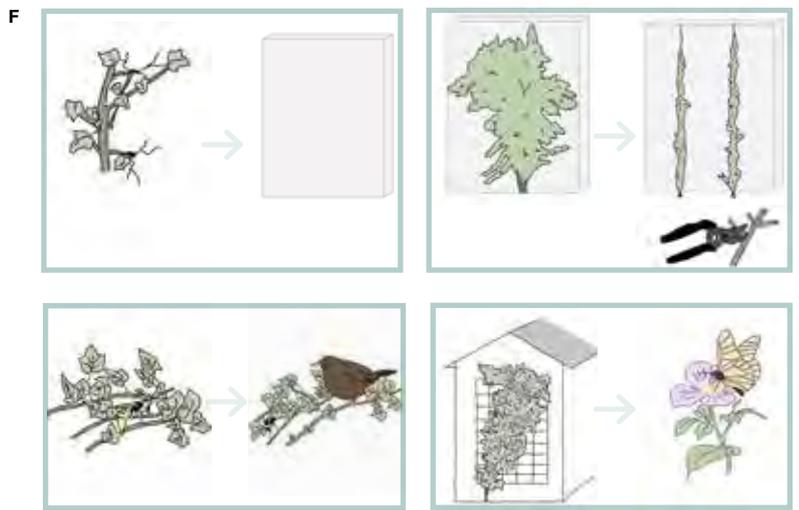
**MISCHFORM** – Diese Kombination aus bodengebundener und wandgebundener Begrünung ist im Hinterhof der Landeskreditkasse zu finden. Hier erfolgt die Begrünung auf horizontaler und vertikaler Ebene. Eine Herausforderung ist die Herstellung der Versorgungsansprüche beider Begrünungstypen (Geyer, 2019: 7). Zusätzlich zu Schlinger, Ranker und Spreizklimmer können auch Stauden und Kleingehölze in den Gefäßen die Grünfläche ergänzen. Durch die breite Auswahl an Pflanzen entsteht eine schnelle Flächenwirkung und die Gestalt der Begrünung ist im Jahresverlauf über die Pflanzenauswahl steuerbar (Rest, 2021: 12 & 15).

**FREISTEHENDE RANKGERÜSTE** – Eine Konstruktion, die unabhängig von einem Gebäude als Kletterhilfe genutzt werden kann, wird als freistehendes Rankgerüst bezeichnet. Eine gängige Art ist die Pergola (Dux, 1995: 19.) Im Hinterhof der Stadtparkgarage am Ständeplatz ist eine freistehende Rankkonstruktion zu finden, welche sich über den gesamten Parkplatz ausbreitet. Die Art und Beschaffenheit der Gebäude sowie der Standort sind ausschlaggebend für die Wahl des Begrünungssystems (Geyer, 2019: 39).

## Kritische Gedanken zur Fassadenbegrünung

Zu Fassadenbegrünungen gibt es viele Vorurteile und Bedenken was dazu führt, dass sich viele Eigentümer:innen und Planer:innen gegen die Begrünung der Fassade entscheiden. Jedoch haben begrünte Fassaden, neben dem dekorativen Aspekt, auch viele Potentiale und Eigenschaften, die für das jeweilige Gebäude nützlich sein können oder noch nicht beachtet werden. So kann die Gebäudebegrünung, abhängig vom Zustand der Fassade, das Gebäude sogar vor Umwelteinflüssen schützen (Isenberg, 2015:13). Einige der häufigsten Kritikpunkte, aus der zuvor erwähnten Arbeit, werden im Folgenden graphisch dargestellt und einem ungenutzten Potential oder einer Lösungsmöglichkeit gegenübergestellt. Haftorgane, welche in bestehende Risse eindringen, verstärken diese Schäden durch ihr Wachstum. Dies passiert jedoch meist nur bei bereits beschädigten Fassaden. Durch eine gut gepflegte Hauswand kann das vermieden werden.

Die oft als „unordentlich“ wahrgenommene Fassadenbegrünung kann durch einfache Maßnahmen wie Rückschnitte oder Kletterhilfen in geregelte Bahnen gelenkt werden.



Auch die Sorge vor vermehrtem Auftreten von Schädlingen ist meist unbegründet, da diesen in der Regel natürliche Fressfeinde folgen und sie entfernen. Da der Fokus bei Fassadenbegrünungen meist auf der dekorativen Gestaltungsmöglichkeit liegt, wird ihr Potential als Lebensraum für Insekten, wie z.B. Schmetterlinge, oft vergessen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die meisten „kritischen“ Aspekte der Fassadenbegrünung sich mittels einfacher Maßnahmen entkräften lassen.

## Effekte von Fassadenbegrünung auf das Mikroklima

Durch Pflanzen, die an Hauswänden wachsen, soll der Mangel an städtischen Grünflächen ausgeglichen werden, insbesondere da der Platz- und Flächenbedarf sehr gering sind. Den begrünten Fassaden wird zudem häufig das Potenzial zur Verbesserung des Stadtklimas zugeschrieben. Vor allem im Mikroklimabereich kann eine begrünte Fassade das Stadtklima beeinflussen (Böhling, 2009: 19). Die Vegetation an der Fassade kann jedoch auch als Klima- und Schutzhaut für Gebäude dienen. Innerhalb der vergangenen 50 Jahre haben Kasseler Studierende unterschiedliche Perspektiven zum Thema Fassadenbegrünung entwickelt. Diese Perspektiven wurden im Zuge der Erarbeitung der Ausstellung betrachtet und werden im Folgenden in chronologischer Reihenfolge aufgeführt.

### 1980ER

Bereits in den 80er Jahren werden Fassadenbegrünungen untersucht und als Mittel der Gebäudebegrünung verwendet. In der Studienarbeit „Wirkung von Pflanzen“ von Kolbe und Schulz, von 1982/83, werden viele Funktionen und Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf das Klima in der Stadt aufgezeigt. Die Pflanzen sorgen durch die Aufnahme und die Reflexion von Sonneneinstrahlung sowie die Verdunstung von Wasser für eine Abkühlung der Umgebungstemperatur des Gebäudes (Kolbe et al. 1983: 13). Des Weiteren schützen die Pflanzen das Gebäude vor Energieverlust durch Wettereinwirkungen, wie z.B. Wind oder Starkregen und dienen als Schallschutz gegen Verkehrslärm (ebd.: 17f, 21f). Das Entstehen von Wärmeglocken kann jedoch laut Kolbe und Schulz nicht

G



allein durch die Nutzung von Dach- und Fassadenbegrünungen reduziert werden (ebd.: 37).

„Pflanzensysteme an Fassaden und Dächern können mit ihrem Blattwerk die Filterflächen um ein Vielfaches vergrößern. So ist die Gesamtblattoberfläche einer dichten Fassadenbegrünung etwa 10 mal so groß wie die Fläche, die sie überdeckt“ (Kolbe et al., 1983: 39).

### 1990ER

Die bereits in den 80er Jahren gewonnen Erkenntnisse konnten auch in den nächsten Jahren bestätigt und verfeinert werden. So schreibt Rita Dux in ihrer Arbeit „Mut zum Grün am Haus“ von 1995, dass durch eine Begrünung von bereits 5% das Stadtklima in Großstädten begünstigt wird (Dux, 1995: 37). Die zuvor festgestellte Filterwirkung von Staub und Schadstoffen wird auch wieder aufgegriffen und als positiver Effekt hervorgehoben (ebd.: 38). Die positive Wirkung auf den Menschen wird des Öfteren in den Vordergrund gerückt:

„Eine dichtbegrünte Wand von 40 m<sup>2</sup> reicht zur jährlichen Sauerstoffversorgung eines Menschen aus“ (Dux, 1995: 38).

### 2000ER

Im Laufe der 2000er werden neben den Erkenntnissen der vergangenen Jahrzehnte, wie die Funktion als Wärmespeicher, Filterfunktion und kleinklimatische Verbesserung des Stadtklimas, auch neue Potentiale erkannt. So weist Schapner in ihrer Arbeit „Fassadenbegrünung - Gestalten mit Kletterpflanzen“ von 2001 auch auf das Potential von direkter Fassadenbegrünung als Lebensraum für Tiere, insbesondere Vögel, hin (Schapner, 2001: 8). Des Weiteren wird der Einfluss der Begrünung auf den Zustand des Gebäudes stärker betrachtet:

„[...] durch die Pflanzenpolster an Wänden, können sich die darunter liegenden Baumaterialien bei großer Sonneneinstrahlung nicht so leicht aufheizen und verhindern somit überhitzte trockene Luft“ (Schapner, 2001: 7).

Die ästhetische Bedeutung von Fassadenbegrünungen, u.a. durch die Aufwertung des Stadtbildes, die Naturverbundenheit oder die Erlebbarkeit der Jahreszeiten wird als weitere wichtige Funktion hervorgehoben (Schapner, 2001: 8). Auch Böhling (2009) greift diese Erkenntnisse in ihrer Arbeit „Stadtklima und die Auswirkungen von Vegetation auf thermische Klimatelemente“ wieder auf. Der Fokus liegt hier stärker auf der Gebäudehülle, wodurch der Bezug zwischen der Wirkung der Begrünung auf den Außen- und Innenraum hergestellt wird (Böhling, 2009: 29). Es wird auch darauf hingewiesen, dass sich die positiven Effekte für das Energieeinsparen der Gebäude jedoch nur durch eine Summierung der

begrünter Flächen erzeugen lässt (ebd.: 33)

## 2010ER

In den folgenden Jahren werden nur wenige neue Erkenntnisse gewonnen, stattdessen wurden die bisher bekannten wieder aufgegriffen und aus einer anderen Perspektive betrachtet.

„Durch das Blattwerk bildet sich an der Fassade ein dämmendes Luftpolster, wodurch Temperaturschwankungen und -extrema im Tagesverlauf deutlich geringer ausfallen“ (Isenberg, 2015: 10).

Laut Isenberg (2015: 11) ist die Lebensdauer begrünter Fassaden länger als von unbegrünter Fassaden, da seltener Renovierungsarbeiten erforderlich sind. Sie betont ebenfalls die positiven Effekte auf die menschliche Psyche sowie die ästhetischen Vorteile von Fassadenbegrünungen auf das Stadtbild (ebd.: 12).

In ihrer Arbeit „Potentiale und Abhängigkeiten von Fassadenbegrünungen - Aus ökologischer und gestalterischer Perspektive“ von 2019 (vgl. S.16), stellt Christina Geyer erstmals auch Bezüge zwischen verschiedenen Fassadenbegrünungssystemen und der Wirkung auf das Mikro- bzw. Kleinklima her. Als weiteres Potential von Fassadenbegrünungen wird hier neben dem Angebot als neuer Lebensraum auch der Beitrag zur Verbesserung der Artenvielfalt bzw. Biodiversität angesprochen (vgl. Geyer 2019, S. 17f).

## 2020ER

Bei den aktuellsten Arbeiten setzt sich der Trend der Fokussierung auf Gebäude- und Energieeinsparung fort. So schreibt Wende in seiner Arbeit „Aktivfassaden“, aus dem Jahr 2021:

„[...] Des Weiteren wirken sie sich positiv auf die nahe Umgebung aus. Das Verdunsten von Wasser, sowie die Verschattung der Blätter, tragen dazu bei die Oberflächentemperatur der Fassaden zu senken. Im Winter jedoch werden die Bauwerke gedämmt“ (Wende, 2021: 29).

Neben dem Einsparen von Energie soll bei richtiger Handhabung auch der Wasserverbrauch des Gebäudes gesenkt und der Pflegeaufwand der Fassadenbegrünung minimiert werden können (ebd.: 30).

Zum selben Schluss kommt auch Rest (2021) in ihrer Bachelorarbeit „Vertikale Begrünung - ein aktiver Schritt zum umweltschonenden Bauen“. Rest weist jedoch auch noch einmal darauf hin, dass diese Effekte in wärmeren Regionen am höchsten sind (ebd.: 7). Im städtischen Raum sollte eine Kombination aus Dach- und Fassadenbegrünung mit bereits vorhandenen Grünflächen, wie z.B. Parks, bestehen, um gute Kühlungseffekte zu erzielen (Rest, 2021: 8) Außerdem verweist sie darauf, dass bei bereits gut gedämmten Gebäuden der Effekt ebenfalls geringer ist (ebd.: 10).

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass schon in den 80er Jahren wichtige Erkenntnisse zum Thema Fassadenbegrünung und ihre Effekte auf das Mikroklima festgestellt wurden. Diese wurden im Laufe der Jahre vertieft und um weitere ergänzt. Es sind zudem immer die gleichen Leistungspotentiale zu finden, welche sich weiter unterteilen lassen. Alles in allem gibt es jedoch noch keine flächendeckende, aussagekräftige Informationslage.

## Fazit zur Gebäudebegrünung

Die an der Fassade angebrachte Begrünung wird zunehmend integriert und als ein unterstützendes Element der Architektur gesehen. Über die Jahre entwickelten sich diverse Systeme, die auch an unterschiedlichen Stellen der Kasseler Innenstadt zu finden sind. Diese meist modularen Elemente werden in geeigneter Weise an der Fassade angebracht und erweitern das vegetative Spektrum von typischen Kletterpflanzen bis hin zu Pflanzen aller Art. Die Begrünung der Fassade ist somit eine neue und zugleich alte Lösung, um mehr Grün in die Stadt zu bringen.

Die Vorteile von Fassadenbegrünung sind vielfältig. Zum einen verbessert es das Stadtbild, indem es graue und kahle Betonfassaden in grüne und lebendige Wände verwandelt. Zum anderen hilft es, die Luftqualität zu verbessern, indem es Schadstoffe aus der Luft filtert und Sauerstoff produziert. Darüber hinaus kann es auch zur Reduzierung von Energiekosten beitragen, indem sie im Sommer die Sonnenstrahlung abhält und im Winter als zusätzliche Wärmedämmung dient.

## DACHBEGRÜNUNG

### Bedeutung Dachbegrünung

Dachbegrünungen gewinnen immer mehr an Bedeutung, haben aber auch schon eine lange Tradition. Eine unbegrünte Dachfläche gilt unter Fachplaner:innen heute als verschenkter kostbarer Baugrund. Durch die weiterhin wachsende städtische Bevölkerung und die Auswirkungen des Klimawandels, werden Städte aufgrund des verstärkten urbanen Wärmeeffekts in Zukunft besonders empfindlich gegenüber extremen Witterungsverhältnissen. Dafür wird zum Einen die Versiegelung von Freiflächen für das Aufheizen von Städten während sommerlicher Hitzeperioden verantwortlich gemacht. Extreme Wetterereignisse werden zum anderen häufiger und intensiver auftreten und Bausubstanz und technische Infrastrukturen zunehmend gefährden. Urbane Räume und damit auch Dachbegrünungen können einen Beitrag zur Klimaanpassung zu leisten um einen Ausgleich zu den extremen Temperaturen herzustellen. Außerdem sind Begrünungen auch unter ökologischen Aspekten bedeutsam (Thommen, o.J.: 106). Dachbegrünungen können Lebensräume für Bienen, Schmetterlinge, Käfer und Vögel bieten (Freistaat Sachsen, 2004: 7). Laut u.a. Kolb und Schwarz galt in den 90er Jahren Dachbegrünung noch als „entbehrlicher Luxus, der für der kleinen ‚Häuslebauer‘ nicht in Frage kam“ (Kolb et al., 1999: 5). Kolb et al. begründen das laut ihnen eigentlich erforderliche, aber vor den 90er Jahren noch fehlende Interesse an Dachbegrünungen damit, dass für die Errichtung von z. B. Wohngebäuden „noch ausreichend große Flächen zu einem erschwinglichen Preis“ zur Verfügung standen und die Dachbegrünung damit als „skurrile Vorstellung“ galt, „die nur in Ausnahmefällen realisiert werden konnte“ (Kolb et al., 1999: 12), inzwischen werden immer mehr Dächer begrünt.

## Wirkung von Dachbegrünung

Unter Experten gibt es verschiedene Meinungen zu Dachbegrünungen, welche sich in den studentischen Arbeiten aus dem doku:lab zeigen. So wird es von manchen abgelehnt, Schrägdächer zu begrünen, da die Bewohner:innen diese Flächen nicht oder nur schwer pflegen können. Andere wiederum haben sich auf solche Flächen spezialisiert und entwickeln angepasste Konzepte. Ein weiterer Streitpunkt ist die bauphysikalische Wirkung. Im Allgemeinen wird argumentiert, dass sich die Rentabilität durch verringerten Aufwand und Verzicht von zusätzlicher Wärmedämmung steigert. Berechnungen zur Wärmeleitfähigkeit zeigten allerdings, dass bei bindigen Böden 0,05 m Polystyrol durch 2,63 m Erde ersetzt werden müssten (Deworetzki et al., 1989: 30). Nur die ästhetische Wirkung und die Funktion als Regenwasserspeicherung, wird von allen Seiten positiv bewertet (Deworetzki et al., 1989: 30).

Für die Installation einer Dachbegrünung spricht viel. Die Temperaturunterschiede bei nicht begrüntem Dächern ist deutlich höher als bei begrüntem Dächern: „Auf einem bitumengedichteten Dach mit Kies-schüttung wurden Temperaturen zwischen -20 & +80 Grad Celsius gemessen, auf einem vergleichbaren extensiv begrüntem Dach Temperaturen zwischen -5 & +25 Grad“ (Deworetzki et al. 1989: 31). Auch wird durch das Grün die UV-Strahlung komplett abgehalten. Darüber hinaus ist die Rentabilität von Dachbegrünungen durch die geschätzte Verdopplung der Lebensdauer sehr hoch (Deworetzki et al., 1989: 31). Faktoren wie das Lichtklima, die Luftqualität, der Lärmpegel verbessern sich durch eine Dachbegrünung, die Wärmebelastung wird verringert (Deworetzki et al., 1989: 31; Bundesminister für Raumordnung, 1987: 3). Zudem wirken Dachbegrünungen als Niederschlagsrückhalt, was besonders bei Starkregeneignis relevant ist (Freistaat Sachsen, 2004: 7). Dachbegrünung hat ebenfalls positive Auswirkungen auf den Brandschutz durch die „[...] Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme“ (Freistaat Sachsen, 2004: 7)

Es ist allerdings zu beachten, dass „[a]lle klimatischen Wirkungen [...] abhängig von der Art der Dachbegrünung [sind]; je intensiver -größer, feuchter, mit mehr Blattfläche ausgestattet- die Begrünung ist, umso wirkungsvoller ist sie in allen genannten Bereichen“ (Deworetzki et al., 1989: 32). Aus diesem Grund werden im Folgenden die Unterschiede zwischen der intensiven und extensiven Dachbegrünung vorgestellt.

H



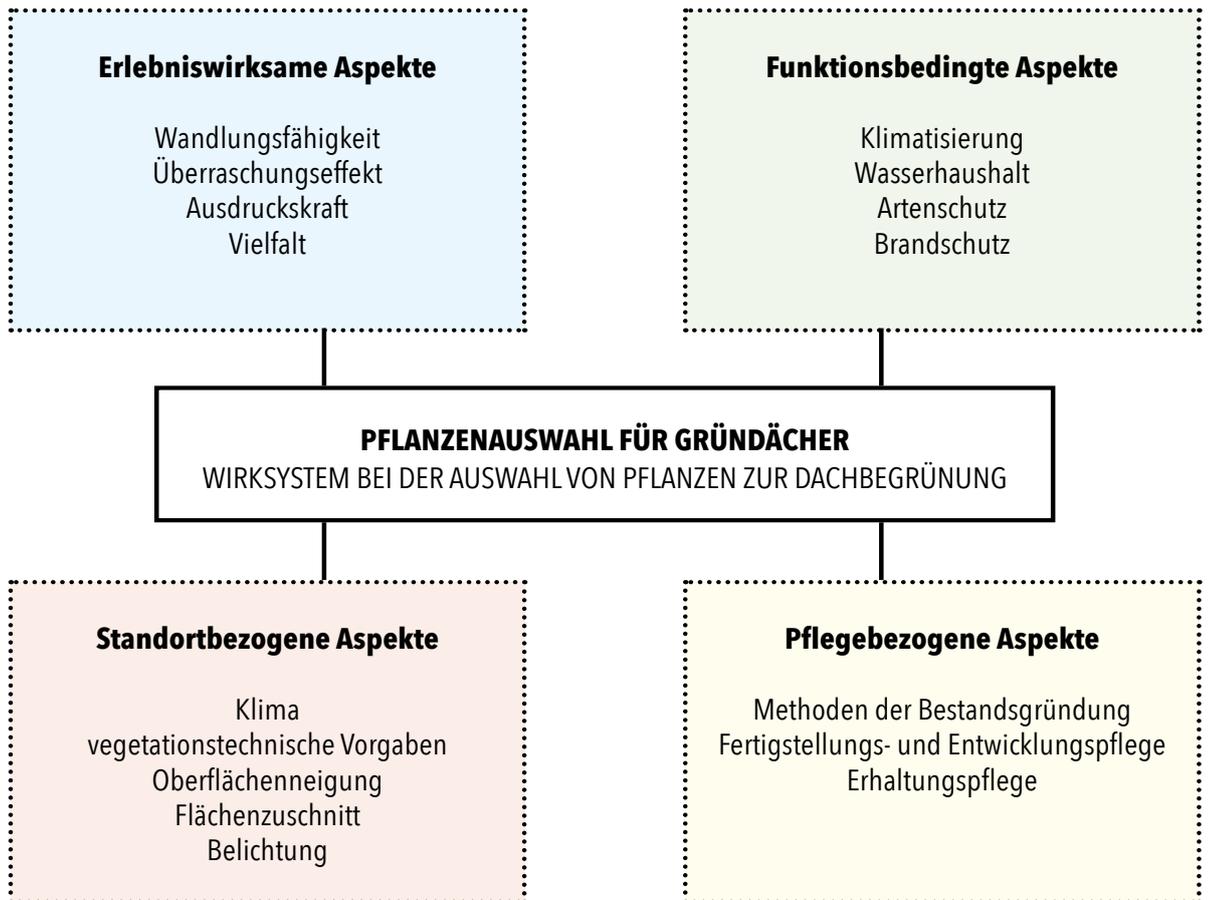
I



	EXTENSIVE DACHBEGRÜ- NUNG	INTENSIVE DACHBEGRÜ- NUNG
ALLGEMEINE INFORMATIO- NEN	Extensiv begrünte Dachflächen zeichnen sich durch eine flächige Begrünung mit niedrigen Stauden, Gehölzen, Wildkräutern, Gräsern aus. Es werden trockenheitsliebende und zeitweise Vernässung ertragende Pflanzen verwendet, welche regenerationsfähig sind. Außerdem sollten die Pflanzen nur einen geringen Pflegeaufwand erfordern	Intensiv begrünte Dachflächen sind durch eine flächige Begrünung, wie Rasen, Stauden und Gehölzen und punktuellen Begrünung mit Sträuchern und Bäumen geprägt. Es werden anspruchsvolle Pflanzen verwendet. Der technische Aufbau zeichnet sich durch einen differenzierten Bodenaufbau mit entsprechenden Ent- und Bewässerungseinrichtungen aus.
ARTENAUS- WAHL	Sedum, Festuca, Carex, Thymus Phlox, Echium vulgare	Sedum, Festuca, Carex, Hieracium Lavandula, Phlox, Hedera helix, Echium vulgare, Cydonia oblonga
ANSPRÜCHE	Pflanzen müssen robust und langsam wachsend sein, nicht hoch werdend.	Verwendung von Pflanzen, die sonnige Standorte mögen. Niedrige breitwüchsige Sträucher und Kleinbäume sind wirkungsvoller als große aufrechtwachsende Pflanzen.
PFLEGE	Hoher oder niedriger Pflegeaufwand je nach Materialauswahl durch hohen Anteil an mineralischen Substrat. Aufwuchs von Unkräutern gering, Aufwand bei Anwuchsphase höher, danach 1-2 Begehungen pro Jahr. Wässern bei Trockenphasen bei Wurzelbildungsphase ggf. düngen.	Pflegeintensität richtet sich nach verwendeten Pflanzenarten. Pflege während gesamter Lebensdauer der Pflanzungen. Zusatzbewässerung nötig, durch bspw. Bewässerungsautomatik.
TECHNISCHER AUFBAU	Dränagen nur in Ausnahmen notwendig. Vorbeugung starker Staunässe durch: Substrat der Betonschicht aus 50% Blähtonanteil und Sandbeimengung.	Beanspruchung: 1 - 2cm dicke Schutzbahnen Dränschicht wird auch zur Wasserspeicherung genutzt, besteht bspw. aus Kies.

Am Fachbereich ASL wurden in den letzten 50 Jahren viele Arbeiten zur Dachbegrünung erarbeitet. Relevante Zitate, die sich auf die Auswahl der Pflanzen, die Pflege oder das Stadtklima beziehen werden im Folgenden chronologisch vorgestellt:

- „Die Natur, von der wir uns stets zu schützen versuchen, besitzt in den städtischen Ballungszentren nur noch bescheidene Rückzugsgebiete. Man tut sich heute oft noch schwer mit dem Ausscheiden von städtischen Flächen für eine natürliche Entwicklung von Pflanzen- und Tiergemeinschaften“ (Thommen, o.J.: 2).
- „Es kommt viel zu oft vor, dass bei Planungen auf bestehende Bausubstanz, Nutzungsstrukturen und Pflanzen kaum Rücksicht genommen wird“ (Fleiner et al., 1986: 36).
- „Viele Quadratmeter Dachfläche könnten so umgestaltet werden, daß das Stadtklima und der Wasserhaushalt erheblich begünstigt würden“ (Deworetzki, 1989: 6).



J Anforderungen an Pflanzen für eine Dachbegrünung / Peters, 2023

K Pflanzenauswahl für Gründächer / Peters, 2023

- „Grüne Dächer verbessern das Innenraumklima und gleichen extreme Temperaturschwankungen aus“ (Kunze, 1997: 3).
- „Möchte man das gestalterische Potenzial der Begrünungsformen vergleichen, kann zunächst gesagt werden, dass die einfache Intensivbegrünung ein größeres gestalterisches Potenzial birgt, als die Extensivbegrünung“ (Vogel, 2014: 29).
- „Die Entscheidung für geeignete Pflanzen hängt von unterschiedlichen Faktoren wie den Standortbedingungen und der Substratart sowie der Substratstärke ab und ist maßgebend für den Erfolg der Begrünungsmaßnahme“ (Schick, 2021: 12).

## Problematik des unnatürlichen Standortes

Auf Dächern sind Pflanzen ungeschützt gegen Sonne, Niederschlag, Wind ausgesetzt und deren unmittelbaren Folgen sind unter anderem: Trockenheit, Staunässe und Wurzellockerung. Weitere Belastungen für die Pflanzen sind außerdem Staub und Abgase. Durch Bepflanzungen sind Dächer darüber hinaus zusätzlichen Beeinträchtigungen ausgesetzt, die Schäden an der Dachsubstanz verursachen können (Kolbe, 1982: 8).

## FAZIT UND AUSBLICK

Eine Dachbegrünung oder Fassadenbegrünung kann zu einer Verbesserung des Wohnumfelds beitragen, nicht nur durch die Fähigkeit der Pflanzen die Luft zu filtern (Dux, 1995). Dachbegrünungen bilden Retentionsflächen auf denen Regenwasser gespeichert wird. Dadurch kann das Wasser vor Ort verdunsten was dazu führt, dass die Temperaturen auf dem Dach erheblich gesenkt werden. Dachbegrünungen sowie auch Fassadenbegrünungen haben einen isolierenden Effekt auf das Gebäude. Sie verbessern das Innenraumklima und gleichen extremen Hitzeschwankungen aus (Kunze et. al., 1997). Kurz gesagt: Gebäudebegrünungen haben sowohl ästhetische als auch ökologische Aspekte vorzuweisen dank derer sie Wohnumfelder aufwerten (Klöppner, 1997).

Der Bau einer Dachbegrünung oder Fassadenbegrünung ist jedoch kostspielig und bedarf einer Planung, die auf die individuellen Nutzungsvorstellungen der Eigentümer:innen zurechtgeschnitten ist. Die Stadt Kassel hat 2021 ein Anreizprogramm zur Förderung von Dach-, Fassaden-, und Hofbegrünung ins Leben gerufen, das neben privaten Hauseigentümern auch Genossenschaften und Erbbauberechtigte bei der Planung und dem Bau von Dach-, Fassaden-, und Hofbegrünungen unterstützt (BMI ,2022: 3).

Pflanzen können im urbanen Raum als eine Art Filter wirken und den Menschen vor schädigenden Stoffen schützen. Beeinflusst wird diese Filterwirkung durch die Größe der Grünfläche, die Dichte der Bepflanzung sowie der Pflanzenartenauswahl. Sowohl Dach- als auch Fassadenbegrünung ist dabei eine Möglichkeit, um zusätzlich das Stadtbild zu verbessern und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Es gibt viele verschiedene Optionen, die je nach Standort und Vorlieben gewählt werden können.

# Literatur

- und die Auswirkungen von Vegetation auf thermische Klimatelemente. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES; FÜR BAU UND HEIMAT (2022): Anreizprogramm „Grün in die Mitte“
  - BUNDESMINISTER FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEN FÜR DAS BAU-, WOHNUNGS- UND SIEDLUNGSWESEN ZUSTÄNDIGEN OBERSTEN LANDESBEHÖRDEN (Hg.) (1987): Dachbegrünungen für Flachdächer für Bauweisen und Systeme. Unter Mitarbeit von Dipl. Ing. Bernd W. Krupka.
  - DEWORETZKI, ALFONS; EITER, ANDREA; HORN, ROBERT; NAGEL, ANDREAS; VOIGT, LUTZ (1989): Grüne Dächer. Studienarbeit. GhK, Kassel.
  - DUX, RITA (1995): Mut zum Grün am Haus. Die Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf die Stadtklimatologie. Studienarbeit. GhK, Kassel.
  - DEWORETZKI, ALFONS; EITER, ANDREA; HORN, ROBERT; NAGEL, ANDREAS; VOIGT, LUTZ (1989): Grüne Dächer. Studienarbeit. GhK, Kassel.
  - FLEINER, SAMUEL; GAUTERIN, ULRICH; MÖLLER, ANKE (1986): Hausbegrünung und Hofumgestaltung einer Blockbebauung in. Projektarbeit. GhK, Kassel.
  - FREISTAAT SACHSEN (2004): Dachbegrünung. Anregungen und Tipps für Hausbesitzer. Hg. v. Freistaat Sachsen. Dresden (10028412).
  - GABOR, FREIVOGEL (1987): Begrünung von Stadt und Haus. Möglichkeiten, Alternativen. Studienarbeit. GhK, Kassel.
  - GEYER, CHRISTINA (2019): Potenziale und Abhängigkeiten von Fassadenbegrünungen. Aus ökologischer und gestalterischer Perspektive. BPS-Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - HANF (o.J.): Hanf Gartenarchitekten und Landschaftsplaner - Sportanlagen. URL: <https://www.hanf-la.de/projekte/sportanlagen/goethe-gymnasium-kassel> (Zugriff: 01.03.2023).
  - ISENBERG, JUDITH (2015): Zur öffentlichen Akzeptanz und Wirksamkeit vertikaler Begrünung im urbanen Raum, unter spezieller Betrachtung der vertikalen Gärten. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - KLÖPPNER, TORSTEN (1997): Fassadenbegrünung als Gestaltungselement der Wohnumfeldverbesserung in der Stadt. Studienarbeit. GhK, Kassel.
  - KOLBE, GERDA; SCHULZ, CLAUDIA (1982): Wirkung von Pflanzen. Studienarbeit. GhK.
  - KUNZE, MAXIE; HENNECKE, DAGMAR (1997): Grüne Dächer. Unter Mitarbeit von Jürgen Heinrich von Reuß. Hg. v. Universität Gesamthochschule Kassel GhK. Universität Kassel. Kassel.
  - NEUMANN, TATJANA (1999): Dachbegrünung. Studienarbeit. GhK
  - REST, ANNIKA (2021): Vertikale Begrünung. ein aktiver Schritt zum umweltschonenden Bauen? Bachelorarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - SCHAPER, SILKE (2001): Fassadenbegrünung. Gestalten mit Kletterpflanzen. Studienarbeit. GhK, Kassel
  - SCHICK, VERENA (2021): Das „Wachsende Haus“ wortwörtlich! Eine grüne Interpretation der Forschungsstation „Das wachsende Haus“. Bachelorarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - SENATOR FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ (Hg.) (1982): Mut zu Grünen Wänden. Pflanzen an Fassaden Juli 1982 (2. leicht veränderte Auflage). Berlin: Karl Gerike.
  - THOMMEN, MARKUS S. (o.D.): Pflanzengemeinschaften natürlich besiedelter Kiesdächer und extensiver Dachbegrünungen. Diplomarbeit. Botanisches Institut der Universität Basel, Basel.
  - VOGEL, LUISA (2014): Dachbegrünung im Hinblick auf ihr gestalterisches Potential. Eine Sammlung von Projektbeispielen. BPS-Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - WENDE, PHILIPP (2021): Aktiv-Fassaden - Gebäudehüllen mit Funktion und einen Mehrwert für die Umwelt? Bachelorarbeit. Universität Kassel, Kassel.
  - WITZEL, ANJA (2011): Klimaanpassung in der Planung - Eine vergleichende Analyse der Städte Kassel und Stuttgart. Unter Mitarbeit von Lutz Katzschner und Antje Katzschner. Hg. v. Universität Kassel. doku:lab FB06 Universität Kassel. (Barcode: 35235000).view Julia Brown and Michael Heizer. In: BROWN, J. [Hrsg.]: Michael Heizer Sculpture in Reverse. Katalog The Museum of Contemporary Art. Los Angeles. 8-43.



## Wilde Wasser?

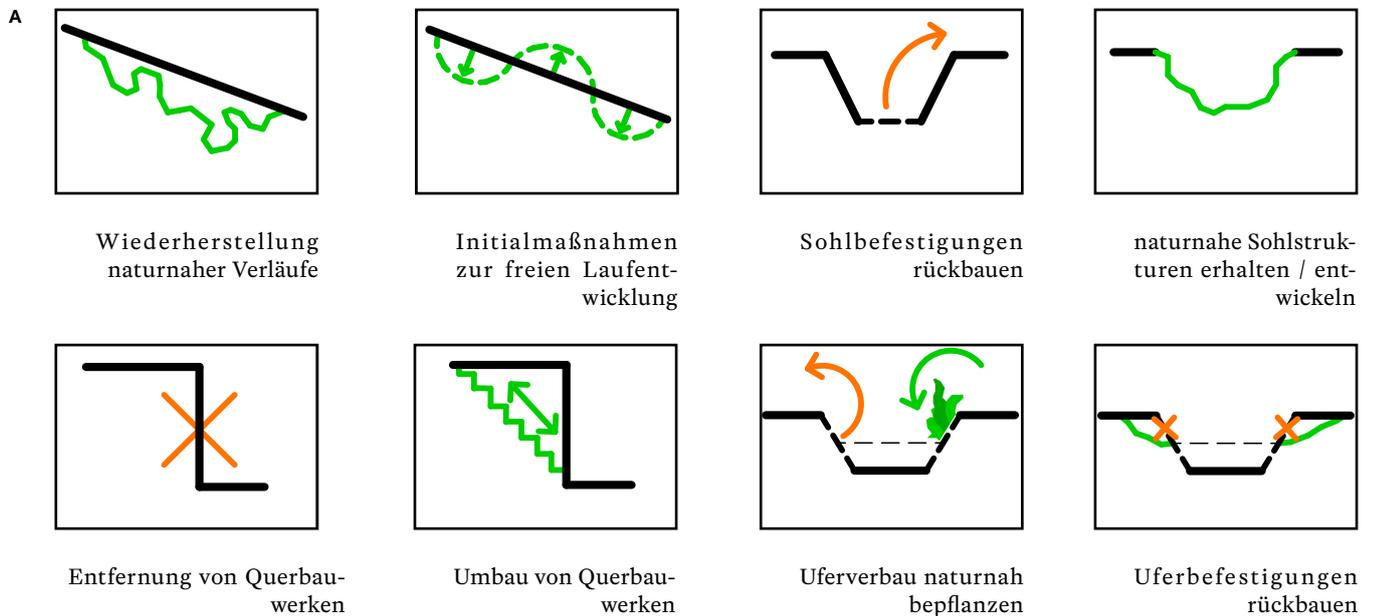
Der Beitrag „Wilde Wasser?“ zielt darauf ab, die heutige Situation, historische Entwicklung und Zukunftsaussichten von Fließgewässern in Kassel zu betrachten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den Arbeiten am Fachbereich in den letzten 50 Jahren. Die vertiefte doku:lab-Recherche ergab eine Aufteilung in drei Themenfelder: kleinere Fließgewässer in Kassel, die Fulda sowie das BUGA-Gelände im Auenbereich der Fulda. In der vertieften Ausarbeitung spielen Fragen wie die Nutzung und Sichtbarkeit von Gewässern, die anliegenden Freiräume, Veränderungen im Laufe der Zeit und Renaturierungen eine Rolle. Können die Fließgewässer sich frei entfalten, oder spielen sie im Stadtbild eine untergeordnete Rolle? Erfüllen sie wichtige Funktionen, und wo steckt Verbesserungspotenzial? Zur Beantwortung dieser Fragen werden ausgewählte Studien- und Diplomarbeiten betrachtet und in den heutigen Kontext gesetzt.

### RENATURIERUNGEN IN KASSEL

Die Stadt Kassel ist von Gewässern I., II. und III. Ordnung mit einer Gesamtlänge von ca. 125 km durchzogen. Hiervon sind ca. 30 km verrohrt oder in Bauwerken gefasst. Die Fulda als Gewässer I. Ordnung ist im Stadtgebiet eine Bundeswasserstraße und befindet sich somit in der Unterhaltungspflicht des Bundes. Für die Gewässer II. Ordnung, Ahna und Losse (die Nieste fließt außerhalb der Stadtgrenzen), und III. Ordnung, wie Drusel oder Wahlebach, ist KasselWasser als städtischer Eigenbetrieb zuständig.

Mit zunehmender Verstädterung Kassels wurden die Fließgewässer im Laufe der Zeit immer stärker verbaut, von Laufveränderungen bis zu Verrohrungen. Durch die dichte Bebauung ist der Raum zur freien Entwicklung begrenzt, weshalb sich Maßnahmen meist auf Durchwanderbarkeit, Sohl- und Uferbefestigung beschränken. Besonders großflächige Renaturierungen wurden an den Mündungen von Losse und Ahna durchgeführt. Häufige Renaturierungsmaßnahmen im innerstädtischen Bereich sind nachfolgend dargestellt (nach Maßnahmensteckbriefe „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“).

Die nachfolgende Übersicht stellt, sortiert nach Gewässern, Maßnahmen



zur Gewässerrenaturierung in Kassel seit 1998 dar (Angaben von Kassel-Wasser):

#### AHNA (WESERTOR, NORDSTADT):

- Schaffung einer linearen Sohldurchgängigkeit sowie Wanderungshilfen für Fische in drei Teilbereichen (2003-2004)
- Schaffung einer linearen Sohldurchgängigkeit sowie Wanderungshilfen für Fische, Ergänzung der Strömungsdiversität durch buhnenartige Einbauten, Schaffung von Standorten für natürliche Sukzession, Schließung der Renaturierungslücke zwischen den Gewässerabschnitten „Uni-Mensa“ und „Katzensprung“ (2010)
- Schaffung von ca. 8.200 m<sup>2</sup> Retentionsraum, naturnahe Umgestaltung zu einem breit profilierten, tiefer liegenden Gewässerareal im Mündungsbereich zur Fulda entlang der Bleichwiesen (2012)
- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigung, Einbau von Wasserbausteinen im Bereich zwischen Weserstraße und Kurt-Wolters-Straße (2022/23)

#### DIEDICHSBORN (KIRCHDITMOLD):

- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigungen, Einbau von Wasserbausteinen in einem Teilbereich (2002/03)

#### DÖLLBACH (ROTHENDITMOLD):

- Wiederherstellung der Durchgängigkeit des Döllbaches für aquatische Lebewesen, Verbesserungen der Gewässerlaufstrukturen, des Querprofils sowie der Sohlen- und Uferstrukturen im Abschnitt zwischen Siemensstraße und Vellmarer Straße (2007)

#### DÖNCHEBACH (OBERZWEHREN):

- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigung, Anlegen von Seitengerinnen und Überflutungsmulden, Einbau von Wasserbausteinen im Bereich Alfred-Delp-Straße (2006)
- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigung, Anlegen von Seitengerinnen und Überflutungsmulden, Einbau von Wasserbausteinen im Bereich zwischen Heinrich-Plett-Straße und Korbacher Straße (2019)

#### DRUSEL (BAD WILHELMSHÖHE):

- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigungen, Anlegen von Seitengerinnen und Überflutungsmulden, Einbau von Wasserbausteinen im Bereich Heerstraße (2006)
- Rückbau massiver technischer Gewässereinfassungen, Anlage lokaler Gewässeraufweitungen, Vernetzung des Gewässers mit dem zur Verfügung stehenden Vorland, Anlage größerer Ersatzauen im Bereich Stockwiesen (2011)
- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigung, Herstellen der Durchgängigkeit, Einbau von Wasserbausteinen zwischen Regentenstraße und Hugo-Preuß-Straße (2019/20)

#### ESELGRABEN (NIEDERZWEHREN):

- Mit dem Bau der Hochwasserrückhaltebecken Keilsberg und Wartekuppe, eines Einlaufbauwerks, eines Durchlasses an der Straße Wartekuppe und mit weitestgehender Beseitigung der vorhandenen Gewässerverrohrung soll dafür gesorgt werden, dass auftretende Hochwasserabflüsse überstaufrei abgeführt werden (2011/12)
- Naturnahe Umgestaltung, innerhalb der vorgegebenen Grenzen erhält das Gewässer wieder einen naturnahen leicht mäandrierenden Verlauf mit variierenden Sohlbreiten und Böschungsneigungen im Bereich zwischen Dittershäuser Straße und Dennhäuser Straße (2012/13)

#### GEILEBACH (HARLESHAUSEN):

- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation im Bereich zwischen Zum Feldlager und Steinstückerweg (2012-2015)
- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation im Bereich zwischen Am Stockweg und Im Baumhof (2016-2018)

#### HEISEBACH (OBERZWEHREN):

- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit; Verzahnung von Gewässer und Aue; Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit; Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle; Förderung einer auetypischen Vegetation (1998-2000)
- Freilegen einer verrohrten Gewässerstrecke im Bereich Kronenackerstraße (2003/04)

#### Losse (Bettenhausen):

- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation (2004)
- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen

A



Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation im Mündungsbereich zur Fulda (2005/06)

#### RIEDWIESEN (KIRCHDITMOLD):

- Freilegen einer verrohrten Gewässerstrecke (2003/04)
- Naturnahe Umgestaltung durch Abbruch der Sohl- und Böschungsbefestigung, Einbau von Wasserbausteinen (2005)

#### SCHÖNFELDER BACH (SÜDSTADT):

- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation im Bereich Damaschkestraße (2013-2015)

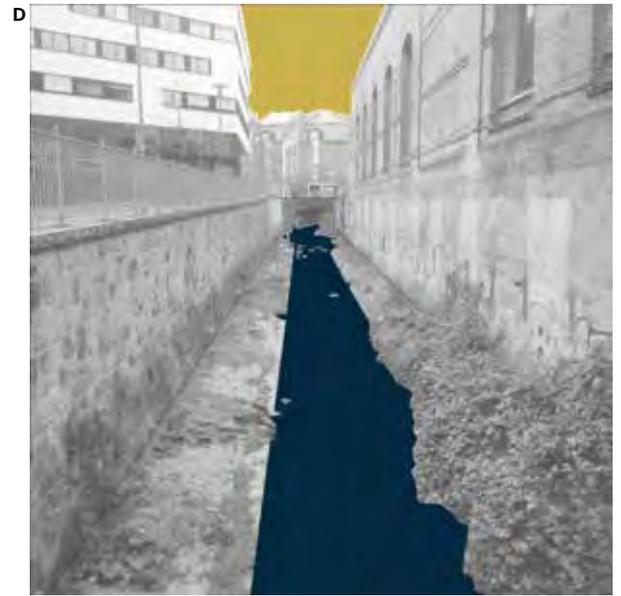
#### WAHLEBACH (UNTERNEUSTADT, BETTENHAUSEN, FORSTFELD):

- Herstellen der biologischen Durchgängigkeit, Verzahnung von Gewässer und Aue, Wiederherstellen der eigendynamischen Entwicklungsmöglichkeit, Förderung der Entwicklung einer vielfältig strukturierten Sohle, Förderung einer auetypischen Vegetation (2013-2015)

## DIE AHNA – DER BACH DER KASSELER NORDSTADT

Im Habichtswald entspringend, fließt die Ahna 21,1 km lang durch die Gemeinden Ahnatal, Vellmar und Kassel, wo sie bei den Bleichwiesen in die Fulda mündet. Einst der wasserreichste Fuldazufluss im Kasseler Becken, deckt sie heute im Nordwesten Kassels mit den Harleshäuser

B Ist- und Soll-Pläne der Renaturierungsmaßnahme Bleichwiesen im Mündungsbereich der Ahna (2012) / Plandarstellungen von KasselWasser und WAGU GmbH



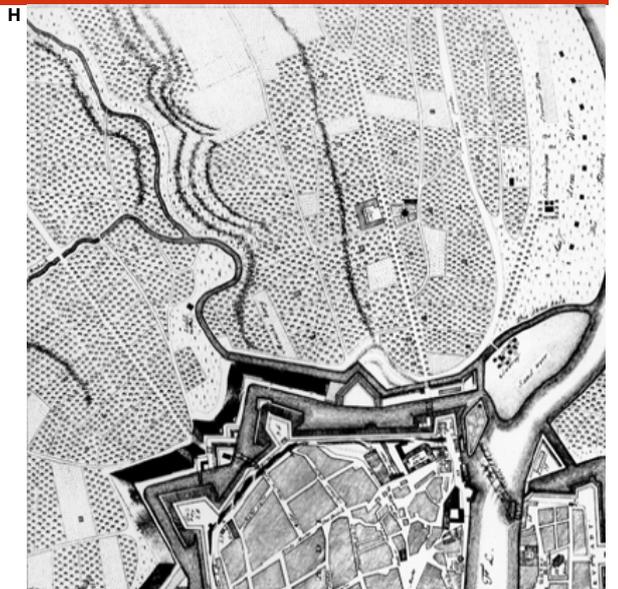
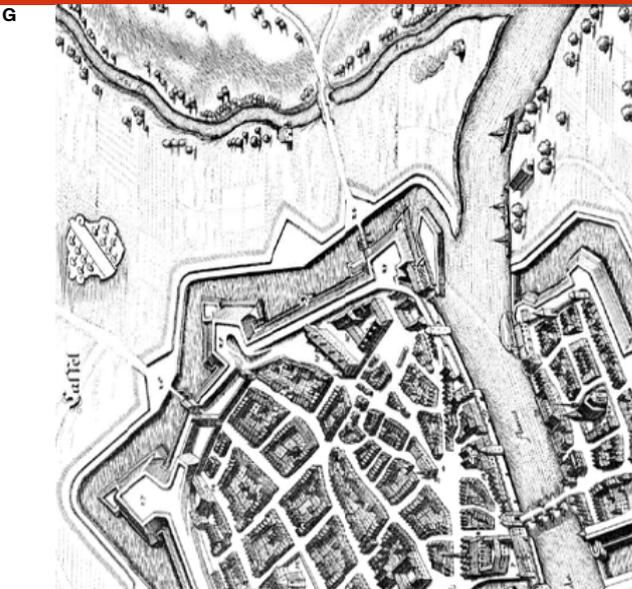
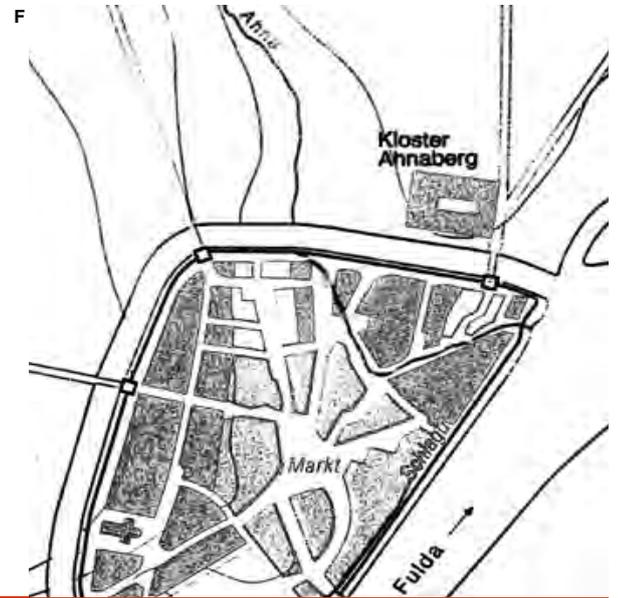
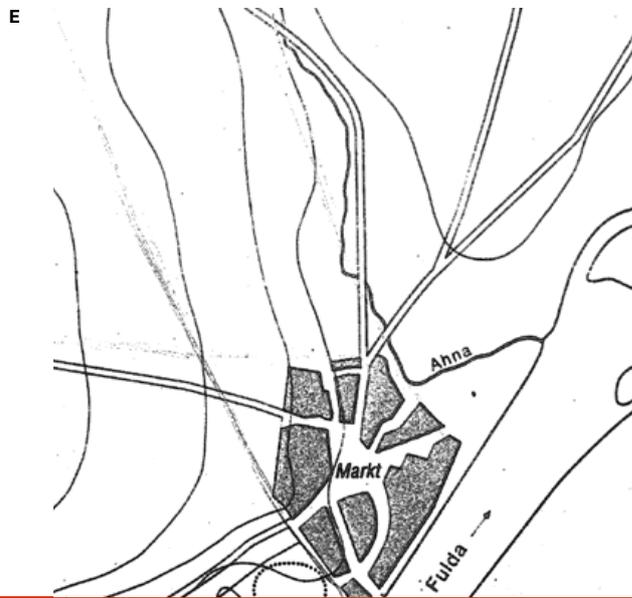
Bächen, die über den Mombach in die Ahna fließen, ein Einzugsgebiet von 41,3 km<sup>2</sup> ab. Im Stadtgebiet Kassels gibt es in Bezug auf Verbauung und Naturnähe starke Kontraste zwischen einzelnen Fließstrecken. Am Stadtrand unterhalb des Warteberges ist die Ahna kaum verbaut und kann sich nahezu frei entwickeln. Weite Strecken sind durch angrenzende Weiden-Erlen-Gehölzsäume verschattet, allerdings reichen intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen teilweise bis auf einen Meter ans Ufer heran. Ab Zufluss des Jungfernbaches und mit zunehmender Verbauung des Gewässerumfeldes ist die Ahna als Bach im Stadtbild kaum noch wahrnehmbar und fließt in einem begradigten Trapezprofil mit gemauerten Ufer- und Sohlbefestigungen. Über weite Strecken ändert sich diese Gewässerstruktur kaum, auf dem Campusgelände am Holländischen Platz gibt es mit Strömungsdiversitäten und teils unbefestigten Ufern etwas naturnähere Zustände. Eine erhebliche Verbesserung hin zu freier, naturnaher Gewässerentwicklung lässt sich jedoch erst im Mündungsbereich in die Fulda entlang der Bleichwiesen feststellen. Nach einer groß angelegten Renaturierungsmaßnahme kann sich die Ahna hier frei entwickeln und bietet beispielsweise Eisvögeln Raum für Brutröhren im Steilufer.

## Historische Entwicklung

Das Ahnatal war früh besiedelt, wie bandkeramische Funde (5500-4900 v. u. Z.) entlang des Jungfernbaches bei der Straßenbahnhaltestelle „Holländische Str.“ belegen. Die Ahna und ihre Gewässer waren prägend für zahlreiche Ansiedlungen im Laufe der Zeit und wurden vielfältig wirtschaftlich genutzt. Bis ins 19. Jhd. lag das Wassermühlenwesen Kassels schwerpunktmäßig an der Ahna, noch heute ist die Pariser Mühle am Stadtrand zu Vellmar als Getreidemühle in Betrieb. Das saubere Wasser der Ahna war im 19. Jhd. ein maßgeblicher Faktor für die Industrialisierung in der Kasseler Nordstadt und wurde bis 1850 unter anderem für die blühende Leinenindustrie Kassels genutzt (ähnlich wie Losse und Wahlebach in Bettenhausen). Weiterhin wurde vor allem ab der Gründerzeit 1871 der Lehm Boden im Ahnatal zur Ziegelsteinherstellung meterhoch abgetragen, wodurch neben Verlaufsänderungen der Gewässer das Landschaftsbild stark durch den Menschen verändert wurde. Bis

C Ahna im Mündungsbereich an den Bleichwiesen / Hottenrott, 2023

D Ahna auf dem Uni-Campus am HoPla/ Hottenrott, 2023



Mitte des 17. Jahrhunderts verlief die Ahna noch weitgehend in ihrem natürlichen Bachbett, auch wenn sie schon etwa Anfang des 13. Jahrhunderts Teil der Siedlungsstruktur gewesen ist. Erst mit dem Bau der Festungsanlage mit breitem Wassergraben wurde der Verlauf der Ahna grundlegend verändert. Die Mündung der Ahna in die Fulda wurde einige hundert Meter flussabwärts hinter dem Finkenherd eingerichtet. Somit wurde die Ahna-Mündung aus dem Stadtkern in das nähere Umland verlagert. Auf der Karte von 1648 lässt sich erkennen, dass die Ahna auch nach ihrer künstlichen Verlaufsänderung noch eine leicht geschwungene/gekrümmte Verlaufsform aufwies. Rund 100 Jahre später zeigt der Stadtplan von 1757 den weiter fortgeschrittenen naturfernen Ausbau und die Begradigung der Ahna. Während der Henschel-Ära floss die Ahna in einem großen Bogen über das Werksgelände. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts und gegen Anfang des 20. Jahrhunderts wurde ihr Lauf stark begradigt und auf dem heutigen Uni-Campus mit Platten überdeckt, um Hofflächen zu gewinnen. Diese Überdeckung wurde mittlerweile wieder entfernt, an den Abschnitten der Ahna auf dem Campus-Gelände wurden außerdem einige Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Laufbegradigungen flussaufwärts durch die Nordstadt bis an den Stadtrand von Kassel bestehen hingegen bis heute. (Röder, 2010)

E Karte von Kassel um 1000, Rekonstruktionsversuch nach Holtmeyer, 1923

F Karte von Kassel bis Mitte des 13. Jhds, Rekonstruktionsversuch nach Holtmeyer, 1923

G Stadtplan von 1648, Stich von Matthäus Merian, 1655

H Stadtplan von 1757, Ausschnitt aus dem Leopoldsplan, 1742

## Zukunftsansichten und Zwischenfazit

Bislang lag das Hauptaugenmerk bei Renaturierungsmaßnahmen entlang der Ahna auf der ökologischen Passierbarkeit des Gewässers. Im Stadtgebiet wurden alle Sohlabstürze sowie die Uferbefestigungen in Teilen umgebaut oder entfernt. Von der Durchgängigkeit für aquatische Lebewesen abgesehen, besteht allerdings noch viel Potenzial zu einem naturnäheren Zustand. Dennoch sieht man sich (lt. KasselWasser) auf einem guten Weg, den guten ökologischen Zustand nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu erreichen. Um die Umsetzung weiter voranzutreiben wurde die Ahna ins Förderprogramm „100 Wilde Bäche“ des Landes Hessen aufgenommen. Der Durchgängigkeit weiter flussaufwärts in die Kommunen Vellmar und Ahnatal steht der 2 m hohe Sohlabsturz am Abzweig zum Mühlgraben der Pariser Mühle im Weg. Eine entsprechende Änderung der Förderrichtlinie zur Gewässerentwicklung könnte auch privaten Wasserrechtsbesitzern die Möglichkeit geben, Fördermittel für notwendige Fischauf- und -abstiegsanlagen zu beantragen.

Die historische Entwicklung zeigt, dass Fließgewässer essentiell für menschliche Ansiedlungen waren. Mit zunehmendem Siedlungswachstum und insbesondere der einsetzenden Industrialisierung mussten sie allerdings weichen oder wurden zu Abwasserkanälen degradiert. Die schnelle Ableitung des anfallenden Wassers stand im Vordergrund. Erst in den letzten Jahrzehnten erfuhren auch weitere Funktionen kleiner Fließgewässer durch Renaturierungsmaßnahmen wieder mehr Beachtung. Gerade im Kontext von überhitzten Städten, Starkregen und Artensterben spielen naturnähere Fließgewässer eine wichtige Rolle und sollten daher wieder mit offenen Armen behandelt werden.

## DIE FULDA IM LAUFE DER GESCHICHTE

Im Laufe der Geschichte war die Fulda von großer Bedeutung für die Stadt Kassel. Egal ob als Grundstein der Entstehung, als Handelsweg, als Barriere für die Verteidigung oder als Freizeitwert für die Bewohner:innen Anfang des 20. Jahrhunderts. Die Fulda hat die Stadt, aber auch die Menschen in ihr, geprägt. Mitte des letzten Jahrhunderts ist der Fluss in Vergessenheit geraten, die Stadt hat sich der Fulda immer weiter abgewandt und der Fokus hat sich verschoben. Nach der Zerstörung Kassels im zweiten Weltkrieg lag der Fokus nicht mehr auf dem Freizeitwert, sondern auf einem autogerechten Wiederaufbau der Stadt. Zudem hat sich die Stadt beim Wiederaufbau nach Westen entwickelt, und damit weg von der Fulda. Ein weiterer Faktor für die zunehmende Abwendung war die Brachlegung der Unterneustadt nach dem zweiten Weltkrieg. Dabei war die Unterneustadt die erste Stadterweiterung des mittelalterlichen Kassels und bildete gemeinsam mit der Altstadt über viele Jahrhunderte den Stadtkern. (Friedrichs, 2013: 37ff.)

### 1945-1980

Nach dem zweiten Weltkrieg verlagerte sich der Stadtkern aus der Unterneustadt raus. Die Stadtmitte verlagerte sich nach Westen. Die Unterneustadt wurde in den Nachkriegsjahren beim Wiederaufbau vernach-

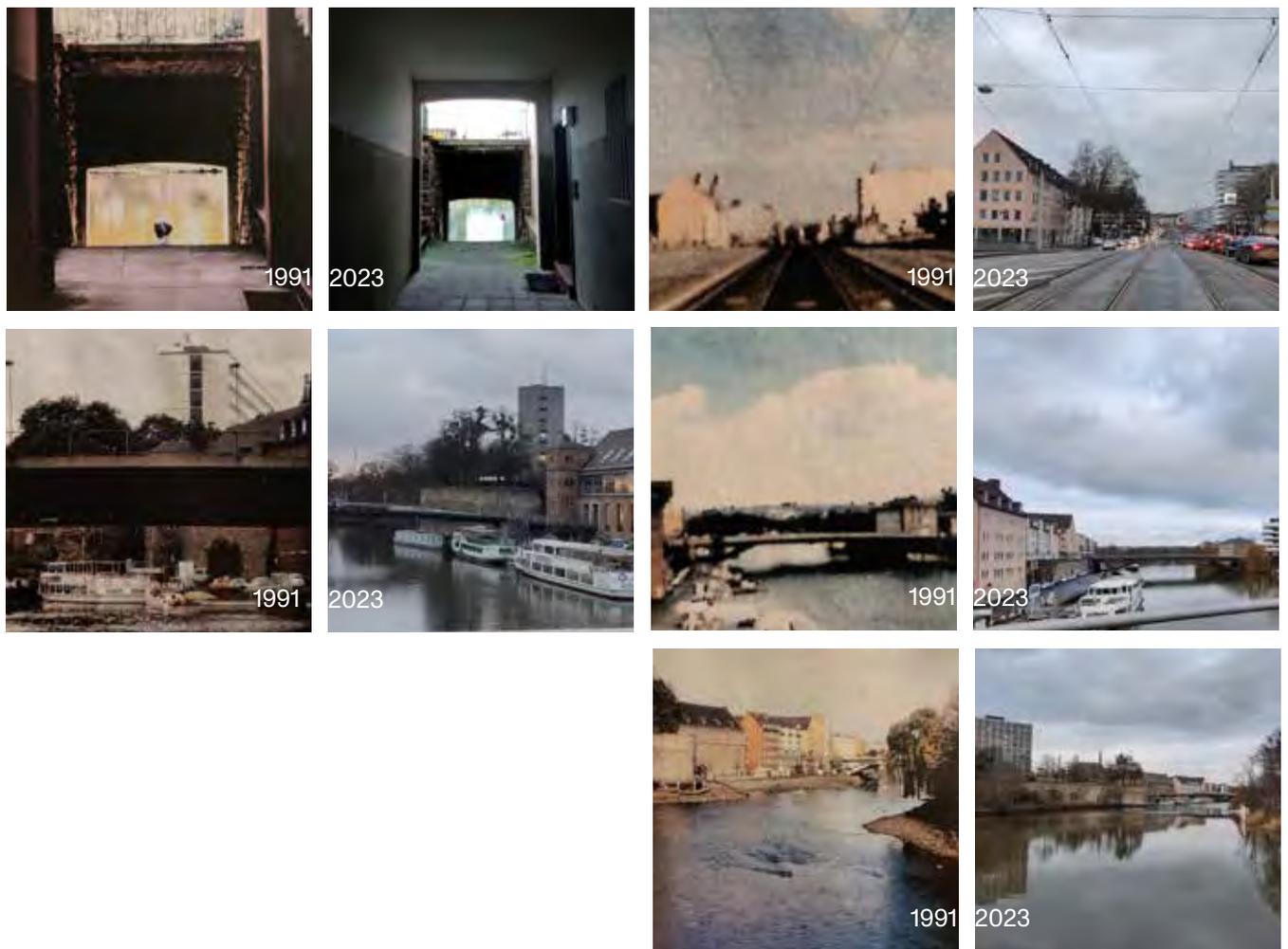


lässigt. Da der Wiederaufbau stark durch Pläne des ehemaligen NS-Regimes geprägt war, entstand in der Unterneustadt eine große Freifläche. Diese Freifläche war im NS-Regime als Aufmarschgelände angedacht. Letztendlich entstanden hier jedoch ein Messegelände, welches zwischen den verschiedenen Veranstaltungen als Parkplatz für die Innenstadt diente. In den 1980er Jahren änderte sich die Situation. 1986 entstand im Zuge des „Rahmenplan für die Innenstadtsanierung“ ein Umdenken. Die Stadt sollte wieder näher an die Fulda heranrücken und sich selbst als Stadt am Fluss wiederentdecken. Dabei wurde die Unterneustadt als Standort mit innerstädtischen Entwicklungspotential ausgemacht, wodurch neue Wohnnutzung in Flusslage entstehen sollte. Zudem sollte eine neue Brücke die Unterneustadt mit der Innenstadt verbinden. Bereits vier Jahre vorher beschäftigte sich auch die Universität Kassel mit der Freifläche in der Unterneustadt. In einem Projekt betreut von Lucius Burckhardt erarbeiteten die Student:innen Konzepte und Entwürfe für die Brachfläche auf der Unterneustadt. (Helfrich, 2012:15ff.)

### 1990ER

Das Thema „Stadt am Fluss“ wird in den 90er Jahren zum Modethema. In vielen europäischen Städten erleben die Flüsse eine neue Popularität (Brandtönnies et al. 1991, S.9). Ist das auch in Kassel so? Der dargestellte Vergleich zeigt, es hat sich nicht viel getan. Konfliktpunkte sahen die Studierenden unter anderem darin, dass durch die große Privatisierung im Uferbereich eine durchgängige Uferpromenade verhindert wird. Zudem haben die offenen Freiflächen im Uferbereich meist keinen Bezug zur Fulda und wirken charakterlos. Ebenso charakterlos wäre die Brach-

- I Stadtkarte 1547 / Friedrichs, 2013 angepasst von Kiehne, 2023
- J Stadtkarte 1646 / Friedrichs, 2013 anpasst von Kiehne, 2023
- K Stadtkarte 1878 / Friedrichs, 2013 angepasst von Kiehne, 2023
- L Stadtkarte 2023, angepasst von Kiehne, 2023

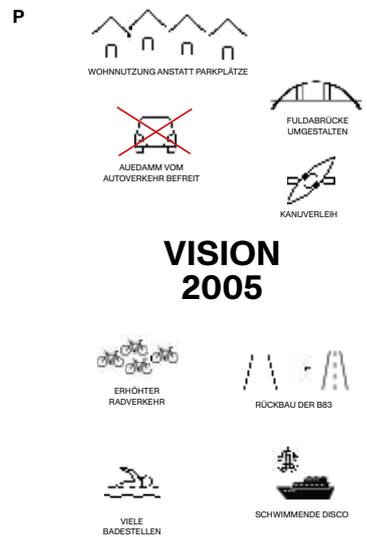


fläche in der Unterneustadt. Die Nutzung als Parkplatz sei keine adäquate Nutzung für diesen Standort. Die fehlende Nutzung in guter, flussnaher Innenstadtlage sollte dementsprechend aufgewertet werden. Dadurch könnte auch die Fulda in diesem Bereich wieder attraktiver werden. Diese Punkte können auf den ganzen Stadtbereich ausgeweitet werden. Die Flächen an der Fulda werden vielerorts nicht standortgemäß genutzt und auch das Fehlen von Wohnquartieren in Flussnähe ist ein Problem im ganzen Stadtgebiet. Auch die Stadtentwicklung der Stadt Kassel zeigt, dass flussnahe Bereiche eine untergeordnete Rolle spielen. Die Entwicklungsflächen Anfang der 90er-Jahre lagen vor allem im Bereich des Bahnhofs Wilhelmshöhe und der Innenstadt. Die Stadt entwickelt sich mehr in Richtung Bergpark und zum Habichtswald, als in Richtung der Fulda. (Brandtönnies et al. 1991, S.28ff)

## 2000ER

Das Projekt „StadtLeben am Fluss“ hatte über zwei Semester die Aufgabe, Entwürfe zu entwickeln, die die Stadt und den Fluss näher zusammenbringen. Dabei sollte die Aufenthaltsqualität an der Fulda erhöht werden und die Wahrnehmung der Menschen wieder näher an der Fulda gerückt werden.

In dem Entwurf „Ab an die Fulda“ geht es um die Anbindung der Innenstadt an die Fulda. Hierbei soll eine Verbindungsachse zwischen dem Königsplatz und der Fulda im Bereich der Schlagd entstehen. Somit soll die Beziehung zwischen der Innenstadt und der Fulda gestärkt werden und auf die Fulda aufmerksam gemacht werden. Bei Umfragen der Studierenden hat sich herauskristallisiert, dass die Fulda zu schlecht aus-



geschildert sei und keinen schönen Aufenthaltsorte bietet, der Wunsch aber bei den Studierenden besteht. Dies soll durch markante Leitelemente verbessert werden. Wasserbecken, die im Dunkeln beleuchtet, stellen dabei das Hauptelement dar. Diese Wasserbecken ziehen sich vom Königsplatz über den Entenanger bis an die Fulda. Begleitet werden die Wasserbecken durch einen einheitlichen Wegebelaag und einer einheitlichen Baumpflanzung. So sollen die Menschen vom Königsplatz zur Fulda geleitet werden. (Bartels et. al. 2007, S.75ff)

Idee hinter dem Entwurf „weaved waves“ ist es, eine Promenade als Aufenthaltsort an der Schlagd zu entwickeln. Die Schlagd ist ein Ort ohne Aufenthaltsqualität. Parkende Autos und fehlende Atmosphäre verleihen dem Ort einen Durchgangcharakter, wobei die Lage großes Potential hat. Das Wasser soll in diesem Entwurf im Vordergrund stehen. Eine abgestufte Promenade ermöglicht es direkten Kontakt mit der Fulda zu bekommen Die wellenförmige Struktur greift dabei das Element Wasser auf und bietet eine vielfältige Aufenthaltsqualität. Durch schwankende Wasserstände der Fulda, hat auch die Promenade mehrere Gesichter. Je nach Wasserstand sind verschieden viele Ebenen sichtbar. Die Promenade interagiert mit der Fulda. (Bartels et. al. 2007, S.101ff)

## 2010ER

Die markanten Gebäude der Unterneustadt am Flussufer sind das Gesicht der Fulda. Aber sind sie damit auch ein Gesicht von Kassel? Eher weniger, denn die Unterneustadt und die Innenstadt stehen sich gegenüber. Sie sind zwei Komponenten einer Stadt, die wenig miteinander harmonieren. Die Fulda wirkt wie eine Barriere zwischen den beiden Bereichen. Kassel steht damit im Vergleich zu anderen Städten ziemlich alleine. Aber wieso? Auch hier ist der Grund schnell zu finden. Der unterbliebene Wiederaufbau der Unterneustadt nach dem zweiten Weltkrieg führte dazu, dass die Fulda im Stadtbild Kassels keine wesentliche Rolle spielt. (Helfrich 2012, S.3ff.) Flüsse haben heutzutage eine ganz andere rolle in der Stadt als noch in den Jahrhunderten davor. Sie tragen vor allem eine ästhetische Rolle und sind in vielen Städte ein wichtiger Ort zur Naherholung. Die Fulda kann das in Kassel jedoch nicht erfüllen. (ebd., S.8) Positiv fällt jedoch die Walter-Lübcke-Brücke auf. Sie bildet einen der wichtigsten Überquerungspunkte über die Fulda. Die Brücke ist zu einem wichtigen Treffpunkt geworden. Anders sieht es bei der Elisabeth-Selbert-Promenade aus. Sie funktioniert nicht wirklich und wirkt im Stadtbild etwas verloren. Die Promenade kann keinen beson-

- N Verbindung / Bartels et al., 2007
- O Leitsystem / Bartels et al., 2007
- P Vision der Studierenden für 2005 / Kiehne, 2023

Q



R



S



T



deren Freizeitwert an der Fulda bieten und rückt daher auch aus dem Bewusstsein der Leute. (ebd., S.25ff) „Nur wenn die Unterneustadt mit einer städtischen Promenade ans die Fulda herantrete, könnte hier ein charakteristische Stadtraum am Wasser entstehen.“ (ebd., S.27)

## 2020ER - ZWISCHENFAZIT

Im Bereich der Innenstadt hat die Stadt Kassel wechselnde Beziehung zu der Fulda gepflegt. Über viele Jahrhunderte hinweg war die Fulda enorm wichtig für die Stadt und die Menschen waren von ihrem Fluss abhängig. Zudem lag die Fulda lange im Stadtkern und war somit im Stadtbild sehr verankert. Mit dem zweiten Weltkrieg änderte sich dieses Verhältnis. Durch die Zerstörung der Stadt und den unterbliebenen Wiederaufbau der Stadt zeigte Kassel der Fulda die kalte Schulter. In den letzten Jahrzehnten hat sich im Bereich der der Fulda nicht viel getan. Doch tut sich vielleicht was in der näheren Zukunft?

Was plant die Stadt Kassel und kann die Fulda zurück in das Bewusstsein der Menschen gerückt werden?

Die Stadt Kassel hat in Zusammenarbeit mit DTP ein Konzept entworfen, welches das Ziel verfolgt, einen nachhaltigen und zukunftsorientierten Umgang mit der Fulda zu entwickeln. Dabei soll die Fulda wieder stärker in das Bewusstsein gerückt und Kassel als eine Stadt am Fluss gestärkt werden. Unter dem Motto: „Kassel, deine Fulda“ soll dieses Lebensgefühl gefördert werden. (Stadt Kassel, o.J., o.S)

Q Promenade? / Kiehne 2023

R Wassersport / Kiehne 2023

S Keine Sicht / Kiehne 2023

T Kein Zugang / Kiehne 2023

# BUNDESGARTENSCHAU 1981 IN KASSEL

## Ursprüngliche Idee

Die Bundesgartenschau fand 1981 in Kassel in der Karlsaue sowie der Fuldaaue unter dem Motto „Das verändernde Verhältnis des Menschen zu seiner natürlichen Umwelt – vom rücksichtslosen Ausbeuter zum naturnahen Gestalter“ statt. Die Gesamthochschule Kassel, später Universität Kassel, setzte sich im Vorfeld intensiv mit der Buga auseinander und kritisierte diese scharf. Auch im Nachgang beschäftigten sich Lehrende und Studierende weiter mit dem Buga-Gelände. Im Zuge der Ausstellung wird jedoch ausschließlich die Fuldaaue betrachtet, da vor allem dieser Bereich intensiv diskutiert und vor allem dauerhafter geplant wurde als die Karlsaue. Während die Karlsaue als temporäre Ausstellungsfläche für Pflanzen geplant war, sollten in der Fuldaaue langfristige, landschaftsbezogene Kasseler Entwicklungsziele in Form eines wertvollen Naherholungsgebietes gesichert werden (vgl. Bundesgartenschau Kassel 1981 GmbH 1981, S. 165 ff.).

Die Aueseen in der Fuldaaue sind bereits vor dem zweiten Weltkrieg entstanden. Die Seeufer sowie die angrenzenden Flächen wurden mit einfachsten Mitteln von Süden beginnend als Freizeitgebiet für die Bevölkerung ausgestaltet. Die Beliebtheit stieg jedoch stetig, sodass die Grenze der Belastbarkeit des Freizeitgebiets bald erreicht war (ebd., S. 182 f.). Ohne die Ausrichtung der Buga in der Fuldaaue hätte man sich „weiter mit kleinteiligen Wasserflächen, wilden Badegebieten und heimlichen Müllkippen herumschlagen müssen“ (Gartenamtsleiter Kassel, 1979). Somit stellte die Stadt Kassel im Zuge der Bundesgartenschau die Forderung auf, die Nutzung des Geländes für die Zukunft sicher zu stellen und die Folgekosten möglichst gering zu halten. Es wurde also ein Naherholungsgebiet für 15.000 Erholungssuchende und 5.000 Badende pro Tag geplant, was eine notwendige Badefläche von 10ha nach sich zog. Die Fulda war aufgrund der schlechten Wasserqualität nicht zum Baden geeignet, weshalb die 10ha Badefläche komplett in den ausgekiesten Seen hergestellt werden mussten (ebd., S. 190).. Aufgrund der guten Wasserqualität ist der südliche Bereich des Sees zum Baden am besten geeignet. Außerdem sollten 20% der Wasserfläche für Natur- und Biotopschutz gesichert werden. Dies geschieht vor allem im nördlichen Seebereich, da hier eine Bebauung aufgrund des angrenzenden Trinkwasserschutzgebietes verboten ist. Die Abgrenzung zwischen den beiden Bereichen erfolgt durch die Anlage von Inseln und Flachwasserzonen im Übergangsbereich. Weitere Nutzungen wie Angeln, Bootsbetrieb oder Surfen sind in den übrigen Teilen der Fuldaaue verortet (ebd., S. 197). Insgesamt sollte eine flusstypische Landschaft mit Gestaltungselementen des Landschaftsparks entstehen. Die Wasserflächen und die Vegetation sollen weitestgehend sich selbst überlassen werden, wodurch auch die Folgekosten in den Folgejahren der Buga gesenkt werden (ebd., S. 203). Diese geringen Folgekosten würdigte auch der hessische Ministerpräsident Holger Börner mit folgenden Worten:

„Hier wurde über den Tag hinaus geplant, eine weitestgehend naturbelassene Landschaft gestaltet und für erholungssuchende Menschen erschlossen.“ (ebd., Vorwort)



## Kritik der Gesamthochschule Kassel

Die Gesamthochschule Kassel (GhK) kritisierte im Vorfeld vor allem das für die Bundesgartenschau gewählte Gelände in der Projektarbeit „GhK kritisiert Gartenschau“. Die Fuldaaue sei schon vor der Buga ein gut genutzter und funktionierender Freiraum am Stadtrand und somit ein einmaliges Naherholungsgebiet, in dem die Nutzung nicht vorgegeben ist und durch die Menschen bestimmt werden kann. Außerdem sei die Fuldaaue nicht für eine „Erholung vor der Haustür“ geeignet, da sie am Stadtrand liegt (vgl. Cisek et al. 1976, S. 86). Die Konzentration finanzieller Mittel würde also eine Verschlechterung der Wohnsituation der Bürger in der Stadt nach sich ziehen, da die Kosten für die Buga von 43 Mio. DM in den nächsten Jahren in den Wohnvierteln fehlen würden (ebd., S.91). Die Gesamthochschule entwickelte daraufhin ein alternatives Konzept unter dem Motto „Schau mal anders“, welches vor allem die Situation in den Wohnvierteln verbessern sollte (ebd., S. 98 ff.). Außerdem kritisierte die GhK, dass Magistrat und Verwaltung den Eindruck vermittelten, dass Beiträge ihrer Arbeit in dem vorgelegten Konzept zur Bundesgartenschau enthalten seien: „Den Versuch, uns durch Hinweis auf unsere angebliche Mitarbeit zu Komplizen des vorliegenden Gartenschaukonzepts zu machen, müssen wir als bewusste Irreführung der Öffentlichkeit zurückweisen (ebd., S. 34).“

Eine weitere Projektarbeit mit dem Titel „Zur Finanzierung der Kasseler Bundesgartenschau“ aus dem Jahr 1977 kritisierte die Bundesgartenschau vor allem hinsichtlich der Kostenplanung. Dabei wurden Arbeitshypothesen aufgestellt, die sich im weiteren Verlauf bewahrheiten sollten. Die erste Arbeitshypothese beschäftigt sich mit den Folgekosten und behauptet, dass diese langfristig nur durch Streichungen an anderer Stelle im städtischen Verwaltungsbereich getragen werden können. So wurden beispielsweise zur Pflege die jährlichen Folgekosten von 1 Mio. DM aus dem Pflegehaushalt für den botanischen Garten gestrichen. Die zweite Arbeitshypothese behandelt die Gesamtkosten der Buga, für die im Vorfeld 43,2 Mio. DM vorgesehen waren. Laut der Projektgruppe würden diese Kosten deutlich überschritten werden (vgl. Wüstehube et al. 1977, S.8). Die Herstellungskosten beliefen sich final auf 70 Mio. DM (vgl. Fahrmeier et al. 1986, S. 95). Als Fazit zog die Projektgruppe: „Schon heute lässt sich erkennen, dass durch den Verzicht auf eine zielbezogene und gesamthafte Kostenkontrolle die Investitionsmaßnahmen in ihrer Gesamtheit unbekannt bleiben und über das Maß, indem die Zielkonzeption der Stadt verwirklicht werden kann, keine Informationen vorliegen (vgl. Wüstehube et al. 1986, S. 86).“

Auch in den Folgejahren setzten sich Studierende noch intensiv mit der Fuldaaue auseinander und untersuchten, was von der ursprünglichen Planung erhalten geblieben und auch ohne das Großevent Bundesgartenschau sinnvoll ist. Im Allgemeinen wird eine Überdimensionierung kritisiert, die geplante Besuchermenge von 15.000 Personen wird laut den Studierenden maximal an vier oder fünf heißen Wochenenden erreicht (vgl. Fahrmeier et al. 1986, S. 20). Dies spiegelt sich vor allem in zugewachsenen Wegen wider, die für die geringere Besuchermenge zu breit dimensioniert sind (ebd., S. 30). Außerdem seien die Sandflächen für das Kinderspiel überdimensioniert, da zum Liegen hauptsächlich der Rasen genutzt wird. Dadurch wachsen die Sandflächen ebenfalls mit Vegetation zu (ebd., S. 49). Auf den Rasenflächen gebe es jedoch zu wenig

v



w



v Auskiesung der Fuldaaue /  
Bundesgartenschau Kassel  
1981 GmbH, 1981, S. 195

w Nutzung der Wiesen und  
Sandstrände / Fahrmeier et al.  
1986, S. 17

Sonnenschutz für die Besucher, die sich zuerst unter die Bäume legen. Diese bilden jedoch keine breite Krone aus und sind bis unten beastet. Darüber hinaus sind viele Bäume, die zur Buga mit hoher Qualität gepflanzt wurden, 1986 nicht mehr vorhanden oder in schlechtem Zustand (ebd., S. 43). Zudem gestaltet sich der Zugang zum Wasser schwierig, da die Uferbereiche häufig von Strauchgruppen zugewachsen sind (ebd., S. 27). Außerdem werden „unnötig geschwungene Wege“ kritisiert, die fiktiven Hindernissen ausweichen. Dadurch entstehen verschiedene Trampelpfade, die den direkteren Weg ermöglichen (ebd., S. 25).

In der Projektarbeit „Uferlos und trotzdem abgebrochen – Die Fuldaaue 5 Jahre nach der Bundesgartenschau“ wird die Fuldaaue als ein im heißen Sommer 1986 intensiv genutztes Erholungsgebiet beschrieben, in dem jedoch verhältnismäßig wenig Nutzungsspuren zu erkennen sind. Diese Kontroverse wird mit der These aufgeklärt, dass Planungsfehler durch intensive Pflegemaßnahmen verdeckt werden. Als Beispiele werden zum Beispiel das Auffüllen der Sandstrände und das Entfernen der Spontanvegetation in diesen Bereichen oder das Ersetzen abgestorbener Bäume durch ebenso große Exemplare der gleichen Art genannt (ebd., S. 90). Ein Ziel der Bundesgartenschau, die Verdeutlichung der Dauer der langfristigen Entwicklung eines vom Menschen gebauten Freiraums, konnte somit nicht erreicht werden.

„Wir hoffen, dass durch Darstellung der verschiedenen Entwicklungsstadien der Natur dem Besucher offenbar wird, wie lange ein vom Mensch gebauter Frei- und Erholungsraum braucht, bis er die gewünschten Funktionen, die Vielfalt an Raum und Struktur erfüllt.“ (vgl. Bundesgartenschau Kassel 1981 GmbH, S. 190)

Als Fazit dieser Projektarbeit wird das Buga-Gelände Fuldaaue mit einem Supermarkt verglichen. Die Menschen laufen durch Wege, vorbei an den „Verkaufsartikeln“ Liegewiesen, Sandstrände und Kinderspielfeldern und sollen das Angebot wahrnehmen. Der zurückgelassene Dreck wird mit dem „Staubsauger“ entfernt, womit in diesem Fall die oben beschriebenen intensiven Pflegemaßnahmen gemeint sind. Der Eintritt muss zwar nicht mehr bezahlt werden, trotzdem müsse die Rechnung am Ende in Form von Steuergeldern für die hohen Herstellungs- und Folgekosten gezahlt werden (vgl. Fahrmeier et al. 1986, S. 91).

## Vergleich Rahmenplanung 1977 - heute

Die bereits fünf bzw. sieben Jahre nach der Buga entdeckten Veränderungen in der Fuldaaue dienen als Ausgangspunkt für die Ausstellung, in der die Veränderungen aus der Rahmenplanung 1977 im Gegensatz zur heutigen Situation anhand von Überlagerungen veranschaulicht werden. Dabei werden die Gewässer, Wegebeziehungen, Gehölzstrukturen und Nutzungen näher untersucht. Bezüglich der Nutzungen wird deutlich, dass viele Funktionen über die 40 Jahre an gleicher Stelle geblieben sind. Lediglich die temporär zur Buga eingerichtete Umwelt- und Naturschau befindet sich nicht mehr in der Fuldaaue. Zur Ergänzung des Sportangebotes wurden Beachvolleyballfelder ergänzt.

Die Gehölzbestände sind insgesamt mehr und dichter geworden, was vor allem an den im Vergleich zur Rahmenplanung zugewachsenen Ufern liegt. Dieser Eindruck aus der Projektarbeit von 1986 kann also auch 36 Jahre später noch bestätigt werden. Auch kann der in der Projektarbeit





der Projektarbeit beschriebenen Vegetation übernommen wurden.

Insgesamt lassen sich also die Tendenzen, die bereits in den Arbeiten der Studierenden in den Jahren 1986 und 1988 festgestellt wurden, bestätigen. Diese beziehen sich vor allem auf den Bewuchs der Uferzonen sowie auf die überdimensionierten und zu geschwungenen Wege.

Die Veränderungen in der Fuldaaue können in der Ausstellung außerdem in Form eines Spiels nachvollzogen werden. Ein Spaziergang aus der Seminararbeit „Zur Wahrnehmung von Freiräumen – Ein Spaziergang durch die Fuldaaue“ aus dem Jahr 1982 wurde nachspaziert und die einzelnen Aufnahmen von damals müssen mit Fotos aus dem Winter 2022/23 zusammengebracht werden.

## Naturschutz

Die Fuldaaue ist Bestandteil verschiedener Schutzgebiete. So ist der gesamte Bereich Teil des Landschaftsschutzgebietes „Stadt Kassel“. Das EU-Vogelschutzgebiet „Fuldaaue um Kassel“ beinhaltet die gesamte Fulda im Stadtbereich sowie die Seen im Buga-Gelände. Das Naturschutzgebiet „Fuldaaue“, welches sich auf den nördlichsten Bereich des großen Bugasees mit Flachwasserzone beschränkt, war bereits in der Rahmenplanung von 1977 zur Buga vorgesehen und wurde wie geplant umgesetzt. In einer Vogelaufnahme von 1981 wurden mehr als 30 Vogelarten exkl. Singvögel aufgenommen, die gem. roter Liste bedroht waren oder sind. Dies spricht für die hohe Qualität des neuen Biotops, da in keinem der vorherigen 20 Jahre so viele Arten in einem Feuchtgebiet im unteren Fuldatal oder im Kasseler Becken angetroffen wurden (vgl. Boller 1982, S. 10). Im Zuge dieser Vogelkartierung wurden wichtige Pflegemaßnahmen genannt, welche notwendig sind, um die Biotopqualität für Vögel erhalten zu können. So müssen die Kiesbänke im nördlichen Bereich der Insel offengehalten und die Weidengebüsche im südlichen Bereich niedrig und lückig gehalten werden (ebd., S. 11). Die notwendigen Pflegemaßnahmen werden vom HGON-Arbeitskreis sowie dem NABU durchgeführt. Ein letzter Pflegeeinsatz am 08.10.2022 sorgte durch das Entfernen von Vegetation auf den Kiesbänken für bessere Brutbedingungen, z.B. für den Flussregenpfeifer. Weitere Pflegemaßnahmen werden in den nächsten Jahren durchgeführt (vgl. Stanik 2022). Doch inwiefern konnte

die Biotopqualität von 1981 erhalten werden?

Um diese Frage beantworten zu können, wurden 10 Vogelarten anhand verschiedener aktueller Vogelkartierungen mit der Kartierung von Günter Boller im Jahr 1982 direkt nach der Buga verglichen. Dazu gehört eine Vogelkartierung aus dem Jahr 2016 von Martin Hormann sowie zwei Aufnahmen von Nina Fritsch und Luise Altmann im Rahmen eines Seminars im SoSe 2021 des Fachbereichs ASL. Insgesamt ist eine positive Entwicklung zu erkennen. So wurde in der Kartierung von 1982 festgehalten, dass das Vorkommen von nicht angetroffenen Arten wie Teichralle, Wasserralle und Teichrohrsänger in den nächsten Jahren wahrscheinlich ist (vgl. Boller 1982, S. 10). Diese Arten wurden, wenn auch nur in geringer Stückzahl, in den aktuellen Kartierungen aufgenommen. Ein weiteres Beispiel für die positive Entwicklung ist die Reiherente, die 1982 in der Fuldaaue nur rastete, 2016 und 2021 jedoch auch als dauerhaftes Individuum und als Brutpaar angetroffen wurde.

## Fazit

Das Buga-Gelände Fuldaaue war sowohl im Vorfeld als auch nach der Bundesgartenschau 1981 am Fachbereich ASL der Universität Kassel Gegenstand vieler Projekte und Seminare. Im Vorfeld wurde vor allem der Austragungsort und die Finanzierung kritisiert, nach 1981 wurde sich mit der Nutzung und den Auswirkungen der Planung auf das Gelände auseinandergesetzt. Im Zuge der Ausstellung wurden die Entwicklungen des Geländes bis ins Jahr 2022 untersucht. Insgesamt ist zu erkennen, dass es eine große Herausforderung ist, eine Planung für ein Großevent mit hoher Besucherfrequenz und einer passenden Nachnutzung zu erstellen. Dieses Verhältnis aus Großevent und passender Nachnutzung passte im Fall der Fuldaaue nicht komplett, wie in der Ausstellung zu erkennen war. Auch das Motto der Bundesgartenschau „Das verändernde Verhältnis des Menschen zu seiner natürlichen Umwelt – vom rücksichtslosen Ausbeuter zum naturnahen Gestalter“ ist mit den großen Umbauarbeiten in der Fuldaaue in Frage zu stellen. Somit ist auch der Ort für ein solches Großevent mit Bedacht zu wählen. Andererseits ist vor allem das Naturschutzgebiet Fuldaaue ein Beispiel für positive Effekte einer Bundesgartenschau. Hier wurden finanzielle Mittel genutzt, um ein wertvolles Biotop zu schaffen, welches auch 40 Jahre nach der Bundesgartenschau noch als Lebensraum für viele Vogelarten dient.

Die Fuldaaue wurde von der Stadt Kassel durch die Ausrichtung der Buga 1981 mit eingeschränkt offenen Armen empfangen. Das bereits vorhandene Freizeitangebot wurde zwar als Ausgangssituation angenommen, für die Ausrichtung der Buga wurden jedoch noch intensive Umgestaltungsmaßnahmen unter dem Einsatz hoher finanzieller Mittel durchgeführt. Die kalte Schulter wurde, den Aufzeichnungen des Fachbereichs nach zu urteilen, eher der Gesamthochschule Kassel und den Bürgern gezeigt, da der Vorschlag zu einer Buga in den Wohnquartieren nicht beachtet worden ist.

Insgesamt bietet die Fuldaaue spannende Ansatzpunkte für Projekte und Seminare im Fachbereich. Für das im Sommer 2023 neu besetzte Fachgebiet der Gewässerökologie wäre die in der Vergangenheit stark diskutierte Fuldaanbindung interessant, während sich die Tierökologie mit der Entwicklung des Vogelbestandes im NSG „Fuldaaue“ beschäftigen könnte.

# Literatur

- ALTMANN, LUISE (2021): Avifauna in Kassels großen Grünflächen - Erfassung von Vogelarten und ihren Lebensräumen. Untersuchungsgebiet Fuldaaue und Bugasee. Studienarbeit. Universität Kassel.
- BARTELS, BJÖRN; BRUNNERT, LISA; GRUNDMANN, TOBIAS; JANISZEWSKI, ANNA; KESSENBROCK, LENA; SCHÄFER, DIRK ET AL. (2007): Stadt-Leben am Fluss. Projektarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- BENFER, KATJA; DOHLE, MICHAELA; HENSCHEL, HANS-JOACHIM (1996): Spiel mit dem Wasser. Die Ahna auf dem Campus. GhK, Kassel.
- BOLLER, GÜNTER (1982): Die Vogelwelt des Naturschutzgebietes Fuldaaue. Hg. v. Naturschutz in Nordhessen, Heft 5.
- BRANDTÖNNIES, KARIN; HOFF, ULRIKE; KOHMANN, FRANK; NAGEL, HEIKE; POHLE, GABRILA; SCHARF, JOCHEN ET AL. (1991): Stadt am Fluss. Kassel sucht die Fulda, Projekte und Visionen. Projektarbeit. GhK, Kassel
- BROCK, MATTHIAS (1997): Kasseler Flußlandschaften. Die Fulda zwischen Stadt und Land. Diplomarbeit II. GhK, Kassel. Fachbereich 13 -Landschaftsplanung.
- BUNDESGARTENSCHAU KASSEL 1981 GMBH (1981): Handbuch der Bundesgartenschau 1981 Kassel - Offizieller Ausstellungskatalog.
- CISEK ET AL. (1976): GhK kritisiert Gartenschau, Hg. v. Organisationseinheit 06 Architektur, Stadt- und Landschaftsplanung Gesamthochschule Kassel
- DEICHMANN, ANNA (2014): Auswirkung einer naturnahen Umgestaltung als Ausgleichsmaßnahme an Fließgewässern am Beispiel der Ahna. Bachelorarbeit. GhK, Kassel.
- FAHRMEIER, PETER; MICHEL, JÜRGEN; WEGMANN, ANDREAS; WEILAND, THOMAS (1987): UFERLOS UND TROTZDEM ABGEBROCHEN. Die Fuldaaue - 5 Jahre nach der Bundesgartenschau. Projektarbeit. GhK, Kassel. Online verfügbar unter Signatur: 19347.
- FISCHER (1981): Entwurfsplanung Ahnagrünzug. Studienarbeit. GhK, Kassel.
- FRIEDRICHS, LAURA (2013): Lässt sich die Strategie „Stad am Fluss“ zur Standortentwicklung der Bremer Schlachte auf eine vergleichbare Flusssituation der Fulda in Kassel übertragen? BPS-Studienarbeit. GhK, Kassel.
- FUST, TOBIAS; ROSENTHAL, GERD (2010): Biototypenkartierung von zwei unterschiedlich naturnahen Abschnitten der Ahnaaue. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- HE, MEICAI (2006): Renaturierung und Entwicklung urbaner Fließgewässer. Am Beispiel Wahlebach und Grunnelbach in Kassel: Schwerpunkt Wahlebach. Diplomarbeit. doku:lab FB06 Universität Kassel, Kassel.
- HECKROTH, CARSTEN (2001): Ein Gewässerkataster für Stadtbäche. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel
- HELFRICH, LISA-MARIA (2012): Urbanes Leben am Fluss. Stadt und Wasser - moderne Stadtquartiersentwicklung in Flusslage. BPS-Arbeit. Universität Kassel, Kassel.
- HORN, JOACHIM (2006): Renaturierung und Entwicklung urbaner Fließgewässer. Am Beispiel Wahlebach und Grunnelbach in Kassel - Schwerpunkt Grunnelbach. doku:lab FB06 Universität Kassel, Kassel.
- KLOSS, ALINA; SCHUSTER, ELENA; TSCHIERSCHE, AMELIE; WINKLER, JANET (2019): Biotopverbund an der mittleren Fulda. Tiere in der räumlichen Planunf - Planungskonzept zum Biotopverbund und zur Biotopvernetzung. Projektarbeit. Universität Kassel, Kassel.
- KOELSCH, WINFRIED (1989): Neugestaltung des Ahnagrünzuges in der Kasseler Nordstadt. Diplom I. GhK, Kassel.
- MALKMUS, HANNELORE; RIBBE, LUTZ; WÜSTHUBE, HARRY (1977): Zur Finanzierung der Kasseler Bundesgartenschau. Unter Mitarbeit von Peter Erny und Klaus Pfromm. Hg. v. doku:lab FB06 Universität Kassel. Universität Kassel. Online verfügbar unter Signatur: 11565.
- MENGEL, REINHOLD; SAALFELD, KLAUS (1982): Wahrnehmung von Freiräumen. Ein Spaziergang durch die Fuldaaue. Hochschulschrift. Gesamthochschule Kassel, Kassel.
- MICHEL, JÜRGEN (1989): Uferlos und trotzdem abgebrochen. Die Kasseler Fuldaaue 7 Jahre nach der Bundesgartenschau. Diplomarbeit. GhK, Kassel
- RADERSCHALL, ROLAND; ROGALL, ANNEGRET (1982): Kasseler Bachläufe und ihre Freiraumqualitäten oder vom Versuch diese aufzuspüren. Diplomarbeit. GhK, Kassel.
- RÖDER, SEBASTIAN (2010): Naturnaher Gewässerausbau kleiner Fließgewässer im städtisch verdichteten Raum. am Beispiel der Ahna auf dem Campusgelände der Universität Kassel am Holländischen Platz. BPS-Studienarbeit. GhK, Kassel.
- SOMMERHAGE, MAIK (2016): SPA-Monitoring-Bericht für das EU-Vogelschutzgebiet 4722-401. Fuldaaue um Kassel. (Kreise Kassel und Schwalm-Eder, Hessen). Hg. v. Staatliche Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland. Wetterburg.
- STADT KASSEL (o.J.): Fuldakonzept rückt den Fluss in den Blick. Online verfügbar unter [https://www.kassel.de/buerger/bauen\\_und\\_wohnen/projekte-und-entwicklung/inhaltsseiten/fuldakonzept.php](https://www.kassel.de/buerger/bauen_und_wohnen/projekte-und-entwicklung/inhaltsseiten/fuldakonzept.php)
- STANIK, NILS (2022): Pflegeeinsatz im NSG Fuldaaue. Hg. v. HGON. Online verfügbar unter <https://www.hgon.de/entdecken/aktuelles/pflegeeinsatz-im-nsg-fuldaaue/>.
- TRUTHMANN, ANNA (2014): Renaturierung von Fließgewässern. Eine Evaluierung der Strukturgüte und der Maßnahmen zur Erfüllung der WRRL an der Ahna/Ahne. Bachelorarbeit. GhK, Kassel.
- WIECHMANN, SEVERINA (2016): Methodik der Gewässerstrukturgütekartierung am Beispiel verschiedener Abschnitte der Ahna und Warme. Studienarbeit. Universität Kassel, Kassel.

# Impressum

HERAUSGEBERIN:  
Universität Kassel  
Fachbereich Architektur, Stadtplanung,  
Landschaftsplanung

ARBEITSBERICHTE:  
Heft XX

ISBN:  
XXX

BEZUGSADRESSE:  
Infosystem Planung  
Universität Kassel  
Henschelstraße 2, D.34127 Kassel

Tel.: +49 (0)561/804-2016  
Fax: +49 (0)561/804-2232  
E-mail: [info-isp@uni-kassel.de](mailto:info-isp@uni-kassel.de)

URL:  
<http://www.isp.uni-kassel.de>

BEARBEITUNG:  
Prof. Dr. Britta Jänicke  
Franziska Bernstein  
unter Mitarbeit von Till Wiesehoff