

Julia Michalczyk



Urbane Vulnerabilitätsanalyse gegenüber Hitze am Beispiel der Stadt Hannover

Masterarbeit im Sommersemester 2017

Urbane Vulnerabilitätsanalyse gegenüber Hitze am Beispiel der Stadt Hannover

Unter Begutachtung von
Prof. Dr. Frank Othengrafen
Dr. Meike Levin-Keitel



Abbildung 1: Luftbild Stadtteil List und Oststadt, mit Stadtwald Eilenriede (JOHAENTGES o.J.: www)



Abbildung 2: Kreuzung in der Südstadt (eigene Aufnahme)



Abbildung 3: Maschseeufer (eigene Aufnahme)

Verfasserin: Julia Michalczyk
Matrikelnummer: 3182120
Eingereicht am: 20.09.2017

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen beiden Prüfern, Herr Prof. Dr. Frank Othengrafen und Frau Dr. Meike Levin-Keitel für die gute Betreuung bedanken.

Weiterhin bedanken möchte ich mich bei meinen Interviewpartnern von der Stadt Hannover. Ein besonderer Dank geht an Herrn Schmidt von der Stadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün. Auch durch Ihre sehr hilfreichen Ideen und Anmerkungen zu der Thematik konnte ich einen Beitrag zur Klimaanpassung der Stadt Hannover leisten. Durch die von Ihnen zur Verfügung gestellte Literatur und Datengrundlagen war es mir erst möglich diese Arbeit zu verfassen.

Bedanken möchte ich mich auch bei der Firma GEO-Net Umweltconsulting, die mir freundlicherweise einige Daten zur Verfügung gestellt hat, sodass ich die GIS-basierten Analysen im Stadtgebiet durchführen konnte. Ein besonderer Dank geht an Herrn Funke.

Ein weiteres Dankeschön geht an meine Freunde und an meine Familie, die mir Hinweise und Anregungen zu der Arbeit gegeben haben.

Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Datum, Unterschrift

Zusammenfassung

Als wichtigste direkte Auswirkung des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit wird derzeit die Belastung durch Hitze angesehen (MENNE 2011: 6f). Die Überwärmung führt in Städten in Bereichen mit hohen Versiegelungsgraden und geringer Durchlüftung zu städtischen Wärmeinseln. Für Menschen ist dabei von besonderer Bedeutung, dass Wärme- und Hitzebelastungen in der Zukunft häufiger und stärker sein sowie länger andauern werden (WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43; UBA 2017: www). Solch längere Hitzeperioden ohne ausreichende nächtliche Abkühlung sind ein gesundheitlicher Stressfaktor, vor allem für ältere Menschen (NIEDERSÄCHSICHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ 2009: www). Daraus ergibt sich ein akuter Handlungsbedarf für die Stadt- und Umweltplanung, um das Potenzial an lokalen Maßnahmen zur Abschwächung dieser Stresssituation für Stadtbewohner optimal ausnutzen und die Anpassungsmaßnahmen an das sich verändernde Klima sinnvoll lokalisieren zu können. Vor diesem Hintergrund ist planerisches Handeln für die Reduzierung der Verwundbarkeit (Vulnerabilität) sowie den gezielten Aufbau von Anpassungskapazitäten gegenüber den Einwirkungen des Klimawandels von zentraler Bedeutung (BMVBS 2010: 10).

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand einer GIS-basierten Analyse die Vulnerabilitäten der Stadt Hannover gegenüber Hitze (abhängig von den verschiedenen Anpassungskapazitäten des Raumes) zielgenau zu identifizieren.

Da es bisher kein standardisiertes Verfahren zur Vulnerabilitätsanalyse gibt, orientiert sich das Vorgehen an der Analyse der Region Westsachsen von 2011 (SCHMIDT et. al. 2011). Die Vulnerabilität wird als Risiko verstanden, welches sich aus den Komponenten Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazitäten zusammensetzt. Durch die Verknüpfung der Exposition mit der Sensitivität erfolgt eine Abschätzung der Betroffenheit. In einem weiteren Schritt wurden Anpassungskapazitäten (Verminderung- und Ausweichkapazitäten) ermittelt, die anhand einer Verschneidung mit den Betroffenheiten zur Vulnerabilität führen.

Es wurden Vulnerabilitäten unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität und Vulnerabilitäten unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten ermittelt.

Wie die Analyse gezeigt hat, sind insbesondere Verdichtungsräume mit wenig Grün und Industrie- und Gewerbeflächen bedingt durch den städtischen Wärmeineffekt, hohe Versiegelungsgrade und fehlende Verminderungskapazitäten als vulnerabel zu bewerten. Dies sind zum Beispiel Quartiere in Mitte oder Linden-Mitte. Hier wurde deutlich, dass die räumliche Ausdehnung der Vulnerabilitäten zunehmen wird und im Jahr 2050 nahezu der gesamte Kernbereich der Stadt vulnerabel gegenüber Hitze sein wird. Die identifizierten Bereiche werden im Grad ihrer Verwundbarkeit eher weniger zunehmen. Angesichts der steigenden demografischen Alterung und des zu erwartenden Zuzugs und der damit verbundenen Bebauungszunahme ist jedoch mit einer Zunahme des Grades der Verwundbarkeit zu rechnen.

Gleichzeitig hat sich ergeben, dass Grün- und Freiflächen als Naherholungsmöglichkeit und Rückzugsort bei Hitze für Stadtbewohner nahezu flächendeckend fußläufig im Stadtgebiet aufgesucht werden können. Aktuell sind Bereiche, u. A. in den Stadtteilen Mitte, Vahrenwald, List oder Linden-Mitte bedingt durch das Nicht-Erreichen als vulnerabel zu bewerten. Bis 2050 ist nur eine geringe flächige Zunahme der Vulnerabilität zu erwarten. Die zukünftig vulnerablen Bereiche werden eher höher gegenüber Hitze betroffen sein.

Klimaanpassungsmaßnahmen sollten vor diesem Hintergrund vor allem in den hoch versiegelten Siedlungsbereichen, die auch demografische Sensitivitäten aufweisen wie Mitte, Vahrenwald, Linden-Nord oder Linden-Mitte durchgeführt und angewandt werden.

Maßnahmen zur Verbesserung sind:

- Anpassung des Gebäudebestandes an Hitzebelastungen (Dämmung, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung usw.),
- klimatisch entlastende Grün- und Freiflächen in den vulnerablen Siedlungsbereichen erhalten und neu anzulegen sowie
- Entsiegelungsmaßnahmen und Verbesserung wohnungsnaher Grünflächenversorgung.

Wesentliche Maßnahme ist auch der Erhalt und das Freihalten der Kaltluftproduktionsflächen.

Die Ergebnisse der Analyse werden in Karten dargestellt und verstehen sich als Entscheidungshilfe für die Stadt- und Umweltplanung für die Umsetzung gezielter Adaptionenmaßnahmen. Zum Beispiel kann in der Fachkarte Klimaanpassung ein Ausschnitt der vulnerablen Gebiete abgebildet werden, die bei städtischen Planungen zu berücksichtigen sind.

Im Vergleich zur Stadt Stuttgart handelt es sich bei der Notwendigkeit zur Anpassung an Hitze im urbanen Raum in Hannover nicht um einen akuten Bedarf. In Hinblick auf die projizierten Klimaänderungen muss sich die Stadt dennoch auf zunehmende Hitzeinseleffekte und daraus resultierende zunehmende Betroffenheiten und Vulnerabilitäten für die Wohn- und Arbeitsbevölkerung einstellen. Klimaökologische Funktionen als Beitrag zur Sicherung gesunder Wohn- und Arbeitsbedingungen sollten verstärkt in Planungen berücksichtigt werden. Generell ist eine verstärkte Kommunikation und Absprache hinsichtlich der zukünftigen Verortung von Maßnahmen zwischen der Umwelt- und Stadtplanung ein sinnvoller Schritt, um zur Verbesserung der klimatischen Situation in Hannover beizutragen. Essentiell für den Erfolg von klimarelevanten Maßnahmen ist daher, dass sie mit den anderen Belangen der Stadtentwicklung kommuniziert und abgestimmt werden, um so möglichst viele Synergien zu schaffen, die für Planungen und Umsetzungen genutzt werden sollten.

Die vorliegende Arbeit macht deutlich, dass vor dem Hintergrund des zunehmenden Klimawandels die Ermittlung der Vulnerabilität urbaner Räume eine zentrale Rolle für den Erhalt gesunder Lebensqualität spielt. Ferner wurde durch diese Arbeit gezeigt, dass die Vulnerabilitätsanalyse ein zentraler Ansatzpunkt ist, wenn es darum geht, gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels vulnerable Raumnutzungen zu identifizieren und diese durch planerische Maßnahmen anpassungsfähiger zu machen.

Abstract

The exposure to heat is currently seen as the most important direct impact of climate change on human health (MENNE 2011: 6f). In areas with high levels of sealing and low aeration the overheating in cities leads to urban heat islands. Of particular importance for humans is that heat and heat stress in the future will be more frequent, stronger and longer lasting (WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43; UBA 2017: www). Especially for the elderly such longer periods of heat without adequate nighttime cooling are a health stress factor (LOW-LAST MINISTRY FOR ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE 2009: www). This results in an acute need for action for urban and environmental planning to optimally exploit the potential of local measures to mitigate this stress situation for urban residents and to be able to localize the adaptation measures to the changing climate. Against this background, planning action is crucial to the reduction of vulnerability as well as the targeted establishment of adaptation capacities against the effects of climate change (BMVBS 2010: 10).

The aim of this thesis is to use a GIS-based analysis to accurately identify the vulnerabilities of the city of Hanover against heat (depending on the different adaptive capacities of the room).

As there is no standardized method for vulnerability analysis, the approach is based on the analysis of the region of Westsachsen from 2011 (SCHMIDT et al. 2011). Vulnerability is understood as a risk, which consists of the components exposure, sensitivity and adaptation capacities. An assessment of the affectedness is made by linking the exposure to the sensitivity. In a further step, adaptive capacities (reduction and avoidance capacities) were identified, which lead to vulnerability on the basis of an intersection with the affected areas.

Vulnerabilities were determined by taking into account the reduction capacity and in consideration of the avoidance capacities.

As the analysis has shown, compacting areas with little greenery and highly sealed industrial and commercial areas are to be assessed as vulnerable due to the urban heat island effect, the utilization and the lack of reduction capacities. Examples for these are districts in Mitte or Linden-Mitte. Here it became clear that the extent of the vulnerability will increase and that in 2050 almost the entire core area of the city will be vulnerable to heat. However, the identified areas will tend to increase less in the degree of their vulnerability. However, in view of the rising demographic aging, the expected influx and the associated building development, an increase in the degree of vulnerability is to be expected.

At the same time it has been found that green and open spaces as a place for recreation and retreat for heat can be visited by city dwellers within walking distance almost anywhere in the urban area. Currently the areas in the districts, among others, of Mitte, Vahrenwald, List or Linden-Mitte are assessed as vulnerable due to the non-achievement. By 2050, only a small

increase in vulnerability is expected. The future vulnerable areas will be more affected by heat.

Against this background climate adaptation measures should be implemented and applied especially in the highly sealed settlements, which also have demographic sensitivities such as Mitte, Vahrenwald, Linden-Nord or Linden-Mitte.

Measures for improvement are:

- Adaptation of the building stock to heat stress (insulation, roof greening, façade greening, etc.),
- conserve and create new green spaces and open spaces in the vulnerable areas of settlements;
- desealing measures and the improvement of close-to-home green space supply.

Another important measure is the preservation and safeguarding of cold air production areas. The results of the analysis are presented in maps and serve as a decision-making aid for urban and environmental planning for the implementation of targeted adaptation measures. For example, in the Climate Adaptation section, a section of the vulnerable areas can be mapped, which must be considered in urban planning.

Compared to the city of Stuttgart, the need to adapt to heat in the urban area in Hanover is not an acute need. With regard to the projected climate change, however, the city has to adapt itself to increasing heat island effects and the resulting increase in vulnerabilities for the living and working population. Climate ecologic functions as a contribution to safeguarding healthy living and working conditions should be considered more intensively in planning. In general, increased communication and consultation between the environmental and the city planning regarding the future location of measures is a sensible step in order to contribute to the improvement of the climatic situation in Hanover. Essential for the success of climate-relevant measures is therefore that they should be communicated and coordinated with other aspects of urban development to create as many synergies as possible which should be used for planning and implementation.

The present work shows that against the background of increasing climate change the determination of the vulnerability of urban areas plays a central role for maintaining healthy living quality. Furthermore, this work has shown that the vulnerability analysis is a central starting point when it comes to identifying vulnerable uses of space against the effects of climate change and making them more adaptable through planning measures.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	I
Eidesstaatliche Erklärung	I
Zusammenfassung.....	II
Abstract.....	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Anhang.....	XII
1 Einleitung.....	1
2 Anlass, Zielsetzung und Fragestellung	4
3 Klimawandelbedingte Hitze als Bedrohung für die menschliche Gesundheit im urbanen Raum	5
3.1 Temperaturentwicklung und Hitzewellen in Deutschland	5
3.2 Temperaturentwicklung und Hitze in Städten	8
3.2.1 Überwärmung in Hannover.....	9
3.2.2 Überwärmung in Stuttgart.....	10
3.3 Auswirkungen von Hitzewellen und Temperaturanstieg auf die städtische Bevölkerung.....	12
4 Aufbau und Methodik	14
4.1 Aufbau der Arbeit.....	14
4.2 Begriffsverständnis und Methodik der Vulnerabilitätsanalyse.....	14
4.2.1 Ermittlung der nutzungsbedingten Sensitivität.....	18
4.2.1.1 Daten zur Ermittlung der nutzungsbedingten Sensitivität	18
4.2.1.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der nutzungsbedingten Sensitivität.....	18
4.2.2 Ermittlung der demografischen Sensitivität	20
4.2.2.1 Daten zur Ermittlung der demografischen Sensitivität	21
4.2.2.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der demografischen Sensitivität	21
4.2.3 Ermittlung der Betroffenheit (besonderer Fokus auf sensitive Einrichtungen, Altersgruppen und auf die Bevölkerungsdichte)	27
4.2.3.1 Daten zur Ermittlung der Betroffenheit.....	28
4.2.3.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Betroffenheit.....	28
4.2.4 Ermittlung der Anpassungskapazitäten	30
4.2.4.1 Daten zur Ermittlung der Anpassungskapazität	30
4.2.4.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Anpassungskapazität.....	31
4.2.5 Ermittlung der Vulnerabilität.....	41
4.2.5.1 Daten zur Ermittlung der Vulnerabilität	41

4.2.5.2	Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Vulnerabilität	41
4.2.6	Methodik der leitfadengestützten Interviews.....	44
5	Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse im urbanen Raum.....	45
5.1	Ergebnisse zur Sensitivität gegenüber den Hitzeentwicklung	45
5.1.1	Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche	45
5.1.2	Anteil der Senioren je Hektar Stadtteilfläche	46
5.1.3	Sensitive soziale Einrichtungen	47
5.1.4	Demografische Sensitivität	47
5.1.5	Nutzungsbedingte Sensitivität	48
5.2	Ergebnisse zur Betroffenheit.....	49
5.3	Ergebnisse zur Anpassungskapazität.....	50
5.4	Ergebnisse zur Vulnerabilität	51
5.5	Verwundbarkeit durch Nachverdichtung und Bebauung.....	56
6	Fokus auf betroffene Stadtteile mit vordringlichem Handlungsbedarf.....	58
6.1	Innenstadt	59
6.2	Stadtteil Vahrenwald und List	60
7	Handlungsoptionen für die Stadtentwicklung zum Erhalt und zur Verbesserung der klimatischen Situation in Hannover	61
7.1	Leitlinie: nachhaltige, klimaangepasste Stadtentwicklung in Hannover	62
7.2	Gesamtstädtische Handlungsoptionen zur Anpassung an klimawandelbedingte Hitzebelastungen	63
7.3	Quartiersbezogene Handlungsoptionen zur Anpassung an klimawandelbedingte Hitzebelastungen	66
7.4	Umsetzungshinweise für die Stadtplanung.....	67
7.5	Zielkonflikte und Synergieeffekte von Maßnahmen	69
8	Diskussion	70
9	Fazit und Ausblick	76
	Quellenverzeichnis.....	80
	Anhang	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild Stadtteil List und Oststadt, mit Stadtwald Eilenriede (JOHAENTGES o.J.: www).....	1
Abbildung 2: Kreuzung in der Südstadt (eigene Aufnahme)	1
Abbildung 3: Maschseeufer (eigene Aufnahme)	1
Abbildung 4: Temperaturentwicklung in Deutschland seit 1881 und voraussichtliche Entwicklung bis 2100 (KLIMAFAKTEN 2015: www)	6
Abbildung 5: Hitzewarnungen und Belastungen von 1970 bis 2012 (UBA 2015a:www)	7
Abbildung 6: Jährliche Anzahl der heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 Grad Celsius (1950-2015) (DWD in UBA 2015a: www)	8
Abbildung 7: Sommertage und Hitzetage in Hannover-Langenhagen (1987-2013) (GEONET 2015 in SCHMIDT et. al. 2017: 8)	9
Abbildung 8: Entwicklung der mittleren jährliche Häufigkeit klimatologischer Ereignisse in der Innenstadt von Hannover für die Zeithorizonte 2001 bis 2010, 2046-2055 und 2090-2099 (verändert nach GeoNet 2011 in SCHMIDT et. al. 2017: 10).....	10
Abbildung 9: Sommertage und heiße Tage in Stuttgart Mitte, Messstation Schwabenzentrum (1987-2015) (verändert nach AFU STUTTGART 2016: www).....	11
Abbildung 10: Tägliche Sterbefälle (alle Ursachen) und der Tagesmaxima des Universal Thermal Climate Index (UTCI) in Berlin 2010 im Vergleich zu Mittelwerten auf Basis 2000-2010 (SCHREBER 2014: www)	12
Abbildung 11: Steigende Hitzebelastung für über 80-Jährige (DWD 2017: www).	13
Abbildung 12: Ablauf der Methodik (eigene Darstellung)	14
Abbildung 13: Methodik zur Ermittlung der Vulnerabilität (eigene Darstellung nach SCHMIDT et.al. 2011: 43)	17
Abbildung 14: Auszug aus dem Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der Dichte sensibler Einrichtungen (eigene Darstellung).....	24
Abbildung 15: Funktionsweise des Werkzeuges "Union" (Vereinigen) (ARCGIS 2012: www)	25
Abbildung 16: Funktionsweise des Werkzeuges "Intersect" (Überschneiden) (ARCGIS 2012b: www)	26
Abbildung 17: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur demografischen Sensitivität (eigene Darstellung)	27
Abbildung 18: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der aktuellen Betroffenheit und zuschneiden der Betroffenheit auf Detailbereiche Vahrenwald/List und Mitte.....	28
Abbildung 19: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der zukünftigen Betroffenheit und Zuschnitt auf Detailbereiche Vahrenwald/List und Innenstadt	29
Abbildung 20: Ausschnitt aus Erläuterungskarte 3 "Klimaökologisch bedeutsame Flächen" (RROP 2016) inkl. Legende	36
Abbildung 21: Ausschnitt der Karte inkl. Legende "Klimaökologische Funktionen im Stadtgebiet Hannover" Klimafunktionskarte 2006 (STADT HANNOVER 2006: www).....	37
Abbildung 22: Ausschnitt aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Festlegung der Ausstrahlungsbereiche der ausgewählten Flächentypen.....	39
Abbildung 23: Ausschnitt Modelbuilder - Ermittlung der aktuellen und zukünftigen Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten (fußläufige Erreichbarkeit)	43
Abbildung 24: Einwohner/ha Stadtteilfläche am 01.01.2016 (Auszug aus Gesamttabelle) (STADT HANNOVER 2016: i-4).....	46
Abbildung 25: Senioren pro Hektar Stadtteilfläche am 01.01.2016 (Auszug aus Gesamttabelle) (STADT HANNOVER 2016: I-4)	47

Abbildung 26: Auszug aus Karte 7 zur Bodenversiegelung Hannovers (ATKIS Basis DLM).	48
Abbildung 27: Ausschnitt Karte 8 (Vahrenwald/List) - Aktuell von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten	50
Abbildung 28: Ausschnitt Karte 9 (Vahrenwald/List) - Bereiche mit Zunahme der Wärmebelastung und Fokus auf demografische Sensitivitäten (Szenario 2050).....	50
Abbildung 29: Ausschnitt Karte 12 (Linden-Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Aktuelles Szenario).....	52
Abbildung 30: Ausschnitt Karte 13 (Linden-Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Zukünftiges Szenario).....	52
Abbildung 31: Ausschnitt Karte 12 (Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (aktuelles Szenario)	52
Abbildung 32: Ausschnitt Karte 13 (Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Zukünftiges Szenario).....	52
Abbildung 33: Legende zur Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazität	53
Abbildung 34: Ausschnitt Karte 14 (Vahrenwald/List) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten (Aktuelles Szenario)	54
Abbildung 35: Ausschnitt Karte 15 (Vahrenwald/List) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (Zukünftiges Szenario)	54
Abbildung 36: Legende zur Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität.....	54
Abbildung 37: Ausschnitt Karte 14 (Oststadt) – Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten (aktuelles Szenario).....	55
Abbildung 38: Ausschnitt Karte 15 (Oststadt) – Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (Szenario 2050)	55
Abbildung 39: Digitales Orthophoto (DOP) der Stadt Hannover (Auszug Stadtteil Mitte, Stand: 2015) mit Überlagerung der Betroffenheiten (eigene Darstellung; Quelle: GEOINFORMATION LHS Hannover 2015: www).....	59
Abbildung 40: Luftbild Stadtteil Mitte (GOOGLE 2017a: www)	60
Abbildung 41: Detailausschnitt des Luftbildes: Stadtteil Mitte (GOOGLE 2017a: www).	60
Abbildung 42: Digitales Orthophoto (DOP20) der Stadt Hannover (Auszug Stadtteil Vahrenwald/List, Stand: 2015) mit Überlagerung der höher bioklimatisch belasteten Siedlungsräume	60
Abbildung 43: Luftbild Stadtteil List (Google 2017b: www)	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einstufung des Versiegelungsgrades anhand der Landnutzungskartierung (ATKIS Basis DLM).....	19
Tabelle 2: Bewertung der nutzungsbedingten Sensitivität (eigene Darstellung)	20
Tabelle 3: Sensitivitätsstufen - Einwohner/ha Stadtteilfläche (nach LHS Hannover 2016: i 7).	22
Tabelle 4: Bewertung der Sensitivität - Menschen mit 60 Jahren und älter pro Hektar Stadtteilfläche (nach SCHMIDT et. al. 2011:49)	23
Tabelle 5: Bewertung der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen (orientiert SCHMIDT et. al. 2011: 50)	24
Tabelle 6: Verschneidungsmatrix der Dichte der Senioren an der Gesamtbevölkerung und der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen zur Ermittlung der Sensitivität (Schritt 1) (eigene Darstellung).....	25
Tabelle 7: Verschneidungsmatrix der Tabelle 6 und der Einwohnerdichte zur Ermittlung der demografischen Sensitivität (Schritt 2) (eigene Darstellung)	26
Tabelle 8: Arbeitsschritte der Bewertung im GIS (eigene Darstellung)	27
Tabelle 9: Bewertung der Betroffenheit - demografisch sensitive Bereiche (eigene Darstellung).....	29
Tabelle 10: Bewertung der zukünftigen Betroffenheit – demografisch sensitive Bereiche (eigene Darstellung)	30
Tabelle 11: Flächentypen mit jeweiliger klimatischer Wirkung (eigene Darstellung).....	31
Tabelle 12: Methodik zur Ermittlung und Bewertung der aktuellen Vulnerabilität urbaner Räume unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (eigene Darstellung nach SCHMIDT et.al. 2011: 55f)	42
Tabelle 13: Methodik zur Ermittlung und Bewertung der zukünftigen Vulnerabilität urbaner Räume unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (eigene Darstellung).....	42
Tabelle 14: Maßnahmenkatalog der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen (eigene Darstellung).....	64
Tabelle 15: Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche in Hannover (eigene Darstellung nach STADT HANNOVER 2016: i7f)	95
Tabelle 16: Anzahl sensitiver Einwohner (Senioren) pro Hektar Stadtteilfläche (eigene Darstellung nach STADT HANNOVER 2016: I 4f).	96

Anhang

- 1 Daten zur Ermittlung der Sensitivität
- 2 Übersicht der Interviewpartner
- 3 Interviewleitfaden zur Reflexion der Vulnerabilitätsanalyse und zu Möglichkeiten zur Verbesserung der klimatischen Situation im urbanen Raum
- 4 Ergebniskarten der Gis-basierten Vulnerabilitätsanalyse

Exposition

Karte 1 – Bioklimatisch höher belastete Siedlungsräume (Stand 2006)

Karte 2 – Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung bis 2050

Sensitivität

Karte 3 – Sensitivität A - Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche

Karte 4 – Sensitivität B - Anteil der Senioren an Gesamtbevölkerung pro Stadtteil

Karte 5 - Sensitivität C - Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen

Karte 6 – Demografische Sensitivität

Karte 7 – Nutzungsbedingte Sensitivität

Betroffenheit

Karte 8 – Von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten

Karte 9 – Zukünftig von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten

Anpassungskapazität

Karte 10 – Verminderungskapazität

Karte 10a – Verminderungskapazität und Versiegelungsgrad

Karte 11 – Ausweichräume und deren fußläufige Erreichbarkeit

Vulnerabilität

Karte 12 – Vulnerabilität (Aktuell vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Ausweichräume und deren Erreichbarkeit)

Karte 13 – Vulnerabilität 2050 (Im Jahr 2050 vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Ausweichräume und deren Erreichbarkeit)

Karte 14 – Vulnerabilität (Aktuell vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten)

Karte 15 – Vulnerabilität 2050 (Im Jahr 2050 vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten)

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

1 Einleitung

Klimaänderungen- und Schwankungen waren bereits in der Vergangenheit zu verzeichnen. Menschliches Handeln hat jedoch noch nie so schnell und so deutlich das Klima beeinflusst wie in den jüngsten Jahrzehnten (UBA 2012: www, IPCC 2014: 6f).

Laut der Intergovernmental Panel of climate change (IPCC) (2007) gehen die Klimaprojektionen von einer Erwärmung der durchschnittlichen Jahrestemperatur in Deutschland im Zeitraum 2081 – 2100 um 1,8 Grad bis 4,0 Grad gegenüber dem Referenzzeitraum 1980-1999 aus (BUNDESREGIERUNG 2008: 8f). Dabei wird sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich ausprägen. Die Häufigkeit und Stärke von Extremwetterereignissen wird sich insgesamt erhöhen. Zukünftig wird es zwar weniger kalte Tage geben, die Anzahl von Sommertagen (Tagesmaximum über 25 °C), heißen Tagen (Tagesmaximum über 30 °C) und tropischen Nächten (Tagesminimum nicht unter 20 °C) wird jedoch voraussichtlich deutlich zunehmen (SMUL 2005: 9f; WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43; UBA 2017: www). Durch den Temperaturanstieg und die höhere Anzahl der Hitzetage wird es auch häufiger Hitzeperioden geben, die länger andauern können (WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43).

Diese Bandbreite möglicher klimatischer Veränderungen beeinflusst insbesondere zukunftsorientierte Planungsvorhaben, sodass der Klimawandel eine immer stärkere Bedeutung für das planerische Handeln einnimmt (BMVBS 2009: 5; RÖßLER et. al. 2014: 1). Im Vergleich zu ländlicheren Gebieten sind besonders Großstädte, Stadtregionen und deren Bewohner durch Extremwetterereignisse beeinflusst und stehen vor der Herausforderung der adäquaten Anpassung an den Klimawandel (BMZ o.J.: www; WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43). Auf Grund des hohen Versiegelungsgrades, durch die Konzentration der Bevölkerung, die Beständigkeit gebauter Infrastruktur oder durch den übermäßigen Eintrag von Luftschadstoffemissionen, heizen sich Städte deutlich stärker auf als das Umland, was sich unter den Begriffen der „Urban-Heat“-Problematik oder „Wärmeinseleffekt“ zusammenfassen lässt (STEINRÜCKE et. al. 2010: 1, STADT KARLSRUHE 2013: 78). Hinzu kommen der hohe Siedlungsdruck und die nach wie vor steigende Wohnungsnachfrage, was das Problem tendenziell weiter verschärft (STADT KARLSRUHE 2013: 78, GEWOS 2013: 4).

Folglich besteht im urbanen Raum - im Vergleich zum Umland - ein erhöhter Handlungsbedarf. Bei der Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels ist zu beachten, dass jede Stadt durch die jeweiligen Stadtstrukturen ein eigenes urbanes Klima aufweist (sogenanntes Stadtklima) sodass Städte, einzelne Stadtteile und sogar Wohnblöcke unterschiedliche Empfindlichkeiten und Verwundbarkeiten aufweisen können (LHS STUTTGART 2017: www).

Von den Folgen des Klimawandels, insbesondere von Hitzebelastungen, ist das weitläufige Handlungsfeld menschliche Gesundheit im Sinne von gesunden Lebens-, Arbeits-, und Erholungsbedingungen am stärksten betroffen (CAMPE et. al. 2015: 343f). Vor allem in innerstädtischen Quartieren ist bedingt durch die entstehenden Wärmeinseln mit hitzebedingten Gesundheitsbelastungen der Bewohner und einer Beeinträchtigung der Aufenthaltsqualitäten zu rechnen (IPCC 2014: 16; HOLST & MAYER 2010: 13, BONGARDT & PUHR 2017: www).

Um die Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und die Gesundheit von Menschen auch zukünftig zu sichern, müssen sich Städte und Ballungszentren zwangsläufig verstärkt auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels einstellen (STEINRÜCKE et. al. 2010: 1).

Eine besondere Rolle kommt in Zukunft der Stadtentwicklung zu, denn diese sollte bereits heute stadtklimatisch optimierte Lösungen entwickeln, um die thermische Belastung innerhalb des Siedlungsraumes auch unter extremen Hitzebedingungen zu reduzieren (STADT KARLSRUHE 2013: 78).

Aber nicht nur das wärmere Stadtklima führt zu höheren gesundheitlichen Belastungen und Risiken. Auch die Empfindlichkeit der Menschen gegenüber Hitze bestimmt die Höhe dieser Risiken. Dabei sind nicht alle Menschen gleich betroffen: Vor allem Ältere, Kranke oder Kleinkinder sind empfindlicher beziehungsweise anfälliger (sog. vulnerable Bevölkerungsgruppen). Aber auch bei gesunden Menschen kann Hitze zu Erschöpfung und eingeschränkter Leistungsfähigkeit führen (UBA 2015: 606ff; BMVBS 2009: 22, STADT HANNOVER 2009: 2, RÖßLER et. al. 2014: 1, IPCC 2014: 16).

Zur Anpassung an die Hitzebelastungen im urbanen Raum ist es daher notwendig, die voraussichtlichen Auswirkungen und Betroffenheiten zu ermitteln und so gut wie möglich räumlich darzustellen. Nur auf dieser Basis können klimawandelangepasste Strukturen und Nutzungen entwickelt werden, welche die Gefahren für die menschliche Gesundheit vermeiden bzw. minimieren können.

Somit stellen das Stadtklima und seine Wirkung auf den Menschen einen planungsrelevanten Faktor in der Stadtplanung dar und sind vor diesem Hintergrund auch bereits in zahlreichen rechtlichen Grundlagen verankert (z. B. §1 Abs. 3 Nr. 4 BNatSchG, oder im Bundesimmissionsschutzgesetz) (MATZARAKIS 2001: 9, REIß-SCHMIDT & BECKRÖGE 1993: 58f). Das Bundesnaturschutzgesetz sieht vor, dass „zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes insbesondere Luft und Klima zu schützen sind“, dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen.

Die Bewältigung der Folgen des Klimawandels wurde z. B. mit der Novelle des Raumordnungsgesetzes 2008 und der Klimaschutz-Novelle des Baugesetzbuches 2011 (§ 1 Abs. 5 BauGB) als neues Handlungsfeld auch in die Raumordnung integriert (KLIMA UND

RAUM 2009: www; KÜHLING & BAUMÜLLER 1993: 87ff). Die Städte und Gemeinden sollen demnach ihre Bauleitplanung an einer „nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang bringt“ ausrichten und mit dem Instrument dazu beitragen „eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern.“ (§1 Abs. 5 BauGB). Weiterhin ist nach dem Raumordnungsgesetz (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG) der Raum auch „in seiner Bedeutung für die Funktionsfähigkeit [...] des Klimas zu entwickeln, zu sichern oder soweit erforderlich, möglich und angemessen, wiederherzustellen“. Ferner gilt es, „den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“.

Die menschliche Gesundheit zählt ebenfalls seit Einführung der Umweltverträglichkeitsprüfung 1990 zu den Schutzgütern, die bei der Auswirkungsuntersuchung zu berücksichtigen sind. Seit der Novellierung des UVP-Gesetzes Mitte 2005 wird das Schutzgut auch in § 2 Abs. 1 ausdrücklich aufgeführt. Obwohl das Instrument nun mehr als zwanzig Jahre in der Praxis angewandt wird, ist eine zufriedenstellende und vorsorgeorientierte Bearbeitung dieses Schutzgutes meist selten (HARTLIK 2014: 15f).

Vor dem Hintergrund dieser stadt- und landschaftsplanerischen Grundsätze wird deutlich, dass stadtklimatische Belange und deren Auswirkungen bereits aktuell planungsrelevante Umstände darstellen und auch bedingt durch die zunehmende Extremwetterereignisse künftig zu den wichtigsten Aufgabenbereichen der Raumentwicklung zählen werden (SPIECKERMANN & FRANCK 2014: 159).

Klimaveränderungen und Extremwetterereignisse lassen sich zwar von der Planung nicht beeinflussen, die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) der Bevölkerung und Städte kann aber durch vorausschauendes Handeln (Adaption) reduziert werden. Von wesentlicher Bedeutung ist daher die Identifikation hitzesensitiver und betroffener Bereiche und die Ableitung lokaler räumlicher Vulnerabilitäten innerhalb des Stadtgebietes. Mittels einer in dieser Arbeit durchgeführten urbanen Vulnerabilitätsanalyse gegenüber Hitzebelastungen am Beispiel der Stadt Hannover, können sowohl betroffene urbane Bereiche erfasst und bewertet als auch durch kompensierende Anpassungskapazitäten die Vulnerabilität ermittelt werden. Weiterhin werden Anpassungsmaßnahmen- und Strategien erarbeitet, die die Stadtplanung berücksichtigen sollte.

2 Anlass, Zielsetzung und Fragestellung

Wie die Anpassung an den Klimawandel konkret in der Stadt Hannover gestaltet wird, gibt die Anpassungsstrategie und das Maßnahmenprogramm der Landeshauptstadt vor. Die Strategie bezieht sich im Wesentlichen auf künftige Probleme durch Überwärmung der Stadt (Hitzewellen, Tropennächte), verändertes Niederschlagsverhalten (Starkniederschläge, Hochwassergefährdung) und sommerliche Trockenperioden (SCHMIDT et. al. 2017: 13). Die Stadtverwaltung konzentriert sich dabei besonders auf acht Aktionen, die eng an das „Positionspapier zur Anpassung an den Klimawandel“ der Fachkommission Umwelt des Deutschen Städtetages von 2012 angelehnt sind (ebd.).

Die acht Aktionsfelder der Anpassungsstrategie sind (SCHMIDT et. al. 2017: 15):

1. Hochwasserschutz
2. Regenwassermanagement und Umgang mit Starkregenereignissen
3. Vorsorgender Boden- und Grundwasserschutz
4. Dachbegrünung
5. Klimaangepasste Vegetation
6. Klimaangepasste Stadtplanung und klimaangepasstes Bauen
7. Fachkarte Klimaanpassung
8. Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Das Aktionsfeld sieben, die Erarbeitung der Fachkarte Klimaanpassung, zählt zu den besonders bedeutenden Aspekten der Anpassung. Die Karte stellt die Aspekte des Klima(wandels) dar, sodass diese bereits im Vorfeld in anstehende Planungen integriert werden können (FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN 2015: 1). Es fehlen jedoch wichtige Informationen, die für eine klimaangepasste Stadtentwicklung von wesentlicher Bedeutung wären wie z. B. demografische/soziale Empfindlichkeiten oder die Ausweisung von Siedlungsbereichen, die bei Hitzeereignissen besonders gefährdet bzw. verwundbar sind.

Ziel dieser Arbeit ist daher die Erweiterung der Fachkarte Klimaanpassung um die räumlichen Verwundbarkeiten (Vulnerabilität) gegenüber Hitzebelastungen, um so die Anpassungsmaßnahmen an Hitze zielgenau verorten und durchführen zu können.

Die Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen wird im Sinne von Verletzbarkeit verstanden. Sie ergibt sich aus sozialen Aspekten (demografischer Sensitivität) als auch aus der nutzungsbedingten Sensitivität (Versiegelungsgrad) einschließlich kompensierender Verminderungs- und Ausweichkapazitäten.

Auf dieser kartografischen Grundlage können Maßnahmen, mit denen die Auswirkungen von Hitze auf die Stadtbewohner reduziert werden könnten, vorausschauender geplant bzw. effizienter an den empfindlichen Orten konzeptioniert werden. Die Ergebnisse werden in

Karten dargestellt und verstehen sich als Entscheidungshilfe für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen.

Folgende Forschungsfragen sollen in dieser Arbeit beantwortet werden:

- Welche Siedlungsbereiche sind auf Grund ihrer demografischen Zusammensetzung aktuell und zukünftig besonders empfindlich gegenüber Hitze?
- Welche Siedlungsbereiche sind von Hitzebelastungen aktuell und zukünftig betroffen?
- In welchen Siedlungsbereichen sind die höchsten Vulnerabilitäten vorhanden und zu erwarten?
- Wo werden Konflikte vor dem Hintergrund des sich ändernden Stadtklimas in der Stadt Hannover entstehen?
- Wie kann planerisch eine Verbesserung herbeigeführt werden?
- Ist die Vulnerabilitätsanalyse ein geeignetes Instrument um der Stadtplanung weitergehende Informationen zu geben?

3 Klimawandelbedingte Hitze als Bedrohung für die menschliche Gesundheit im urbanen Raum

Für diese Arbeit wird eine Eingrenzung der Wirkfolgen des Klimawandels auf den Faktor Hitze vorgenommen. Hitze gewinnt vor dem Hintergrund aktueller Klimatrends für Deutschland immer mehr an Bedeutung und wird für urbane Räume und dessen Bevölkerung in Zukunft besonders relevant sein (BMVBS/BBSR 2009: 18f).

3.1 Temperaturentwicklung und Hitzewellen in Deutschland

Die linke Seite der Abbildung 4 zeigt den Verlauf der Jahresmitteltemperaturen von 1881 bis 2014 in einer roten, stark schwankenden Kurve. In schwarz wird der Mittelwert für Deutschland dargestellt.

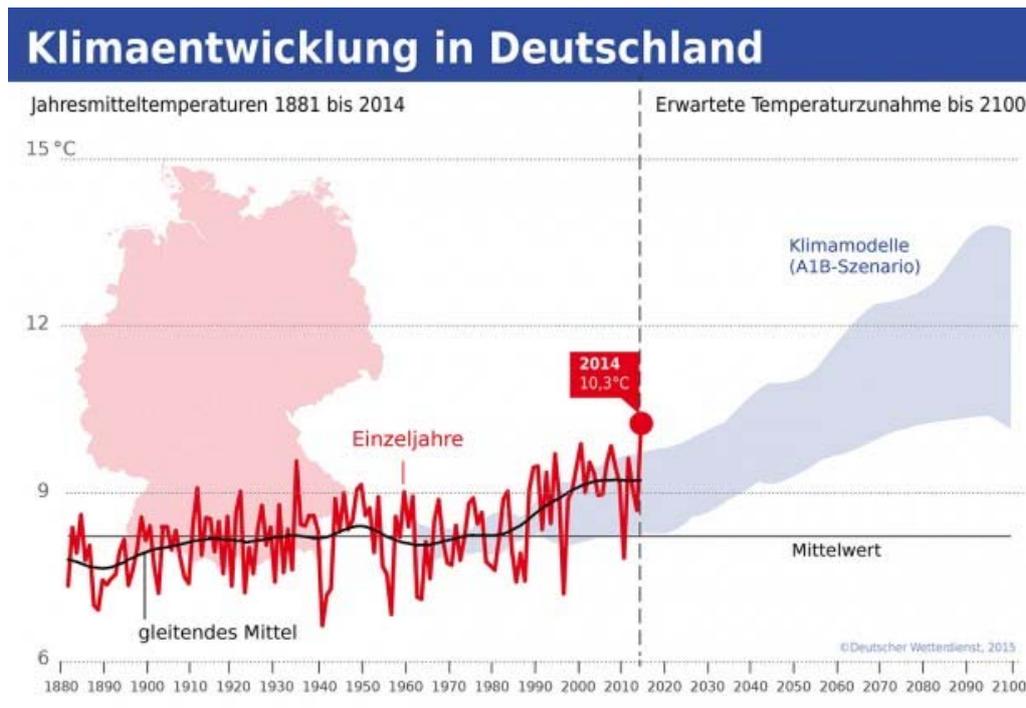


Abbildung 4: Temperaturentwicklung in Deutschland seit 1881 und voraussichtliche Entwicklung bis 2100 (KLIMAFAKTEN 2015: www)

Der Anstieg der Temperaturen verlief nicht linear, sondern eher wechselhaft. Nach einem Anstieg um das Jahr 1910 folgten wechselhafte Perioden und seit 1950 ein Abstieg der Temperaturen. Ab 1980 erfolgte wiederum ein starker und kontinuierlicher Anstieg der Temperaturen. Das Jahr 2014 ist schließlich mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,3 Grad das wärmste Jahr seit 1881.

Auf der rechten Seite der Grafik ist die erwartete Temperaturzunahme bis 2100 abgebildet. Die hellblaue Fläche stellt die Ergebnisse von Klimamodellen dar (gemäß des IPCC A1B-Szenario), also die zu erwartende Temperaturentwicklung bei moderat steigenden Treibhausgasemissionen (UBA 2017b: www). Der Langzeittrend zeigt bei allen Klimamodellen steigende Temperaturen.

Die klimatischen Veränderungen (neben den Temperaturen, auch z. B. veränderte Niederschlagsverhältnisse) lösen eine Vielzahl an Folgen aus, wie z. B. Hitzeperioden oder Hochwässer. Diese Folgen können auch kombiniert auftreten und sich gegenseitig beeinflussen (BMVBS 2012: 5).

Ein seit 1970 zunehmender Trend der Hitzeextrema ist auch in Abbildung 5 abgebildet. Insbesondere die Zahl der heißen Tage (hellblaue Linie) hat zugenommen. Tropennächte treten bislang im Gegensatz noch selten auf. Allerdings kommt es in Jahren mit ausgeprägten Hitzewellen auch regelmäßig zur Ausbildung von Tropennächten. Für diese Werte ist allerdings noch keine Tendenz ersichtlich (UBA 2015 a: www).

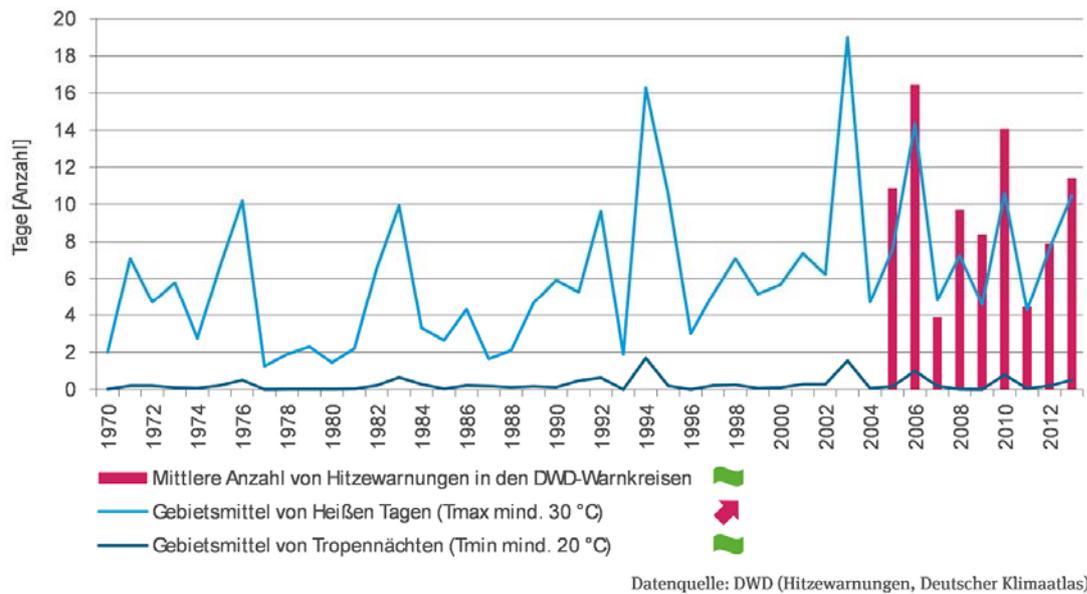


Abbildung 5: Hitzewarnungen und Belastungen von 1970 bis 2012 (UBA 2015a:www)

Die Trends lassen darauf schließen, dass besonders die Anzahl an Hitzewellen und heißen Tagen seit Mitte des 20. Jahrhunderts in vielen Regionen Deutschlands zugenommen hat (BECKER 2011: 5). Ebenfalls ist zu erwarten, dass die Dauer der Extremwetterereignisse zunehmen wird (BECKER 2011:5f; BBSR 2015: 17f).

Da extreme Wetterereignisse, insbesondere Hitze, in der Regel mit Folgen auf Stadtstruktur oder Gesellschaft verbunden sind, ist es notwendig diese vorzeitig zu berücksichtigen und Strategien zu entwickeln, um die Folgen zu minimieren (BECKER 2011: 6; BBSR 2015: 17f). Weiterhin können auch wirtschaftliche Aktivitäten (Arbeitsplatzklima, Leistungsfähigkeit) durch Hitze in der Stadt stark beeinträchtigt werden (GREIVING 2012: 13 in BMVBS 2012). Hitze und besonders Hitzewellen sind somit eine der besonders relevanten Naturgefahren für verdichtete Räume, die nicht mehr durch nächtliche Abkühlung ausgeglichen werden können (ADELPHI et. al. 2015: 606).

Dass die Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich Hitze bereits heute schon bemerkbar sind, bzw. wie im Jahr 2003 bemerkbar waren, verdeutlicht die Abbildung 6, in der die jährliche Anzahl der heißen Tage (Höchsttemperatur > 30 Grad) bis 2015 dargestellt ist. Die roten Balken symbolisieren die Anzahl der heißen Tage, hervorgehoben ist auch der Hitzesommer 2003 mit 19 heißen Tagen. Der niedrigste Wert mit nur 0,6 heißen Tagen wurde im Jahr 1956 ermittelt. Die schwarze Linie zeigt den linear, ansteigenden Trend. Im Flächenmittel hat die Anzahl der heißen Tage in Deutschland seit 1951 durchschnittlich von etwa drei Tagen pro Jahr auf etwa acht Tage pro Jahre zugenommen (Stand 2015).

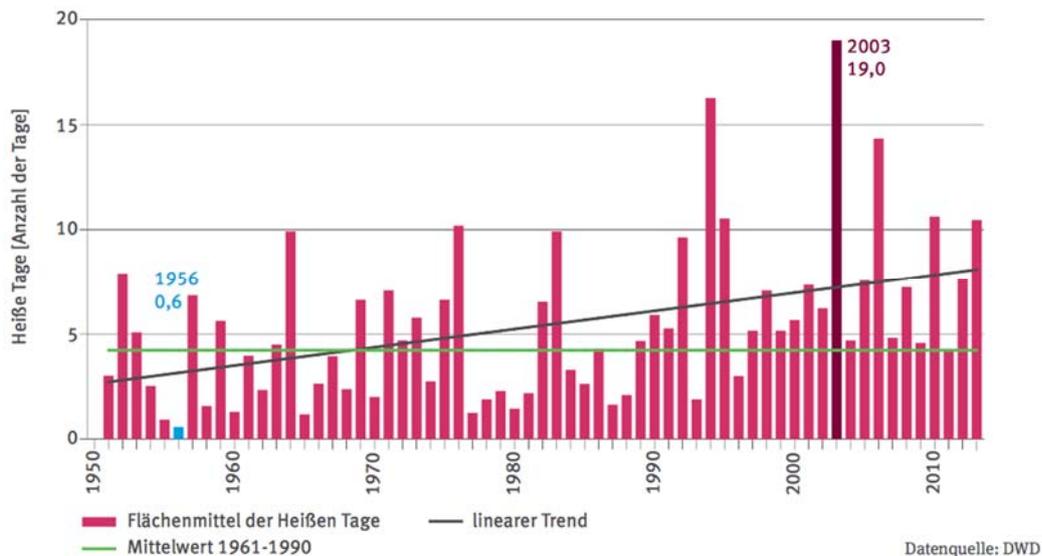


Abbildung 6: Jährliche Anzahl der heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 Grad Celsius (1950-2015) (DWD in UBA 2015a: www).

3.2 Temperaturentwicklung und Hitze in Städten

Insbesondere große Städte und Ballungsräume verzeichnen zunehmend erhöhte Jahresdurchschnittstemperaturen, stark schwankende Niederschlagsmengen, häufigere und intensivere Hitzewellen, Stürme und Starkregen- sowie Hochwasserereignisse (STEINRÜCKE 2010: 1, RUPP 2015: 14, BBSR 2015: 17f). Der höhere Versiegelungsgrad und die verwendeten Baumaterialien (Stein, Beton) führen dazu, dass sich – im Vergleich zum stärker von Wald- und Wiesenflächen geprägten Umland – ein typisches Stadtklima herausbildet, was sich insbesondere in einer höheren Anzahl Heißer Tage, Sommertagen und Tropennächte ausdrücken lässt. Durch wärmere Bereiche in der Stadt sowie ein verringerter Luftaustausch kommt es zur Herausbildung der städtischen Wärmeinsel (KRÜGER et. al. 2014: 5, KNIELING & MÜLLER 2015: 10f). Diese führt dazu, dass die Innenstädte in den Nachmittags- und Nachtstunden deutlich langsamer abkühlen als die Umgebung. Der Effekt nimmt mit zunehmendem Versiegelungsgrad und höherer Bebauungsdichte an Intensität zu. Insgesamt zeigen sich die Folgen des Klimawandels auf die Gesundheit (in Form von Hitzestress) in Städten besonders drastisch, da hier hohe Bevölkerungs-, Infrastruktur- und Bebauungsdichte zusammenkommen (KNIELING & MÜLLER 2015: 10). Weitere Aspekte sind die Wärmespeicherfähigkeit der Städte sowie Baumaterialien mit unterschiedlichem Rückstrahlvermögen (Albedo). In der Folge ist es nicht ungewöhnlich, dass Städte an einigen Sommernächten um bis zu 10 Grad wärmer sind als das Umland (siehe Beispiel Köln) (BMVBS 2013: 25f).

Auf Grund von Überlagerungen verschiedener Nutzungen und der Annahme, dass die oben genannten Stadtklimaefekte durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden, ist davon auszugehen, dass Städte und deren Bevölkerung gegenüber den Klimafolgen zukünftig

besonders vulnerabel sein werden und im Vergleich zum Umland besonders vor der Herausforderung von Hitzewellen stehen (KNIELING & MÜLLER 2015: 10).

3.2.1 Überwärmung in Hannover

Die seit 1936 an der Klimastation Hannover-Langenhagen aufgenommenen Daten zeigen, dass Klimaänderungen auch in der Region Hannover bereits stattgefunden haben. Seit 1950 ist ein zunehmender Trend der Anzahl der Sommertage als auch der Anzahl der heißen Tage erkennbar. Tropennächte treten erst seit 1987 in einzelnen Jahren auf, scheinen seit 2007 aber häufiger zu werden (Abbildung 7).

Weiterhin weisen Projektionen zum Klimawandel darauf hin, dass sich die durchschnittliche Lufttemperatur in Hannover im 21. Jahrhundert um bis zu 3 Grad erhöhen wird (GEONET 2015 in SCHMIDT et. al. 2017: 8). Auch ein Vergleich der Temperaturdatenreihen zeigen, dass die Mitteltemperatur in der Region generell angestiegen ist. Laut dem Deutschen Wetterdienst betrug die Temperatur zwischen 1951 -1970 durchschnittlich 8,6 Grad, im Zeitraum 1981 - 2010 lag sie durchschnittlich bei 9,6 Grad.

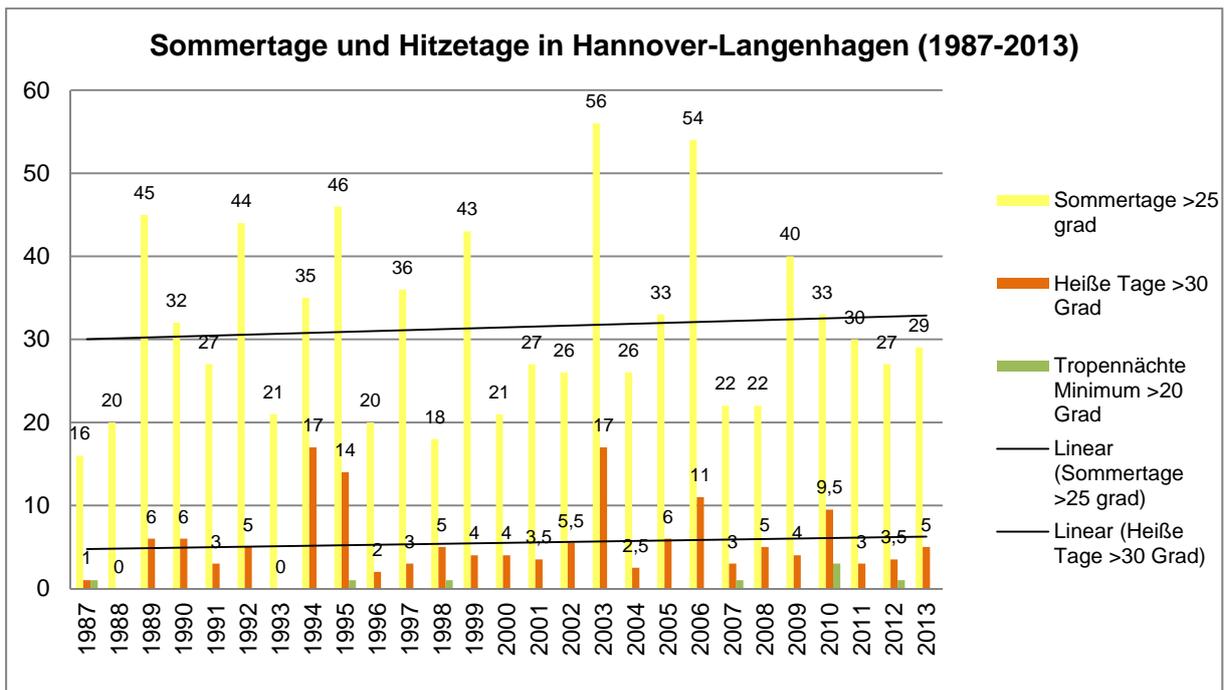


Abbildung 7: Sommertage und Hitzetage in Hannover-Langenhagen (1987-2013) (GEONET 2015 in SCHMIDT et. al. 2017: 8)

Ausblick – Klimaprognose Stadt Hannover

Zukünftig ist für das Stadtgebiet von Hannover mit einem erheblichen Anstieg der Zahl der heißen Tage (> 30 Grad) und der Tropennächte (Minimum 20 Grad) zu rechnen. Laut der Klimaprognosen wird sich u. A. die durchschnittliche Zahl der Hitzetage von 9,6 (Zeitraum 2001-2010) auf etwa 12 Tage pro Jahr im Zeitraum 2046-2055 erhöhen (Abbildung 8). Besonders in Stadtteilen mit einem hohen Anteil von Blockrandbebauung (wie z. B. Vahrenwald oder List) wird die Anzahl der Hitzetage zunehmen. Ein weiteres Ergebnis der

Klimaprojektionen von 2010 ist, dass Hitzeperioden länger andauern werden und der Beginn in das Frühjahr verschoben wird (GEONET 2011 in SCHMIDT et. al. 2017: 8f).

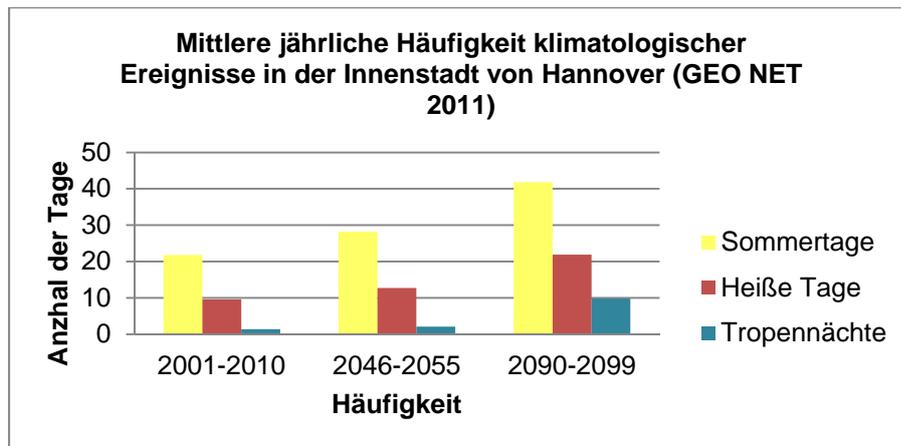


Abbildung 8: Entwicklung der mittleren jährliche Häufigkeit klimatologischer Ereignisse in der Innenstadt von Hannover für die Zeithorizonte 2001 bis 2010, 2046-2055 und 2090-2099 (verändert nach GeoNet 2011 in SCHMIDT et. al. 2017: 10)

3.2.2 Überwärmung in Stuttgart

Um die zu erwartenden Veränderungen des Stadtklimas in Hannover einordnen zu können, werden zum Vergleich die Daten zum Stadtklima der Stadt Stuttgart herangezogen.

Die Ergebnisse des Deutschen Wetterdienstes und zahlreicher Studien zum Stadtklima Stuttgarts belegen, dass Stuttgart schon heute zu den wärmsten Städten Deutschlands zählt und die zu erwartende klimatische Veränderung noch extremer als in anderen Großstädten wie Hamburg oder Köln zu erwarten ist. Weiterhin muss sich die Stadt Stuttgart auf eine deutlich erhöhte Anzahl an Tagen mit starker Wärmebelastung einstellen. Im ungünstigen Fall kann sich die Anzahl an Belastungstagen bis zur Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) gegenüber 1971-2000 etwa verdoppeln (AFU STUTTGART o.J., c: www).

Die Stadt Stuttgart hat 623.738 Einwohner (Stand 2016) und ist 207,35 km² groß. Mit knapp 5640 Einwohnern je km² Siedlungs- und Verkehrsfläche hat Stuttgart die höchste Siedlungsdichte unter den deutschen Großstädten (LHS STUTTGART 2004: 13). Hannover hat dagegen nur knapp 2600 Einwohner pro km² Stadtfläche (LHS HANNOVER 2016: i7).

Durch die Kessellage mit Höhenunterschieden von ca. 260 Metern, die dichte Bebauung und den hohen Versiegelungsgrad ist die Innenstadt Stuttgart von sehr hohen thermischen Belastungen geprägt und im Vergleich zum Umland um bis zu 7 Grad wärmer (LHS STUTTGART o.J, b: www; BAUMÜLLER et. al. 2008: 25). Durchschnittlich gibt es dort 38 Sommertage pro Jahr und 6 heiße Tage (Abbildung 9). Im Vergleich zur Stadt Hannover (Abbildung 8) ist die Hitzebelastung deutlich höher.

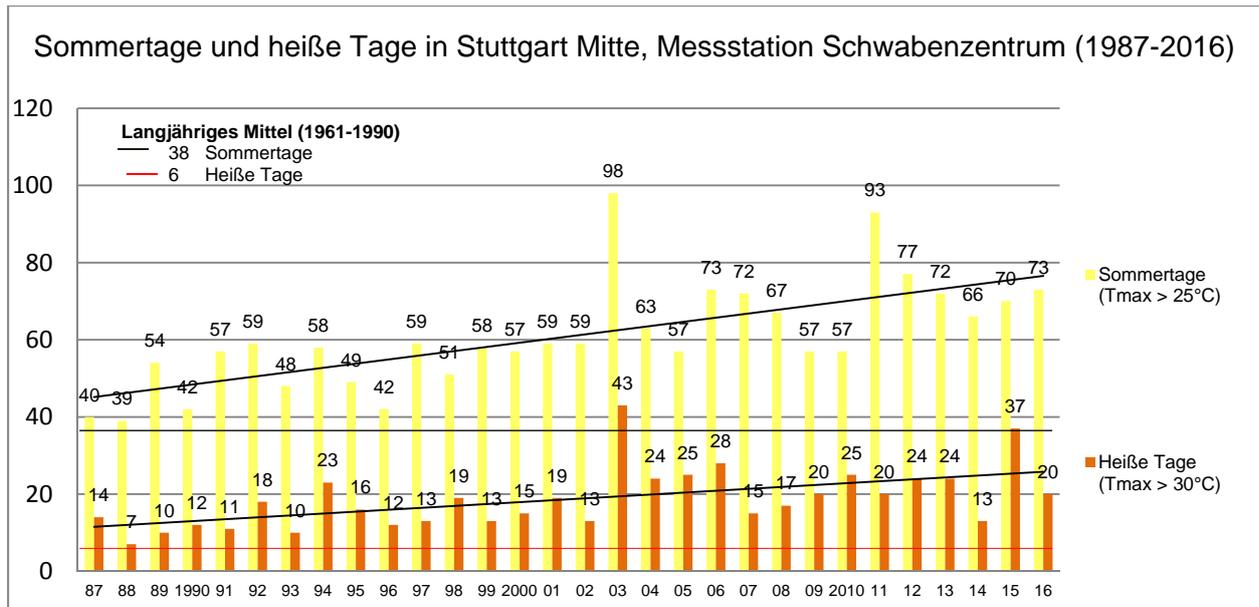


Abbildung 9: Sommertage und heiße Tage in Stuttgart Mitte, Messstation Schwabenzentrum (1987-2015) (verändert nach AFU STUTTGART 2016: www)

Ausblick - zu erwartende Klimafolgen für die Stadt Stuttgart

In Hinblick auf den zu erwartenden Klimawandel, aber auch auf die zu erwartende bauliche Entwicklung der Stadt gewinnt der Wärmeinseleffekt in Stuttgart zukünftig immer mehr an Bedeutung, so dass eine Verbesserung der stadtklimatologischen Situation in dieser Stadt unbedingt notwendig ist (AFU STUTTGART o.J., a: www).

Die Klimaszenarien deuten bis zum Jahr 2050 unter Anderem auf einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur hin, erwartet wird auch eine Verdoppelung der Hitzetage. Während heute 6 % der urbanen Fläche mit mehr als 30 Tagen mit Hitzestress belastet ist, sind dies künftig 57 % der Fläche mit einem entsprechend höheren Bevölkerungsanteil (LHS STUTTGART 2012: 5f).

Zur Anpassung in der Region Stuttgart haben sich viele verschiedene Akteure in dem Projekt „KlimaMORO - Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ als Teil des Aktionsprogramms Modellvorhaben der Raumordnung zusammengefunden. Die Ergebnisse des Projektes KlimaMORO machen deutlich, dass die Region Stuttgart überdurchschnittlich von den Folgen des Klimawandels betroffen sein wird. Dazu gehören häufigere Hochwasserereignisse, die Verdrängung wärmeempfindlicher Pflanzen, eine Zunahme der Erosionsgefahr und nicht zuletzt eine stärkere Belastung der Menschen durch zunehmende Hitze (LHS STUTTGART 2012: 6).

3.3 Auswirkungen von Hitzewellen und Temperaturanstieg auf die städtische Bevölkerung

Hitzewellen, Hitzestress und Wärmeinseln in Städten können signifikante gesundheitliche Auswirkungen auf die Bevölkerung haben, stellen eine Herausforderung für die Gesundheit dar und bedeuten eine erhöhte Belastung für den menschlichen Organismus (RANNOW et. al. 2008: 192; MENNE 2011: 6f).

Wie in Kapitel 3.2. bereits ausführlich erläutert, löst sommerliche Hitze besonders in eng bebauten Siedlungen hohe Wärmebelastungen aus.

Auf Grund von nur kleinflächigeren Abkühlungseffekten (in Form von Wald oder Grün- und Freiflächen) in versiegelten, dicht bebauten Bereichen steigt das Risiko des Hitzestresses weiter an (BBK 2013: 25; DOSCH 2015b: 78, VDI 2008: 9). Ein drastisches Beispiel für ein Extremereignis ist der Hitzesommer 2003: Allein in Deutschland (meist hoch verdichtete Bereiche) starben rund zusätzliche 7.000 Menschen an Herzinfarkt, Herz-Kreislaufkrankungen und Nierenversagen sowie Atemwegsproblemen und Stoffwechselstörungen (BUNDESREGIERUNG 2008: 16; KORNDÖRFER 2008: 174, UBA 2015a: www).

In der Abbildung 10 ist deutlich zu erkennen, dass die Anzahl der Sterbefälle bei zunehmenden Temperaturen steigt und den Höhepunkt in der Mitte des Jahres erreicht. Die Sterbefälle sinken, sobald es wieder kälter wird. In einem mittleren Temperaturbereich (Komfortbereich) sind die niedrigsten Sterberaten zu beobachten (WITTING & SCHUCHARDT 2013: 43).

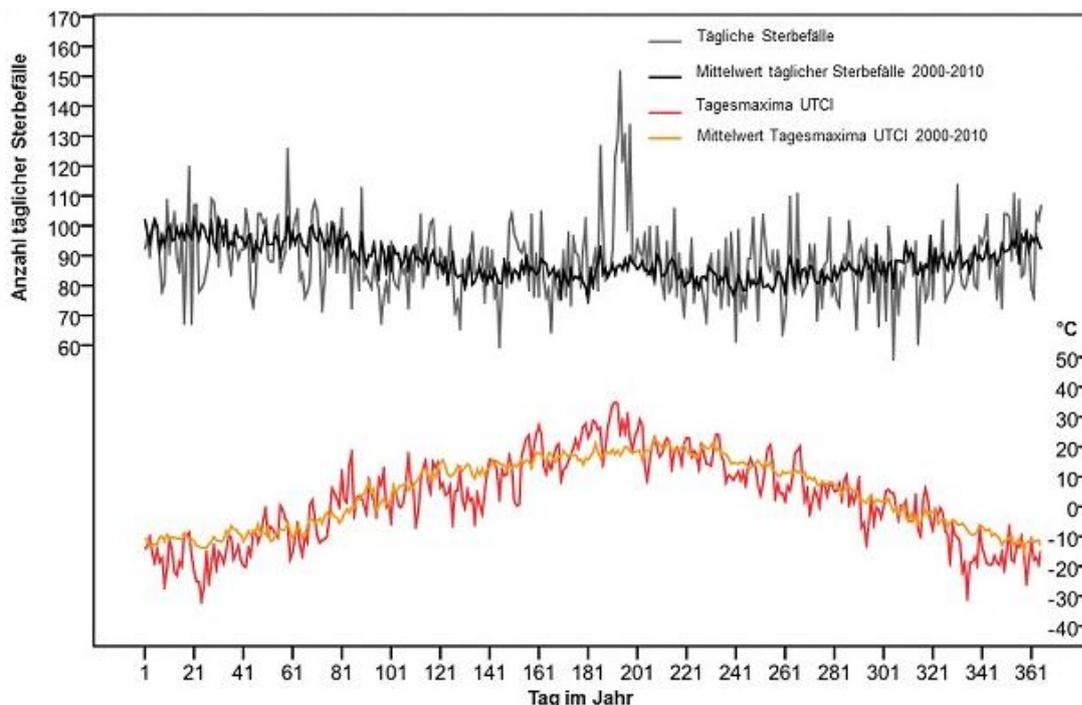


Abbildung 10: Tägliche Sterbefälle (alle Ursachen) und der Tagesmaxima des Universal Thermal Climate Index (UTCI) in Berlin 2010 im Vergleich zu Mittelwerten auf Basis 2000-2010 (SCHREBER 2014: www)

Die Veränderung des Stadtklimas wird daher eine hohe Relevanz für das menschliche Wohlbefinden haben. Ein Risiko für die menschliche Gesundheit durch Hitzestress entsteht dabei nicht allein durch ein extremes Stadtklima in Form von hohen Tages- und/oder Nachttemperaturen, sondern auch durch die Vulnerabilität von gesellschaftlichen Gruppen. Ältere, kranke oder junge Menschen sind von solchen Ereignissen überdurchschnittlich betroffen, denn sie haben weniger Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten als andere Altersgruppen. Bedingt durch den demografischen Wandel ist in Deutschland zukünftig auch mit einem höheren Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung zu rechnen. Folglich wird der Anteil der vulnerablen Bevölkerungsgruppen zunehmen (STATISTICA GmbH 2017: www).

Die Abbildung 11 verdeutlicht diese Problematik nochmal. Die heißen Tage werden in Zukunft also nicht nur zunehmen, es werden auch deutlich mehr Menschen auf Grund ihres höheren Alters von Hitze betroffen sein. Für den Umgang mit Hitze in der Stadt ist es daher wichtig zu wissen, dass die Intensität der stadtklimatischen Veränderungen bzw. das Stadtklima nicht nur die Attraktivität und Lebensqualität einer Stadt prägt, sondern auch maßgeblich das Wohlbefinden und die Gesundheit der Stadtbewohner beeinflusst (HOLST & MEYER 2010: 13, BMVBS 2009: 14).

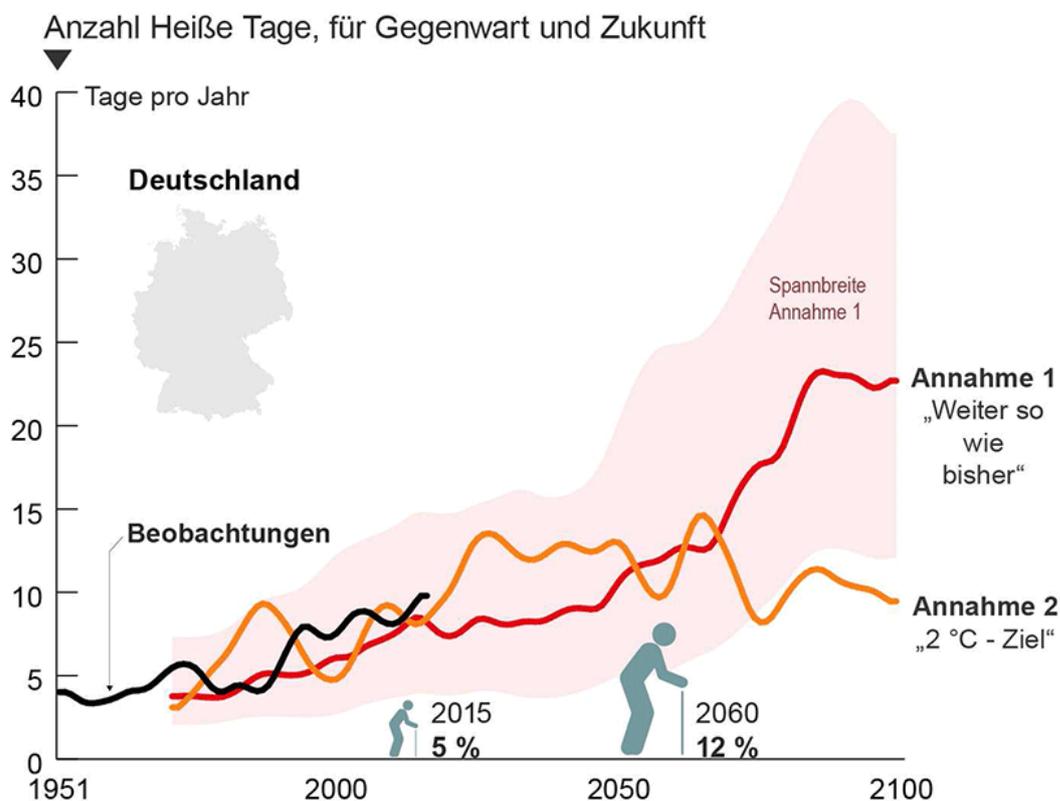


Abbildung 11: Steigende Hitzebelastung für über 80-Jährige (DWD 2017: www).

4 Aufbau und Methodik

4.1 Aufbau der Arbeit

Zur Beantwortung der Forschungsfragen und Erreichung des festgelegten Ziels werden verschiedene Methoden angewandt (Abbildung 12):



Abbildung 12: Ablauf der Methodik (eigene Darstellung)

In einem ersten Schritt findet eine Literaturrecherche zur Vulnerabilität von Städten gegenüber Hitzebelastungen statt. Darauf basiert die Durchführung einer an Hannover angepassten Vulnerabilitätsanalyse, mit der hitzesensible Bereiche und mögliche Verwundbarkeiten urbaner Räume identifiziert werden.

Mit Hilfe des Geoinformationssystems ArcGIS der Firma ESRI Inc. werden klimatische und nicht-klimatische Faktoren überlagert und verschnitten. Die Kombination aus Informationen zum Stadtklima (Wärmeinseln) und relevanten nicht-klimatischen Faktoren (wie z. B. die Bevölkerungsdichte je Hektar Stadtteilfläche) ermöglicht die Identifizierung von zu erwartenden „Hot Spots“. Somit wird eine Verortung von Notwendigkeiten einer Überhitzung der Stadtflächen und damit einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit entgegen wirken zu können, ermöglicht.

Die Ergebnisse werden im Rahmen von Experteninterviews diskutiert. Weiterhin dienen die Interviews auch zur Diskussion der Methodik.

4.2 Begriffsverständnis und Methodik der Vulnerabilitätsanalyse

In der Literatur sind kaum standardisierte Methoden zur Untersuchung der Vulnerabilität vorhanden (WEIS et. al. 2011: 12). Die methodischen Schritte der Vulnerabilitätsanalyse dieser Arbeit orientieren sich daher hauptsächlich an Ausschnitten der Vulnerabilitätsanalyse Region Westsachsen von Mai 2011 (SCHMIDT et. al. 2011). Ergänzend tragen folgende erfolgreich durchgeführte Analysen zur Methodik bei:

- die Vulnerabilitätsanalyse der Stadt Karlsruhe (BBK 2013: 46ff) und
- Vulnerabilitätsbericht Region Stuttgart (WEIS et. al. 2011).

Der Begriff der Vulnerabilität ist vor allem der Klimafolgenforschung zuzuordnen und steht in größerem Zusammenhang mit dem Umgang natürlicher Risiken (Risikomanagement). Das allgemeine Ziel des Risikomanagements ist es, negative Auswirkungen mit gezielten Maßnahmen möglichst zu vermeiden und nicht vermeidbare Auswirkungen zu begrenzen. Es geht also nicht allein um die Vorhersage von klimatischen Veränderungen, sondern um die Entwicklung von Strategien für den zukünftigen Umgang mit dem sich veränderten Klima, um die negativen Folgen auf urbane Räume oder auf die Gesellschaft zu begrenzen (WEIS et. al. 2011: 11).

Während Vermeidungsmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit nachteiliger Auswirkungen reduzieren sollen, zielen Anpassungsmaßnahmen auf die Verringerung der sich daraus ergebenden (negativen) Folgen für die Gesellschaft oder urbane Räume ab.

Anpassung ist insbesondere bei Räumen oder Gesellschaften notwendig, die gegenüber Klimafolgen höher vulnerabel sein werden.

Die Klimafolgenanpassung versucht nun, über Anpassungsmaßnahmen die Sensitivitäten und Betroffenheiten der hitzesensitiven Nutzungen und Gesellschaften zu reduzieren und damit Schäden zu reduzieren (WEIS et. al. 2011: 12). Der Schwerpunkt einer Vulnerabilitätsanalyse liegt daher einerseits in der Exposition, andererseits in der Sensitivität und der Anpassungsfähigkeit (ebd.).

Der Begriff der Vulnerabilität in dieser Arbeit versteht sich als Risiko gegenüber Auswirkungen des Klimawandels. Dieses setzt sich aus den Komponenten **Exposition**, **Sensitivität** und **Anpassungskapazität** zusammen (vgl. BMVBS & BBSR 2013: 38ff; IPCC 2014: 54f).

Ausgehend von diesem Begriffsverständnis ist Ziel dieser Arbeit, und auch das der Vulnerabilitätsanalyse, ist es die Verwundbarkeit (abhängig von den verschiedenen Anpassungskapazitäten des Raumes) zielgenau zu identifizieren und zu ermitteln, wo Anpassungsmaßnahmen notwendig sind und welche Räume prioritär zu behandeln sind.

Die **Exposition** beschreibt die klimabedingten Belastungen (z. B. Niederschlag, Temperatur etc.), die auf eine Gesellschaft oder ein System einwirken. Sie ist „*abhängig von Charakter, Größenordnung und Geschwindigkeit der Klimaänderung und –abweichung*“ (BMVBS 2011: 5).

In der vorliegenden Arbeit dienen die räumlich differenzierten Informationen zum Stadtklima aus der Klimafunktionskarte der Stadt Hannover als Datengrundlage für die Exposition. Inhaltlich weist die Karte unter Anderem die bioklimatisch höher belasteten Siedlungsräume aus (Stand 2006). Diese Gebiete charakterisieren sich durch eine dichte Bebauung und hohe Versiegelung. Sie werden auf Grund größerer Entfernung zu begrünten Flächen während nächtlicher Wärmebelastungen nicht mehr durchlüftet (FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN 2015: 2).

Neben den aktuellen bioklimatischen Belastungen im urbanen Raum werden auch zukünftige Belastungsräume dargestellt, in denen die sommerliche Wärmebelastung bis 2050 zunehmen wird. Die Abstufung erfolgt in den Kategorien mäßige, hohe und sehr hohe Zunahme der Tage mit Wärmebelastung innerhalb des Zeitraumes 2001-2010 bis 2046-2055 (FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN 2015: 3).

Neben der Exposition wird die **Sensitivität** betrachtet. Diese gibt die Empfindlichkeit des jeweiligen Mensch-Umwelt-Systems wieder (BMVBS 2011: 5). Um die Sensitivität der Bevölkerung gegenüber Hitzebelastungen zu ermitteln, sollten grundsätzlich zwei Aspekte berücksichtigt werden.

- A. Die nutzungsbedingte Sensitivität beschreibt eine Belastung durch Aufheizungseffekte infolge von Versiegelung.
- B. Die demografisch bedingte Sensitivität beschreibt die Empfindlichkeit von Menschen gegenüber Hitzebelastungen, abhängig vom Alter und Gesundheitszustand. Weiterer Faktor der demografischen Sensitivität ist die Einwohnerdichte pro Hektar (SCHMIDT et. al. 2011: 48).

Aus der Verschneidung der Sensitivitäten und der Exposition bildet sich die **Betroffenheit** eines Raumes. Diese hängt im Wesentlichen von der geographischen Verteilung und einer möglichen Überlappung der sensitiven Bereiche im klimabelasteten urbanen Raum ab. Neben der Ermittlung der aktuell betroffenen Bereiche werden ebenfalls auch zukünftig betroffene Bereiche identifiziert.

Nach der Ermittlung und Bewertung der lokalen Betroffenheit werden die **Anpassungskapazitäten** ermittelt. Zum Erhalt des Wohlbefindens und der Lebensqualität sowie zur Reduzierung klimatischer Belastungen im urbanen Raum gibt es verschiedene Anpassungskonzepte. Man spricht zum einen von einer **Anpassung durch Verminderung** oder auch von einer **Anpassung durch Ausweichen**.

Eine **Verminderungskapazität** besteht z. B. durch das Vorhandensein von kaltluftproduzierenden Flächen wie Wälder, Gewässer oder landwirtschaftlichen Flächen. Diese Räume verursachen durch Ausstrahlungseffekte eine Minderung der von Hitzestress betroffenen Bereiche im urbanen Raum.

Im Gegensatz dazu beschreibt die **Ausweichkapazität** das Vorhandensein von klimatisch günstigen Bereichen, die im Falle von steigenden Hitzebelastungen aufgesucht werden können. Diese Flächen üben auf Grund der geringen Größe keine Verminderungswirkungen auf die umliegende Bebauung aus (SCHMIDT et.al 2011: 53).

Im Kontext zweier verschiedener Anpassungskapazitäten ergeben sich dementsprechend zwei verschiedene **Vulnerabilitäten** (BBSR 2016: 21).

- A. Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten, sowie

B. eine Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten.

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse können bei zukünftigen Planungen und möglichen Optimierungen am Bestand die Entscheidung unterstützen, wo raum- und stadtplanerische Maßnahmen zur Anpassung prioritär und vorrangig angewandt werden können (SCHMIDT 2017: mdl.).

Die Abbildung 13 verdeutlicht die Abfolge der methodischen Arbeitsschritte dieser Arbeit. Die Grundpfeiler der Vulnerabilität stellen, wie bereits erläutert, die Exposition und die Sensitivität dar. Aus der Aggregation beider Indikatoren ergibt sich die Betroffenheit urbaner Räume (mit Fokus auf demografische Sensitivität) gegenüber Hitze. Durch die Verknüpfung der Betroffenheit mit den kompensierenden Anpassungskapazitäten werden jeweils zwei verschiedene Vulnerabilitäten gegenüber Hitze ermittelt. Einerseits die Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Erreichbarkeit der Ausweichräume und andererseits die Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität.

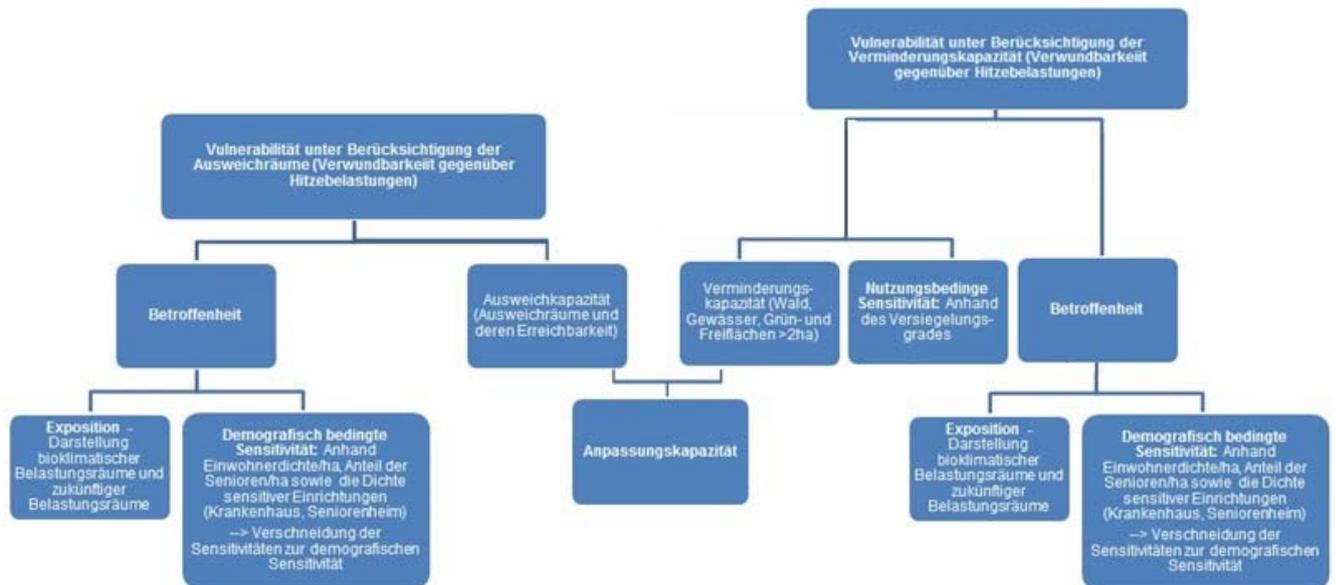


Abbildung 13: Methodik zur Ermittlung der Vulnerabilität (eigene Darstellung nach SCHMIDT et.al. 2011: 43)

Um die Vulnerabilität urbaner Räume und Gesellschaften gegenüber Hitze zu ermitteln sind somit folgende Daten zu erheben:

- Exposition urbaner Räume/Gesellschaft gegenüber klimatischen Veränderungen des Klimawandels,
- Sensitivität der Nutzungen und der Bevölkerung gegenüber den Auswirkungen sowie
- zur Anpassungskapazität urbaner Räume und Bevölkerung (WEIS et. al. 2011: 12).

Die in dieser Arbeit verwendeten Datengrundlagen sowie die genaue Methodik der einzelnen Arbeitsschritte zur Ermittlung und Bewertung der Vulnerabilität werden im Folgenden erläutert.

4.2.1 Ermittlung der nutzungsbedingten Sensitivität

Ob Hitze eine relevante Belastung der Bevölkerung ist, hängt neben sozial-demografischen Aspekten (Altersstruktur, Bevölkerungsdichte) auch von weiteren Faktoren ab. Zum Beispiel kann die Lufttemperatur in vegetationsreichen Bereichen oder in gut durchlüfteten Gebieten weniger belastend sein als auf hoch versiegelten oder bebauten Flächen. Wälder sind für ihr ausgleichendes Bioklima bekannt und können Hitzebelastungen deutlich vermindern, während Versiegelungen zu Aufheizungen führen (AFU STUTTGART o.J. b: www).

4.2.1.1 Daten zur Ermittlung der nutzungsbedingten Sensitivität

Datengrundlage sind die Daten des digitalen Basis-Landschaftsmodells der Region Hannover (ATKIS Basis DLM) aus den Beständen des Instituts für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover. Die Sachdaten sind so verknüpft, dass der Datenbestand in einer GIS-Anwendung genutzt werden kann. Zum Inhalt gehören neben den Objekten der Objektartengruppen "Siedlung", "Verkehr", "Vegetation", "Gewässer", "Administrative Gebietseinheiten" und "Reliefformen" auch „Bauwerke und Einrichtungen auf Siedlungsflächen“ und für den „Verkehr“. Wesentliche Daten für die Erarbeitung der nutzungsbedingten Sensitivität sind die Inhalte „Siedlung“, und „Verkehr“.

4.2.1.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der nutzungsbedingten Sensitivität

Aus den Daten zur Landnutzung (ATKIS Basis DLM) lässt sich jeder vorhandenen Nutzung ein durchschnittlicher Versiegelungsgrad zuweisen (nach MOSIMANN et. al. 1999). Diese wurde mit dem Luftbild der Stadt Hannover und den Daten des Kartenservers LBEG abgeglichen. Unter versiegelten Flächen werden dabei diejenigen Flächen verstanden, die aus städtebaulicher Sicht überbaut oder befestigt sind (z. B. wassergebundene Oberflächen, asphaltierte, betonierte oder gepflasterte Flächen). Flächen mit einem Versiegelungsgrad zwischen 50 - 70 Prozent werden als mittel versiegelt angesehen, Flächen mit einem Grad von über 70 Prozent gelten als hoch versiegelt (Tabelle 1).

Grundsätzlich wurde zwischen offener und geschlossener Bebauung unterschieden.

Offene Bebauung beschreibt eine Bebauung, die vorwiegend durch einzeln stehende Gebäude charakterisiert wird. Der offenen Bebauung wird ein geringer Versiegelungsgrad (25 – 50 Prozent Versiegelung) zugewiesen. Eine geschlossene Bauweise ist vorwiegend durch zusammenhängende Gebäude charakterisiert. Die Gebäudeabdeckung ist in der Regel > 50 Prozent der Fläche. Diese Art der Bebauung wird ein mittlerer Versiegelungsgrad (zwischen 50 bis 70 Prozent Versiegelung) zugewiesen.

Nach MOSIMANN et. al. (1999: 234f) können klimatische Ausgleichsräume (meist Grün,- Frei,- und Erholungsräume) auch teilweise versiegelt sein. Als Beispiel dienen Kleingärtenanlagen, die bis zu 25 Prozent versiegelt sein können.

Tabelle 1: Einstufung des Versiegelungsgrades anhand der Landnutzungskartierung (ATKIS Basis DLM)

Einstufung des Versiegelungsgrades anhand der Landnutzungskartierung (ATKIS Basis DLM) nach MOSIMANN et. al. 1999
Hoher Versiegelungsgrad (> 70 Versiegelung)
<p>Bebaute Flächen und Straßen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsflächen (außer Bahnanlagen) • Fußgängerzone • Parkplätze, Rastplätze • Industrie- und Gewerbeflächen/ technische Infrastruktur <p>Anthropogen genutzte Sonderflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Halden, Lagerflächen <p>Grün- und Freiflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fußballstadion
Mittlerer Versiegelungsgrad (50 bis 70 % Versiegelung)
<p>Bebaute Flächen und Straßen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rad- und Fußwege • Geschlossene Wohnbebauung (wird vorwiegend durch zusammenhängende Gebäude charakterisiert). Die Gebäudeabdeckung ist in der Regel >50 Prozent der Wohnbaufläche <p>Mischgebiet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschlossen bebaute Fläche einschließlich im Zusammenhang stehende Freifläche (Hofraumfläche, Hausgarten), auf der keine Art der baulichen Nutzung vorherrscht. Solche Flächen sind insbesondere ländlich-dörflich geprägte Flächen mit land- und forst-wirtschaftlichen Betrieben, Wohngebäuden u.a. sowie städtisch geprägte Kerngebiete mit Handelsbetrieben und zentralen Einrichtungen für die Wirtschaft und die Verwaltung. Geschlossen beschreibt die Bebauung von Mischgebieten, die vorwiegend durch zusammenhängende Gebäude charakterisiert wird. Die Gebäudeabdeckung ist in der Regel > 50 Prozent der Fläche.
Geringer Versiegelungsgrad (<50 bis 25 % Versiegelung)
<p>Bebaute Flächen und Straßen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Offen gebautes Wohngebiet, charakterisiert durch vorwiegend einzeln stehende Gebäude • Linienförmige, unverbaute Bahnanlagen (alle für den Schienenverkehr erforderlichen Flächen) • Leicht- oder unbefestigte Wege <p>Grün- und Freiflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festplatz, Schützenplatz, Expo-Gelände

<ul style="list-style-type: none"> • Sport, Freizeit, Erholungsflächen: z. B: Sportanlagen, Zoo, Freilichttheater, Schwimmbad, Freibad <p>Mischgebiet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Offen gebautes Mischgebiet, charakterisiert durch vorwiegend einzeln stehende Gebäude (bebaute Fläche einschließlich der mit ihr im Zusammenhang stehenden Freifläche (Hofraumfläche, Hausgarten), auf der keine Art der baulichen Nutzung vorherrscht. Solche Flächen sind insbesondere ländlich-dörflich geprägte Flächen mit land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, Wohngebäuden u.a. sowie städtisch geprägte Kerngebiete mit Handelsbetrieben und zentralen Einrichtungen für die Wirtschaft und die Verwaltung • Offen gebaute Gebäude und/oder Anlagen zur Erfüllung öffentlicher Zwecke (Verwaltung, Bildung, Gesundheit, Soziales). Auch historische Anlagen. „Offen“ beschreibt eine Bebauung, die vorwiegend durch einzelstehende Gebäude charakterisiert wird.
Kaum Versiegelung (< 25 % Versiegelung)
<ul style="list-style-type: none"> • Kleingartensiedlungen • Abgrabungsflächen • Parks und Friedhöfe
Keine Versiegelung (weiß in Karte symbolisiert)
<ul style="list-style-type: none"> • Wälder • Landwirtschaftliche Flächen • Gewässer • Gehölzflächen/Naturnahe Flächen

Je höher eine Fläche versiegelt ist, desto höher ist auch die nutzungsbedingte Sensitivität gegenüber Hitzebelastung und Hitzezunahme (Exposition). Je geringer der Versiegelungsgrad ist, desto geringer ist die nutzungsbedingte Sensitivität gegenüber der Exposition. Daraus ergeben sich folgende Sensitivitätsstufen (Tabelle 2):

Tabelle 2: Bewertung der nutzungsbedingten Sensitivität (eigene Darstellung)

Sehr geringe nutzungsbedingte Sensitivität	Geringe nutzungsbedingte Sensitivität	Mittlere nutzungsbedingte Sensitivität	Hohe nutzungsbedingte Sensitivität
< 25 % versiegelt	25 – 50 % versiegelt	50 – 70 % versiegelt	>70 % versiegelt

4.2.2 Ermittlung der demografischen Sensitivität

Demografische Strukturen wie die Bevölkerungsdichte, Altersstruktur und auch die Dichte von sozialen Einrichtungen bilden die Empfindlichkeit der urbanen Räume gegenüber klimatischen Veränderungen. Für die Ermittlung der demografischen Sensitivität werden zunächst die Bevölkerungsdichte, empfindliche Bevölkerungsgruppen und sensible

Einrichtungen zusammengetragen und hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber den aktuellen und künftigen Klimabedingungen bewertet.

4.2.2.1 Daten zur Ermittlung der demografischen Sensitivität

Als Grundlage zur Ermittlung der Sensitivität der Bevölkerung im Stadtgebiet dient die Statistik „Strukturdaten der Stadtteile und Stadtbezirke“ (01/2016) der Stadt Hannover. Inhalte der Statistik sind Angaben zur Einwohnerdichte je Hektar auf Stadtteilebene und Anteile an Senioren an der Bevölkerung je Hektar Stadtteilfläche. Die Inhalte aus der Fachkarte Klimaanpassung „Standorte empfindlicher Nutzungen“ werden ebenfalls verwendet. Darunter fallen Krankenhäuser und Seniorenheime.

4.2.2.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der demografischen Sensitivität

Gebiete mit einer hohen Einwohnerdichte, einem hohen Anteil älterer Menschen, oder Kleinkindern und einer höheren Dichte von Standorten empfindlicher Nutzungen werden als anfälliger bzw. empfindlicher gegenüber Hitzestress charakterisiert. Folgende demografische Faktoren bilden daher die Grundlage zur Ermittlung der demografisch bedingten Sensitivität:

- A:** Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche (Datenquelle Stadt Hannover 2016: i-4ff).
- B:** Anteil der Senioren an Gesamtbevölkerung (Datenquelle Stadt Hannover 2016: l3ff)
- C:** Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen (Datenquelle Stadt Hannover 2016: Fachkarte Klimaanpassung)

Der Indikator „Kleinkind“ ist auf Grund unzureichender Daten kein Bestandteil der Analyse und wird im Folgenden nicht berücksichtigt. Zur Ermittlung der demografischen Sensitivität werden die Daten zur Einwohnerdichte und Anteil der Senioren mittels Datenrecherche ermittelt. Die Daten sensitiver sozialer Einrichtungen sind aus der Fachkarte Klimaanpassung bereits digital vorhanden. Die Daten zu A und B werden in ArcGIS übertragen. Mit Hilfe des Werkzeuges Intersect werden schließlich alle drei Faktoren zur demografischen Sensitivität in zwei Arbeitsschritten zu einer Gesamtbewertung verschnitten. Mit „Intersect“ werden alle geometrischen Schnittpunkte der Eingabe-Features berechnet. Die Ausgabe-Feature-Class enthält alle Features oder Teile von Features, die sich in allen Layern zur Sensitivität (A-C) überlappen.

Im Folgenden werden die methodischen Arbeitsschritte zur Ermittlung und Bewertung der einzelnen Sensitivitäten (s. oben aufgeführt A-C) erklärt. Ebenfalls erläutert werden die Arbeitsschritte zur Verschneidung zur gesamten, demografischen Sensitivität.

A : Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche

Die Einwohnerdichte ist eine grundlegende Information für Maßnahmen zum Schutz vor den Auswirkungen einer Hitzebelastung. Denn grundsätzlich sollte davon ausgegangen werden, dass der Handlungsbedarf umso dringlicher ausfällt, je mehr Menschen in einem Stadtteil leben und somit potenziell von Hitzewirkungen betroffen sind.

Die Sensitivität der Einwohnerdichte ist auf die Wohnbevölkerung bezogen, da keine Daten zu den Arbeitsplätzen vorliegen.

In einem ersten Schritt wird auf Basis der Statistik zur Bevölkerung der Stadt Hannover die gesamtstädtische Einwohnerdichte räumlich im GIS visualisiert. Um die Daten zur Einwohnerdichte nur auf den Siedlungsbereichen darzustellen, wird das Werkzeug „Clip“ im ArcGIS genutzt. Mit diesem Werkzeug werden nur die Daten zur Einwohnerdichte dargestellt, die das Clip-Feature (Gebäude) überlagern.

Die Grundlage der Bewertung der Einwohnerdichte ist die Summe der Einwohner pro Hektar Stadtteilfläche. Die Bewertung der Sensitivität ist der bisherigen Klassifizierung der Stadt Hannover aus dem statistischen Bericht „Strukturdaten der Stadtteile und Stadtbezirke“ von 2016 entnommen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Sensitivitätsstufen - Einwohner/ha Stadtteilfläche (nach LHS Hannover 2016: i 7).

Sehr geringe Sensitivität	Geringe Sensitivität	Mittlere Sensitivität	Hohe Sensitivität	Sehr hohe Sensitivität
Bis 10 EW/ha Stadtteilfläche	11 – 24 EW/ha	25 – 38 EW/ha	39 – 51 EW/ha	52 und mehr EW/ha

Je geringer die Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche, desto geringer ist die Sensitivität des Stadtteils. Je höher die Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche, desto höher ist die Sensitivität des Stadtteils.

B: Altersstruktur

Für die Identifikation hitzesensitiver urbaner Räume ist aus demografischer Sicht nicht allein die Frage entscheidend, wie viele Personen betroffen sind, sondern vor allem wer. Dabei spielt die Altersstruktur, insbesondere der Anteil älterer Menschen in den Stadtteilen eine Rolle (vgl. Kapitel 3.3). Die Festlegung einer allgemeinen Altersgrenze ist dabei schwierig. Viele Vulnerabilitätsanalysen (vgl. Stadt Karlsruhe) greifen auf die Studien der WHO von 2005 und 2009 zurück. Andere Studien wie z. B. Applegate et. al. (1981) definieren andere Altersgrenzen. Da die Statistiken der Stadt Hannover für die demografische Sensitivität die Datengrundlage bilden, wird die dort verwendete Klassifizierung der Altersstrukturen aufgegriffen. Demnach sind Menschen ab 60 Jahren die für die Ermittlung der Sensitivität relevante Altersgruppe.

Senioren (Menschen ab 60 Jahre)

Um einen gesamtstädtischen Eindruck über die Verteilung der sensitiven Bevölkerungsgruppe „Senioren“ zu gewinnen, werden die Anteile der Personen über 60 Jahre (angegeben als absolute Zahlen aus der Bevölkerungsstatistik der Stadt Hannover; Stand 2016) pro Stadtteil genutzt und für die Analyse verwendet (Anhang, Tabelle 16). Errechnet wird die Anzahl sensitiver Einwohner pro Hektar Stadtteilfläche. Dazu wird die Anzahl der Senioren durch die Flächengröße (ha) des jeweiligen Stadtteils dividiert. Die Werte der Quotienten werden in fünf Stufen eingeteilt (Tabelle 4). Die Bewertung der Sensitivität orientiert sich an der Vulnerabilitätsanalyse des Regionalplanverbandes Westsachsen, Beispiel Leipzig (SCHMIDT et. al. 2011: 49).

Tabelle 4: Bewertung der Sensitivität - Menschen mit 60 Jahren und älter pro Hektar Stadtteilfläche (nach SCHMIDT et. al. 2011:49)

Sehr geringe Sensitivität	Geringe Sensitivität	Mittlere Sensitivität	Hohe Sensitivität	Sehr hohe Sensitivität
0,3 – 2,8	2,9 - 7	7,1 - 11,9	12 – 19,3	19,4 - 33
Senioren/ha Stadtteilfläche	Senioren/ha Stadtteilfläche	Senioren/ ha Stadtteilfläche	Senioren/ha Stadtteilfläche	Senioren/ha Stadtteilfläche

Je geringer der Anteil der Senioren pro Hektar Stadtteilfläche, desto geringer die Sensitivität des Stadtteils. Je höher der Anteil der Senioren ausgehend von der Gesamtbevölkerung pro Hektar Stadtteilfläche, desto höher die Sensitivität auf Stadtteilebene.

C: Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen

Da davon auszugehen ist, dass sich in Krankenhäusern und stationären Pflegeeinrichtungen eine größere Anzahl empfindlicher Personen (schwache, ältere und kranke Menschen) aufhalten, wird die Dichte dieser Einrichtungen ebenfalls in die Analysen einbezogen und wie folgt ermittelt.

Andere im Datensatz dargestellte Einrichtungen wie Schulen, Kindergärten und Kindertagesstätten werden auf Grund ihrer geringeren Empfindlichkeit nicht weiter berücksichtigt und aus der Attributtabelle gelöscht. Vorerst wurden die Daten für die entsprechende Operation von einem Polygondatensatz zu einem Rasterdatensatz konvertiert. In einem nächsten Schritt wird im „Point-Density“-Verfahren ein Suchradius von 1000 Metern gewählt und relative Dichtewerte der Einrichtungen ermittelt (Abbildung 14).

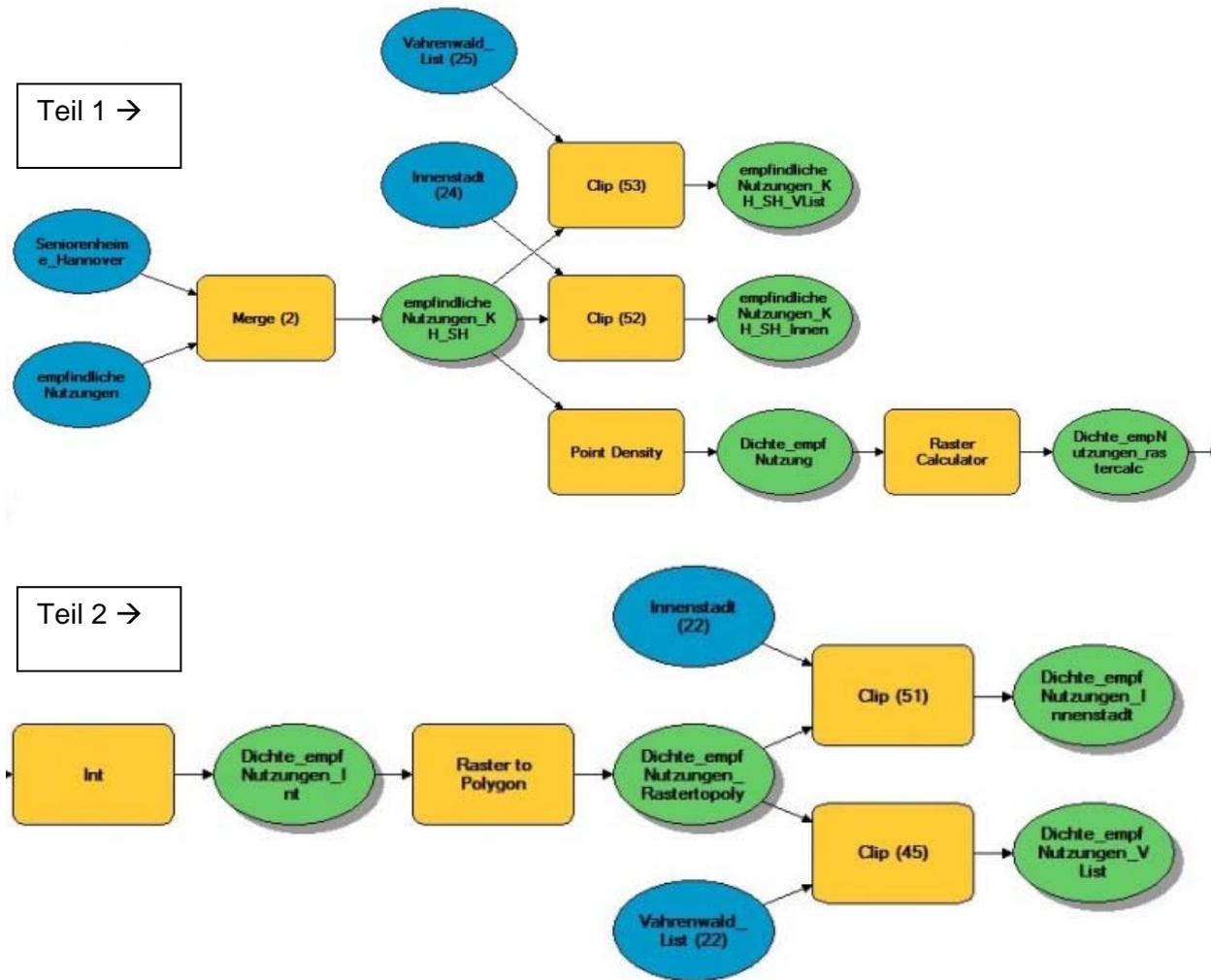


Abbildung 14: Auszug aus dem Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der Dichte sensibler Einrichtungen (eigene Darstellung)

Die Anzahl der innerhalb dieses Radius liegenden Einrichtungen bzw. die Dichte der Einrichtungen führte zur Identifizierung von Bereichen mit einer sehr geringen, geringen, mittleren, hohen und sehr hohen Sensitivitäten (Tabelle 5).

Die Bewertung der Sensitivität orientiert sich an der Vulnerabilitätsanalyse des Regionalplanverbandes Westsachsen, Beispiel Leipzig (SCHMIDT et. al. 2011: 50).

Tabelle 5: Bewertung der Dichte sensibler sozialer Einrichtungen (orientiert SCHMIDT et. al. 2011: 50)

Sehr geringe Sensitivität	Geringe Sensitivität	Mittlere Sensitivität	Hohe Sensitivität	Sehr hohe Sensitivität
0 - 1 Standorte/km ²	2 Standorte/km ²	3 - 4 Standorte/km ²	5 - 6 Standorte/km ²	7 - 9 Standorte/km ²

Je weniger Standorte pro Quadratkilometer identifiziert wurden, desto geringer ist auch die Dichte der Einrichtungen und desto geringer ist die Sensitivität innerhalb des Radius. Je mehr Standorte pro Quadratkilometer ermittelt wurden, desto höher ist die Dichte der

Einrichtungen pro Quadratkilometer und desto höher ist auch die Sensitivität innerhalb des Radius.

D: Demografische Sensitivität

Verschneidung aller Sensitivitäten (A-C) zur demografischen Sensitivität

Um ermitteln zu können, wo sich räumliche Schwerpunkte der Sensitivitäten befinden, werden die verschiedenen Sensitivitäten (A-C) in zwei Schritten im GIS miteinander verschritten (Werkzeug Union).

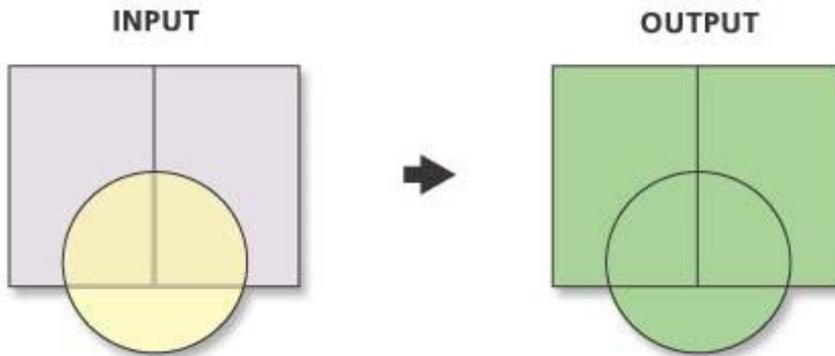


Abbildung 15: Funktionsweise des Werkzeuges "Union" (Vereinigen) (ARCGIS 2012: www)

Die Ausgabe-Feature-Class enthält Polygone, die die geometrische Vereinigung aller Eingaben sowie alle Felder aus allen Eingabe-Feature-Classes darstellen (ESRI 2016: www). Zunächst wird nun eine Sensitivität ermittelt, die sich aus Angaben der Senioren pro Hektar Stadtteilfläche und der Dichte der sensitiven sozialen Einrichtungen zusammensetzt. Mittels einer Verschneidungsmatrix werden die Daten vereinigt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verschneidungsmatrix der Dichte der Senioren an der Gesamtbevölkerung und der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen zur Ermittlung der Sensitivität (Schritt 1) (eigene Darstellung)

Dichte der Senioren/ ha Stadtteilfläche	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen					
Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel
Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Hoch
Mittel	Gering	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch
Hoch	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch	Sehr hoch
Sehr hoch	Mittel	Hoch	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch

In einem zweiten Arbeitsschritt wird das Ergebnis weiterverarbeitet und mit den Daten der Einwohnerdichte pro Hektar verschnitten. Durch die zweistufige Verschneidung wird der Masse der Bevölkerung eine höhere Wertigkeit zugeordnet als den anderen beiden Sensitivitäten. Diese Reihenfolge der Aggregation macht insofern Sinn, da die Bevölkerungsdichte die wichtigste Sensitivität darstellt, weil sie alle Alters- und Bevölkerungsgruppen einschließt. Mit dem Werkzeug „Intersect“ wird ein Schnittpunkt der Eingabe-Features berechnet. Die Ausgabe-Feature-Class (in dem Fall Feature-Class „Demografische Sensitivität“ enthält alle Features, die sich in allen Layern überlappen.

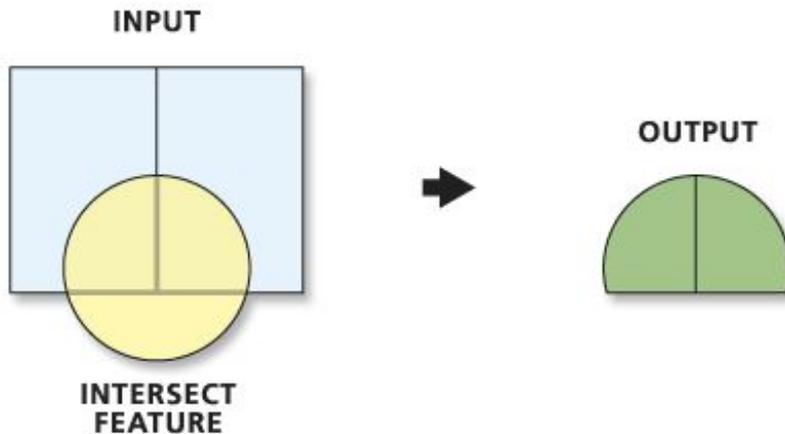


Abbildung 16: Funktionsweise des Werkzeuges "Intersect" (Überschneiden)
(ARCGIS 2012b: www)

Um die einzelnen Flächen hinsichtlich ihrer gesamten demografischen Sensitivität zu bewerten, wird ebenfalls eine Verschneidungsmatrix (Tabelle 7) aufgestellt, die sich zum einen aus der oben ermittelten „Sensitivitätsvorstufe“ und zum anderen aus der Einwohnerdichte/ha zusammensetzt. Die Bewertung der Sensitivität erfolgt wie im ersten Aggregationsschritt.

Tabelle 7: Verschneidungsmatrix der Tabelle 6 und der Einwohnerdichte zur Ermittlung der demografischen Sensitivität (Schritt 2) (eigene Darstellung)

„Sensitivitätsvorstufe“ (Tab. 6.)	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Einwohnerdichte/ha					
Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel
Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Hoch
Mittel	Gering	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch
Hoch	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch	Sehr hoch
Sehr hoch	Mittel	Hoch	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch

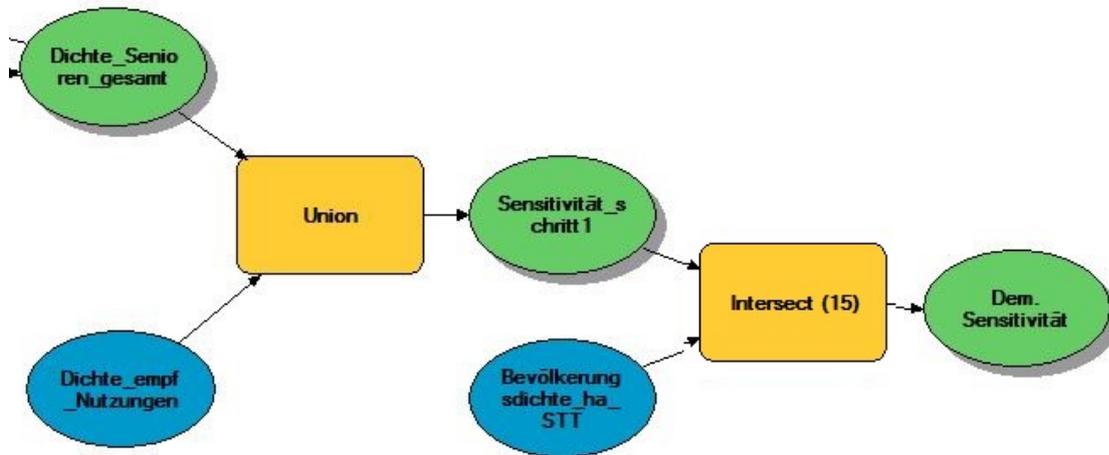


Abbildung 17: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur demografischen Sensitivität (eigene Darstellung)

Abbildung 17 zeigt die zwei aufeinander aufbauenden Aggregationsschritte zur Ermittlung der demografischen Sensitivität, wie sie im GIS vollzogen wurden. Die erste Verschneidung ist von den Daten zur „Dichte der Senioren“ und „Dichte empfindlicher Nutzungen“, in einem zweiten Schritt die Verschneidung des Ergebnisses mit der Bevölkerungsdichte.

Um die Arbeitsschritte der Verschneidungsmatrizen (Tabelle 6 und Tabelle 7) in GIS zu übertragen sind weitere folgende Arbeitsschritte in der Attributtabelle notwendig (Tabelle 8):

Tabelle 8: Arbeitsschritte der Bewertung im GIS (eigene Darstellung)

1. Add field	„Sensitivität_Summe“
2. FieldCalculator:	„Sensitivität_Summe“ = Bewertung Sensitivitätsbewertung Senioren/ha + Sensitivitätsbewertung Dichte sozialer Einrichtungen
3. Add field:	„Sensitivität_Bewertung“, select by Attributes: z. B. „Sensitivität_Summe“ = 3
4. Field Calculator	Sensitivität_Bewertung = 2 (Geringe Sensitivität)
5. Schritt auf alle Sensitivitäten anwenden	

4.2.3 Ermittlung der Betroffenheit (besonderer Fokus auf sensitive Einrichtungen, Altersgruppen und auf die Bevölkerungsdichte)

Ein weiterer Baustein im Prozess zur Ermittlung der Vulnerabilität ist eine Betroffenheitsanalyse. Die Betroffenheit beschreibt die zu erwartenden negativen Folgen, die durch Hitze und seine Wirkfolgen auf Menschen im jeweiligen Raum ausgelöst werden können. Im Rahmen dieser Arbeit wird Betroffenheit als ein soziales Produkt aus der

Verbindung von Informationen zur Exposition sowie aus den Parametern der demografischen Sensitivität verstanden.

Auf die Verwendung der Daten zur nutzungsbedingten Sensitivität wird bei der Betroffenheitsanalyse verzichtet, da die Daten zur Exposition bereits die von Hitze betroffenen Bereiche darstellen, weil diese u. A. geprägt sind von einer dichten Bebauung, hohen Versiegelungsgraden und während der Nacht schlecht durchlüftet werden.

4.2.3.1 Daten zur Ermittlung der Betroffenheit

- Einwohnerdichte/ha Stadtteilfläche
 - Anteil der Senioren/ha Stadtteilfläche
 - Dichte sensibler sozialer Einrichtungen
 - Aktuell hoch bioklimatisch belastete Siedlungsräume
 - Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung bis 2050
- } Ermittelte demografische Sensitivität
- } Exposition

4.2.3.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Betroffenheit

Um den Grad der Betroffenheit zu ermitteln, wird die bioklimatische Situation (Exposition) mit der demografischen Sensitivität mittels des in der Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellten Bewertungsschemas verschnitten. Es werden sowohl die aktuelle Betroffenheit ermittelt, als auch die zukünftige Betroffenheit (auf Basis der Klimaprognose bis 2050).

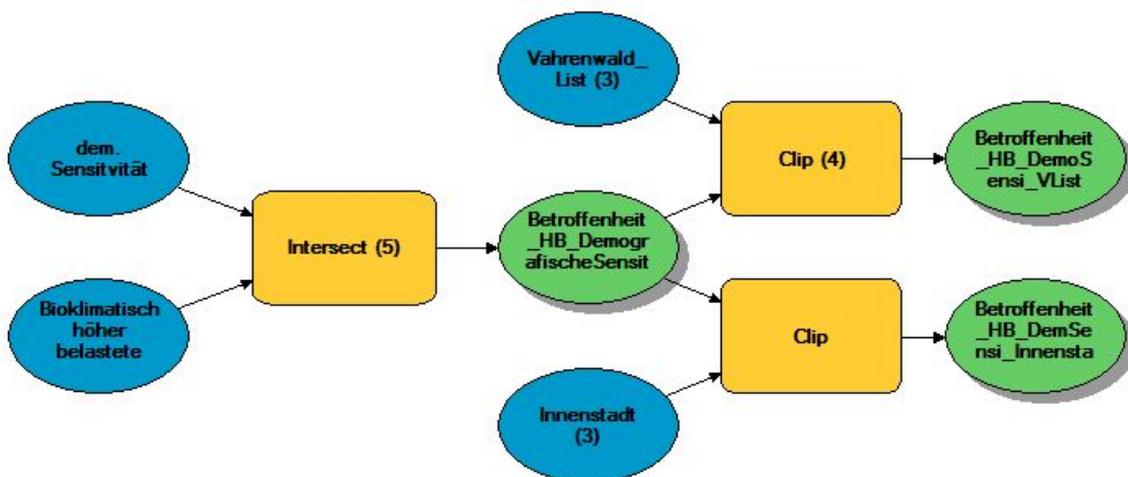


Abbildung 18: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der aktuellen Betroffenheit und zuschneiden der Betroffenheit auf Detailbereiche Vahrenwald/List und Mitte

Aktuelle Betroffenheit

Die hoch bioklimatisch belasteten Siedlungsräume (Exposition) werden mit der demografischen Sensitivität verschnitten (Werkzeug Intersect) (Abbildung 18). Das Ergebnis sind die Bereiche, in denen sich die als sensitiv identifizierten Gebieten mit den höher bioklimatisch belasteten Bereichen überlagern.

Die Verschneidung der Bereiche bioklimatischer Belastungen mit der Verteilung der demografischen Sensitivität führt zur Abgrenzung von Problemgebieten mit einer abgestuften Betroffenheit gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen.

Tabelle 9: Bewertung der Betroffenheit - demografisch sensitive Bereiche (eigene Darstellung)

	Sehr geringe demografische Sensitivität	Geringe demografische Sensitivität	Mittlere demografische Sensitivität	Hohe demografische Sensitivität	Sehr hohe demografische Sensitivität
Hoch bioklimatisch belastet	Mittlere Betroffenheit	Mittlere Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Sehr hohe Betroffenheit

Zukünftige Betroffenheit

Neben der Ermittlung aktuell von Hitze betroffenen Flächen, werden auch Bereiche ermittelt, die durch zunehmende Wärmebelastungen in Zukunft von Hitzestress betroffen sein können. Die in der Fachkarte ausgewiesenen Bereiche, in denen bis Mitte des Jahrhunderts eine merkliche Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung auftreten wird, bilden die Grundlage für die Analyse. Die Bereiche mit den ermittelten demografischen Sensitivitätsstufen werden mit der jeweiligen Zunahme der Wärmebelastung bis 2050 in ArcGIS verschnitten (Abbildung 19). Die abgestufte Betroffenheit ergibt sich aus der Verschneidungsmatrix beider Indikatoren (Tabelle 10).

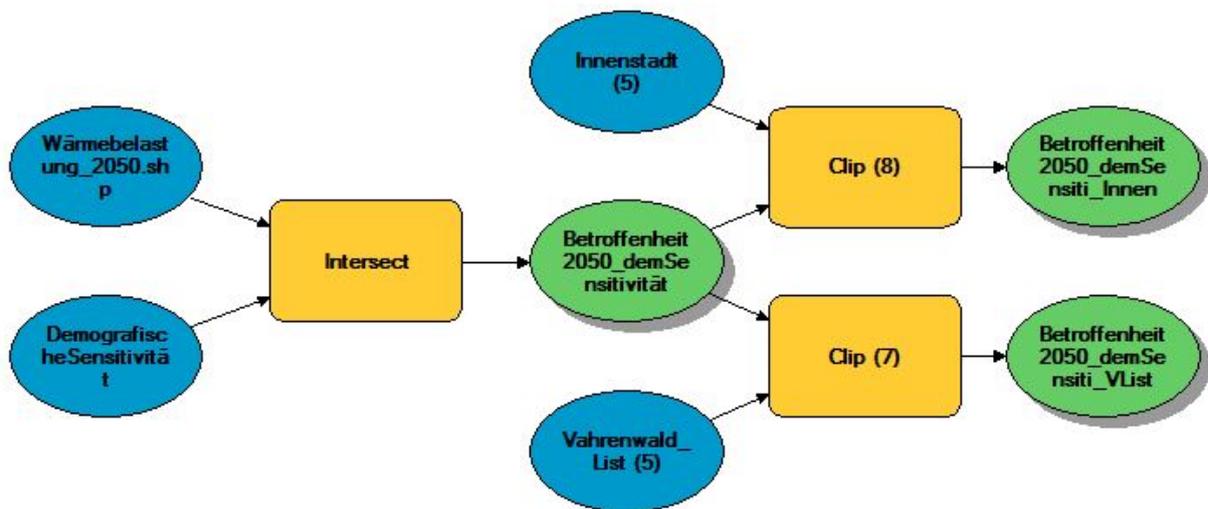


Abbildung 19: Auszug aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Ermittlung der zukünftigen Betroffenheit und Zuschnitt auf Detailbereiche Vahrenwald/List und Innenstadt

Tabelle 10: Bewertung der zukünftigen Betroffenheit – demografisch sensitive Bereiche (eigene Darstellung)

	Sehr geringe demografische Sensitivität	Geringe demografische Sensitivität	Mittlere demografische Sensitivität	Hohe demografische Sensitivität	Sehr hohe demografische Sensitivität
Mäßige Zunahme Wärmebelastung	Geringe Betroffenheit	Mittlere Betroffenheit	Mittlere Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Hohe Betroffenheit
Hohe Zunahme Wärmebelastung	Mittlere Betroffenheit	Mittlere Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Sehr hohe Betroffenheit
Sehr hohe Zunahme Wärmebelastung	Mittlere Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Hohe Betroffenheit	Sehr hohe Betroffenheit	Sehr hohe Betroffenheit

4.2.4 Ermittlung der Anpassungskapazitäten

In der Literatur werden die Vorgehensweisen zur Ermittlung der Anpassungskapazität viel diskutiert (BMVBS & BBSR 2013: 6; 40; IPCC 2014: 27; BUNDESREGIERUNG 2008: 46). Eine besondere Herausforderung bei der Vulnerabilitätsanalyse stellt die Tatsache dar, dass die Anpassungskapazität über technische und finanzielle Möglichkeiten hinaus von einer Vielzahl schwierig zu messender Faktoren beeinflusst wird. Wichtig ist z. B. die Fähigkeit einer Gesellschaft oder eines Systems, sich auf neue Gegebenheiten einzustellen sowie das Bewusstsein für die Umsetzung notwendiger Maßnahmen zur Minimierung oder Vermeidung von Klimawandelauswirkungen (ADELPHI 2015: 52, BMVBS & BBSR 2013: 40f).

Im Allgemeinen kann eine Anpassung durch Reduzierung von Hitzebelastung im urbanen Raum erfolgen (GREIVING 2012: 15). Diese wird in Ausweich- und Verminderungskapazitäten ausgedrückt. Erste besteht, wenn es Möglichkeiten für die Bevölkerung gibt, auf sog. Klimakomfortinseln auszuweichen, letzte besteht durch die vermindernde, klimatische Wirkung von größeren Grün- und Freiflächen.

4.2.4.1 Daten zur Ermittlung der Anpassungskapazität

Zur Ermittlung der Anpassungskapazitäten werden folgende Quellen als Grundlage verwendet:

- ATKIS Basis DLM – Landnutzungskartierung des Stadtgebietes
 - Daten zur Ermittlung der Verminderungskapazität: Grün- und Freiflächen wie Parks, Friedhöfe und Kleingartenkolonien, Wälder und Wasserflächen, landwirtschaftliche Flächen.

- Fachkarte Klimaanpassung der Stadt Hannover 2016:
 - Daten zur Ermittlung der Ausweichkapazität: Flächen die zur Erholung dienen (s.o.) und Klimakomfortinsel.
- Klimafunktionskarte Hannover, Stand 2006: In der Klimafunktionskarte für Hannover werden die klimatischen Wirkungen der unterschiedlich genutzten Stadtflächen und die lokalen Luftbewegungen dargestellt. Die Karte zeigt u. A. welche Gebiete in Hannover Kaltluft für die bebauten Flächen liefern (STADT HANNOVER 2006: www).
- Regionales Raumordnungsprogramm 2016: Klimaökologisch bedeutsame Freiflächen.

4.2.4.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Anpassungskapazität Verminderungskapazität

Da die klimatische Verminderungswirkung von urbanen Flächen durch die jeweiligen Strukturen und Ausstattungen sehr verschieden ist (FUNK & GROß 2015: 25), werden in der folgenden Tabelle die klimatischen Wirkungen der unterschiedlich genutzten Stadtfläche von Hannover mit Beispielen aufgeführt.

Die Tabelle 11 gibt einen Überblick über alle Flächentypen im Stadtgebiet und stellt deren wesentliche klimatische Wirkungen dar (sogenannte Klimatope). Durch Literaturrecherchen und orientiert an der Klimatopklassifizierung des VEREINS DEUTSCHER INGENIEURE (2003/2014) wird die angenommene klimatische Wirkung für jeden Flächentyp stichpunktartig zusammengefasst und in der Tabelle festgehalten. Durch Klimatope können Stadtgebiete klimatisch differenziert werden. Es werden neun Klimatoptypen unterschieden.

Tabelle 11: Flächentypen mit jeweiliger klimatischer Wirkung (eigene Darstellung)

Klimatope mit Beispielen	Klimatische Wirkung
Wälder	
Wie z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Eilenriede • Mardalwiese/Hermann Löns Park 	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr geringe Temperatur- und Feuchtwerte • Während im Innenbereich des Waldes tagsüber durch die Verschattung und Verdunstung im Vergleich zu Freiflächen niedrigere Temperaturen und höhere Luftfeuchtigkeit herrscht, sind die nächtlichen Temperaturen milder als in der Umgebung. • Regenerationszonen für die Bevölkerung, • Ausgleichende Wirkung auf die Umgebung durch Kalt- und Frischluftproduktion, • Blätterdach wirkt als Filter gegenüber Luftschadstoffen (MINISTERIUM FÜR

Klimatope mit Beispielen	Klimatische Wirkung
	<p>WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www; BIELAWNY & SPELLERBERG 2014: 22).</p>
Grün- und Freiflächen wie Parks und Friedhöfe	
<p>Große Flächen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Georgengarten • Berggarten • Leineaue • Lindener Berg • Friedhof in Stöcken • Ricklinger Friedhof • Seelhorster Friedhof • Zusammenhängende Kleingartenkolonien <p>Kleine Flächen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klimakomfortinseln 	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetationsstruktur führt zu verschiedenen Lokalklimaten (LUFT 2017: mdl.). Größere Grün- und Freiflächen sind gekennzeichnet von aufgelockerten Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen sowie reich strukturierten lockeren Busch- und Baumbeständen, Kleingärten sind ebenfalls geprägt von größeren Anteilen von Grün- und Freiflächen. • Abbau von Luftschadstoffen • Ausgleichende Wirkung auf die Umgebung durch Kalt- und Frischluftproduktion (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www), • Die Reichweite der Wirkung von Grünzügen und Parkflächen ist vom Relief, von der Größe der Grünanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung abhängig. Flächen entwickeln zwar ein Eigenklima, haben jedoch in der Regel einen untergeordneten Einfluss auf umliegenden Flächen (STEINRÜCKE & EGGENSTEIN 2012: 13f). • Klimakomfortinseln sind kleinere kaltluftbildende Grün- und Freiflächen die innerhalb der aufgeheizten Siedlungsbereiche liegen. Ihre klimatische Wirkung beschränkt sich auf die Fläche selbst. Inseln fungieren als klimaökologische Entlastungsräume (SCHMIDT et. al. 2017: 32; LUFT 2017: mdl.). • Größere Kleingärten wirken als Feinstaubsenken (LUFT 2017: mdl.; SCHMIDT 2017: mdl.).

Klimatope mit Beispielen	Klimatische Wirkung
Gewässer	
<p>Wie z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maschsee • Ricklinger Teiche • Leine • Ihme • Altwarmbüchener See 	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässer ab einer Größe von >1 ha haben gegenüber der Umgebung einen verminderten thermischen Einfluss (VDI 3787 Bl.1 1997). • Aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers sind die Temperaturen an Gewässeroberflächen an einem Sommertag geringer und nachts höher als die Umgebung, da sich Wasser im Vergleich zu anderen Oberflächen langsamer erwärmt und abkühlt. • Die verminderte Wirkung der Umgebungstemperatur wird umso deutlicher, je größer die Wasseroberfläche ist (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www; STEINRÜCKE & EGGENSTEIN 2012: 12f)
Wiesen- und Ackerflächen	
<p>Ackerflächen, Freiflächen mit lockerem Gehölzbestand</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Weisen im Allgemeinen einen extremen Tages- und Jahresgang der Temperatur und Feuchtwerte sowie keine Bremsungen der Winde auf. • Hohe nächtliche Frisch- und Kaltluftproduktion, • Klimatische Verminderungs- und Ausgleichsfunktion (LUFT 2017: mdl.; MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).
Offene Bebauung (dichter stehend wie z. B. Einzelgebäude, Reihenhäuser oder Blockbebauung mit Grünflächen)	
<p>z. B. Stadtteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • List • Vahrenwald 	<ul style="list-style-type: none"> • Die nächtliche Abkühlung ist eingeschränkt und im Wesentlichen von der Umgebung abhängig. Dichter stehende Gebäude behindern die lokalen Winde und Kaltluftströme (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).

Klimatope mit Beispielen	Klimatische Wirkung
Geschlossene Bebauung mit wenig Grünflächenanteil, Hochhäuser	
<p>z. B. Stadtteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitte 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei starker Aufheizung am Tag ist die nächtliche Abkühlung sehr gering. Es entsteht gegenüber der Umgebung ein Wärmeinseleffekt mit relativ niedriger Luftfeuchtigkeit. • Bebauung beeinflusst stark die regionalen und überregionalen Windströme, so dass der Luftaustausch eingeschränkt ist und eine insgesamt hohe Schadstoffbelastung besteht. (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).
Innenstadtbebauung; Dichte und hohe innerstädtische Bebauung mit sehr geringen Grünanteilen	
<p>z. B. Stadtteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitte • Oststadt • Südstadt 	<ul style="list-style-type: none"> • Führt tagsüber zu starker Aufheizung und nachts zur Ausbildung einer deutlichen Wärmeinsel. • Bedingt durch massive Bebauung und die Wärmeinseln besteht insgesamt eine hohe Luft-, Lärm- und Schadstoffbelastung (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).
Industrie- und Gewerbeflächen	
<p>z. B. Stadtteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bothfeld • Stöcken • Linden-Mitte 	<ul style="list-style-type: none"> • Ähnlich wie Innenstadtbebauung, d.h.: Wärmeinseleffekt vorhanden, erhebliche Störung der Windbahnen, • Bedingt durch großflächigere Verkehrsflächen höhere Emissionen (MINISTERIUM FÜR WITSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).
Schienen- und Bahnanlagen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Gekennzeichnet durch eine intensive Erwärmung am Tag und eine rasche nächtliche Abkühlung, • Temperaturen sind dennoch deutlich höher als die des Freilandes,

Klimatope mit Beispielen	Klimatische Wirkung
	<ul style="list-style-type: none"> • Gleise dienen auf Grund ihrer geringen Überbauung als Luftleitbahn (MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTEMBERG 2012: www).

Vorgehen zur Identifizierung der Flächentypen mit Verminderungskapazitäten im Stadtgebiet

In einem ersten Schritt gilt es eine Auswahl der Flächentypen zu treffen, die ausreichend Kaltluft produzieren und daher Verminderungskapazitäten für die umliegende Bebauung aufweisen. Die Tabelle 11 stellt alle im Stadtgebiet vorkommenden Klimatope dar, von denen positive und negative klimatische Wirkungen auf das Stadtklima ausgehen.

Durch die Zuordnung der verschiedenen Klimatoptypen können einerseits städtische Bereiche erfasst werden, für die von einer hohen Betroffenheit während Hitzesituationen auszugehen ist. Andererseits können naturnahe Klimatope abgegrenzt werden, die eine hohe klimaökologische Funktionalität besitzen und als Verminderungsflächen für klimatisch belastete Gebiete dienen können.

Demnach haben bebaute Flächen (Wohnbebauung, Industrie- und Gewerbe oder Bahntrassen) keine positiven Einwirkungen auf das umliegende Klima und werden von der Auswahl zu Verminderungsflächen ausgeschlossen.

Ebenfalls ausgeschlossen werden die aufgeführten Klimakomfortinseln. Diese Flächen, die innerhalb der aufgeheizten Bereiche liegen, sind zwar Kaltluftproduzenten, die klimatische Wirkung der Fläche beschränkt sich jedoch durch die kleine Größe (< 2 ha) auf sich selbst, da sie durch ihre oft isolierte Lage in der Bebauung nicht an die vorhandenen Kaltluftleitbahnen angebunden ist (SCHMIDT et. al. 20176: 32; LUFT 2017: mdl.). Die Inseln selbst entwickeln keine Ausstrahlungseffekte in die angrenzende Bebauung und fungieren innerhalb der Belastungsbereiche nicht als Raum mit Verminderungskapazität, sondern als klimaökologischer Entlastungsraum bzw. durch die günstigen klimatischen Voraussetzungen als Ausweichraum für die Bevölkerung (MOSIMANN et.al. 1999: 239; FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN 2015: 2).

Um die Flächen zu identifizieren, die im Stadtgebiet von Hannover tatsächlich klimaökologisch bedeutsame Flächen darstellen, dienen folgende Karten als Grundlage:

- die Erläuterungskarte 3 „Klimaökologisch bedeutsame Freiflächen“ aus dem Regionalen Raumordnungsprogramm 2016 (Abbildung 20),
- die Klimafunktionskarte der Stadt Hannover „Klimaökologische Funktionen im Stadtgebiet Hannover“ 2006 (Abbildung 21).

Beide Karten stellen innerstädtische Grün- und Freiflächen mit einer mittleren, hohen bis sehr hohen Kaltluftlieferung dar. Je mehr Kaltluft auf den Flächen produziert wird, desto bedeutender ist die Fläche als Kaltluftproduzent und desto eher eignet sie sich als Verminderungs- und Ausgleichsgebiet. Auch die Informationen aus den Experteninterviews werden für die Identifizierung der Verminderungsflächen genutzt. Durch einen Abgleich der beiden Fachkarten (Abbildung 20 und Abbildung 21) können die Flächen mit einer hohen Bedeutung als Kaltluftproduzent identifiziert werden. Falls in beiden Karten die gleichen innerstädtischen Grün- und Freiflächen als bedeutende Kaltluftliefergebiete markiert sind (orange und dunkel blau markiert), werden sie als Verminderungsflächen ausgewählt. Die durch den Abgleich identifizierten Flächen werden in ArcGIS selektiert und dargestellt.

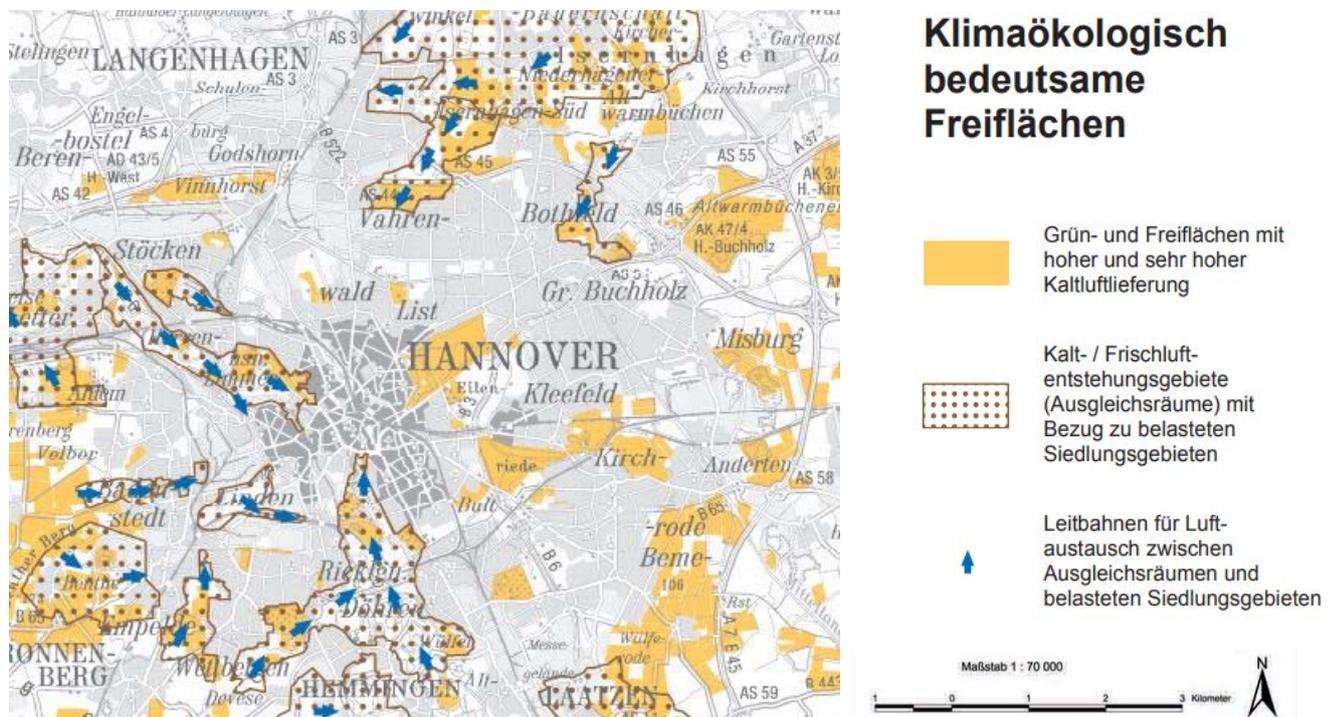


Abbildung 20: Ausschnitt aus Erläuterungskarte 3 "Klimaökologisch bedeutsame Flächen" (RROP 2016) inkl. Legende

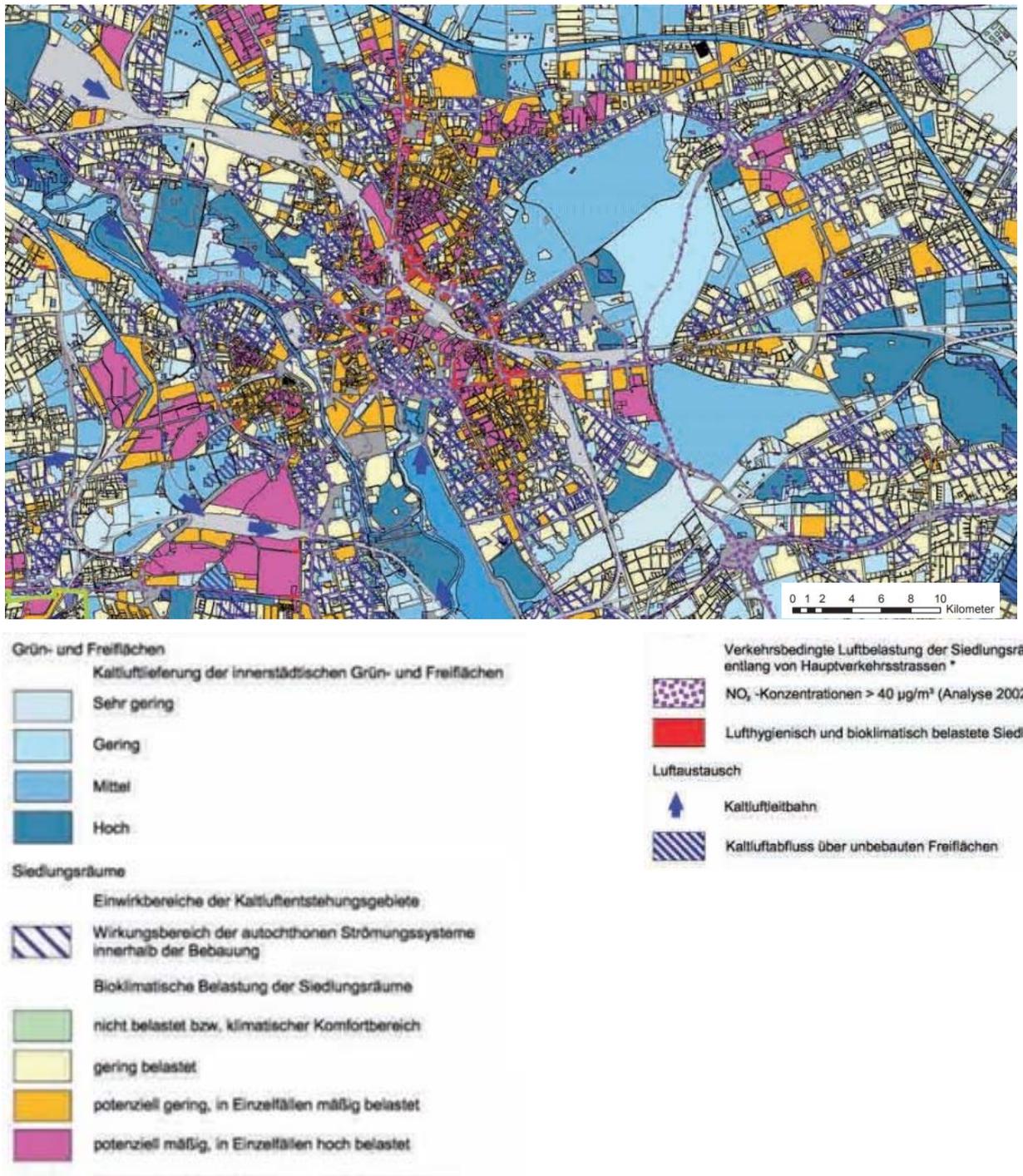


Abbildung 21: Ausschnitt der Karte inkl. Legende "Klimaökologische Funktionen im Stadtgebiet Hannover" Klimafunktionskarte 2006 (STADT HANNOVER 2006: www)

Ein weiteres Kriterium für die Eignung als Verminderungsfläche, neben der Kaltluftproduktion, ist eine Mindestgröße von zwei Hektar. Diesen Wert hat die Stadt Hannover ebenfalls als Mindestgröße für Flächen mit klimavermindernder Wirkung definiert (SCHMIDT 2017: mdl.).

Ergänzend zu den Flächen mit Verminderungskapazitäten für das Stadtklima gilt es auch den Stadtteil und dessen „eigene Anpassungskapazität“ an Hitze durch die Grünausstattung

zu betrachten. Dazu wird in drei Stadtteilen untersucht, inwiefern die Quartiere und Wohnblöcke eigene vermindernde Leistungen in Form von Begrünung aufweisen.

Durch eine Kartierung mittels Luftbilddauswertung in der u. A. begrünte Innenhöfe identifiziert werden, können Grünräume mit vermindernder Wirkung auf die direkte Umgebung in den Quartieren erfasst werden (vgl. Kapitel 6). Diese Darstellung dient lediglich als ergänzende Einschätzung zur Verminderungskapazität und fließt nicht in die weitere Analyse mit ein.

Festlegung und Darstellung der Ausstrahlungseffekte der Flächen mit Verminderungskapazitäten

In Städten ist eine klimatische Ausgleichswirkung von Grün- und Freiflächen in Abhängigkeit von der Größe und Lage der Grünfläche, den Windverhältnissen und der umgebenden Nutzung in einer Reichweite von 50 bis zu 400 Meter, maximal 1300 Meter nachgewiesen (KUTTLER 2009: 195ff, GEONET 2014: 33; SCHMIDT 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.).

Laut SCHMIDT et. al. (2011: 53) und STEINECKE et. al. (2012: 65ff) können Ausstrahlungseffekte von Flächen in die angrenzende Bebauung (so genannter Oaseneffekt) differenziert für Grün- und Freiflächen bis zu 400 Metern betragen. Andere Studien nehmen an, dass der Oaseneffekt bis zu 100 Meter in die Umgebung reicht (ebd.).

Berechnungen der Klimaanalysekarte der Stadt Hannover ermittelten Ausstrahlungseffekte unterschiedlicher Flächen von bis zu 400 Metern in die angrenzende Bebauung (SCHMIDT 2017: mdl.).

Da es demnach keine nachvollziehbaren Maßstäbe für eine fachlich-objektive Bewertung, standardisierte Ausstrahlungsbereiche oder ähnliches für einen Nutzungstyp/Klimatop gibt, werden eigene Bewertungskriterien definiert, die sich hauptsächlich an der Vulnerabilitätsanalyse von Leipzig orientieren. Dort werden Flächen (mit einer Größe von ein bis drei Hektar) Ausstrahlungseffekte von bis zu 200 Metern zugewiesen.

In dieser Arbeit werden allen Verminderungsflächen mit einer Größe von zwei Hektar die (fast) minimalsten in der Literatur genannten Ausstrahlungswerte von bis zu 100 Metern zugewiesen. Durch die konservative Einschätzung kann davon ausgegangen werden, dass die ausgewiesenen Bereiche tatsächlich eine vermindernde Wirkung durch Kaltluft erfahren.

Dementsprechend wird im ArcGIS mit dem Werkzeug Buffer ein 100 Meter Radius um die vermindernenden Nutzungen Wälder, Gewässer, Grün- und Freiflächen gelegt.

Durch eine Verschneidung (Dissolve-Tool) der einzelnen Pufferkreise werden die Flächen zusammengeführt (Abbildung 22).

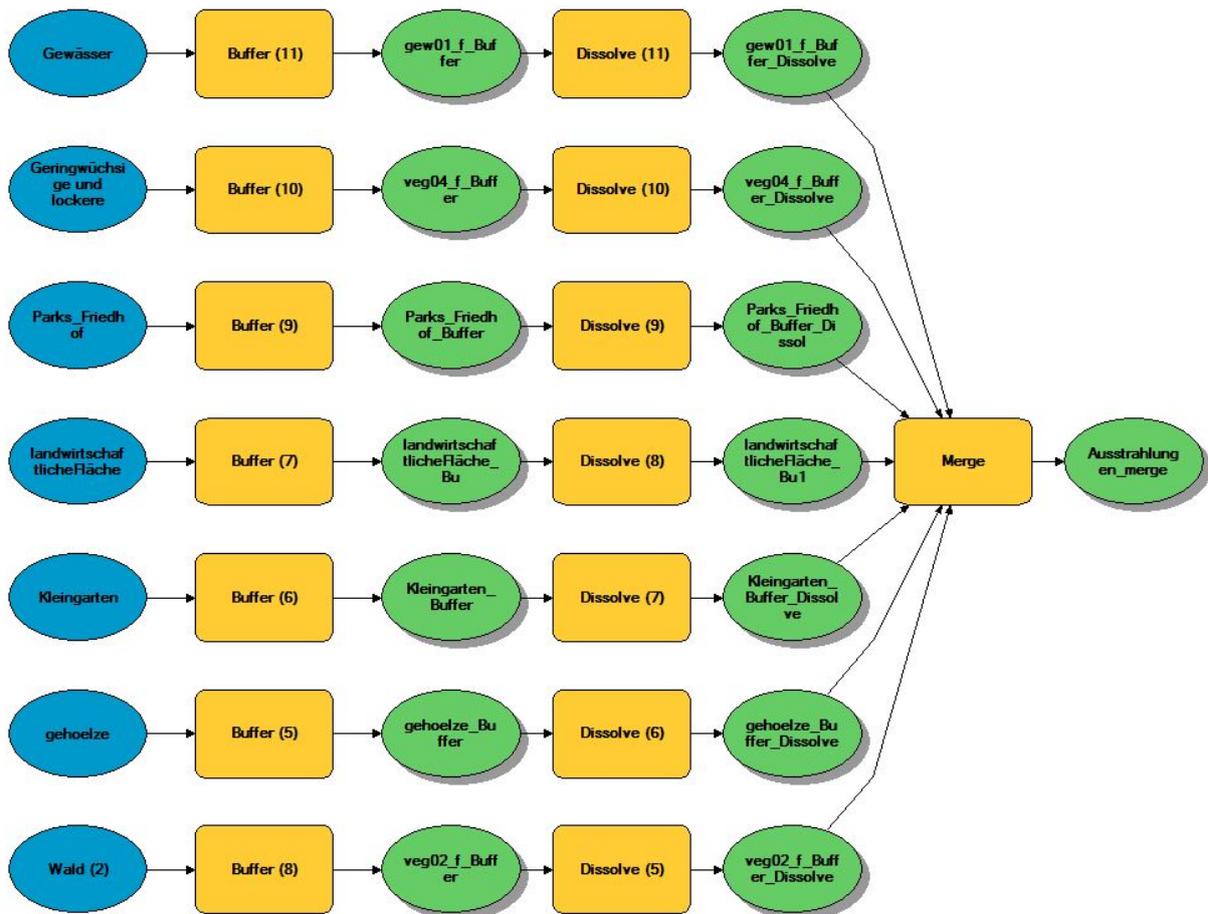


Abbildung 22: Ausschnitt aus Modelbuilder - Arbeitsschritte zur Festlegung der Ausstrahlungsbereiche der ausgewählten Flächentypen

Zu berücksichtigen ist, dass die hier festgelegten Ausstrahlungsbereiche nur schematische und starre Werte sind und die Ausstrahlungseffekte je nach Gebäudeanordnung, Gebäudehöhe, Bebauungsdichte und Anschluss an die Frischluftbahnen im Stadtgebiet anders ausfallen können. Lockere und weniger hohe Bebauungsstrukturen begünstigen eine weitreichende Strömung der Kaltluft in das Siedlungsgebiet hinein. Enge und hohe Bebauungsstrukturen bewirken hingegen ein Abschwächen der Kaltluft.

Zur Darstellung der Verminderungskapazitäten ist es jedoch notwendig, sich methodisch auf einen allgemeinen Wert festzulegen. Die Flächen mit Ausstrahlungseffekten sind in dieser Arbeit daher als statistische Werte behandelt worden.

Ausweichkapazität

Neben den großflächigen Klimatopen (inkl. Verminderungskapazität, Tabelle 11), sind auch kleinere Grünflächen, Sportplätze und Freiflächen wie Felder und Brachen mit einer Größe bis zu zwei Hektar und geringer Kaltluftlieferung als Ausweichraum relevant. Diese Areale bilden selten einen Einwirkungsbereich aus, da sie in eine insgesamt wärmere Bebauung eingebettet sind. Durch die isolierte Lage in der Bebauung weisen sie zudem keine Anbindung an vorhandene Leitbahnen auf. Innerhalb von Belastungsbereichen können aber

auch diese Flächen eine bedeutsame Funktion als klimaökologische Komfortinseln erfüllen, sofern sie ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten wie beispielsweise beschattete und besonnte Bereiche oder sogar kühlenden Wasserflächen aufweisen (Mikroklimavielfalt). Durch solche Eigenschaften sind diese im Allgemeinen frei zugänglichen Flächen insbesondere an Sommertagen und damit einhergehenden Wärmebelastungen im Innenstadtbereich für viele Bevölkerungsgruppen, insbesondere für die Risikogruppen wichtig und fungieren als Ausweichräume für die Bevölkerung (SCHMIDT et. al. 2017: 32f). Denn sowohl Kleinkinder (und ihre Betreuungspersonen) als auch die Altersgruppe > 60 Jahre sind in der Regel nicht berufstätig und können demzufolge Erholungsflächen auch tagsüber aktiv aufsuchen. Vor allem die Bevölkerung in den bioklimatisch höher belasteten Siedlungsgebieten benötigen Ausweichräume in Form von kleineren Freiflächen oder größere Gärten die fußläufig erreichbar sind. Da die Wirkung der Grünflächen als Ausweichraum am Tage hinsichtlich ihrer Erreichbarkeit bisher noch nicht hinlänglich beleuchtet wurde, wird die fußläufige Erreichbarkeit im Folgenden untersucht.

Vorgehen zur Ermittlung der Ausweichkapazität

Aus Kapazitätsgründen wurde eine Analyse und Bewertung von Grünflächen zur Beurteilung der Eignung als Ausweichraum in dieser Arbeit nicht durchgeführt. Stattdessen werden die bereits digital vorhandenen Klimakomfortinseln (Fachkarte Klimaanpassung STADT HANNOVER 2016) als geeignet angesehen und verwendet.

Es wird untersucht, ob die Bewohner, die in den als betroffen identifizierten Bereichen leben die Klimakomfortinseln innerhalb von 5 bis 10 Minuten fußläufig erreichen können. Dafür wurde eine Schrittgeschwindigkeit von ca. 3 bis 4 km/h angenommen. Dies ergibt einen Radius von 250 bis 500 Metern der die fußläufige Erreichbarkeit von bis zu 10 Minuten darstellt. Als Richtwert für die fußläufige Erreichbarkeit der bioklimatischen Ausweichräume wird in der Literatur ebenfalls eine Entfernung von bis zu 500 Metern festgelegt (URGE 2002, SCHMIDT et.al. 2011: 54). Angelehnt an die Berechnungen und den Richtwert werden in dieser Arbeit 300 Meter als zumutbare fußläufige Erreichbarkeit festgelegt.

Daher wird im GIS ein 300 Meter Puffer um die Klimakomfortinseln gelegt, der die fußläufige Erreichbarkeit der Inseln symbolisiert (Werkzeug Buffer).

Durch eine Verschneidung (Dissolve-Tool) der einzelnen Pufferkreise werden die Flächen zusammengeführt.

Da auch die zuvor selektierten Gewässer- und Waldflächen sowohl als Regenerationszonen für die Luft als auch als Erholungsraum für den Menschen geeignet sind, wird um die Flächen ebenfalls ein 300 Meter Erreichbarkeitsradius gelegt und anschließend in die Karte zur Ausweichkapazität integriert.

4.2.5 Ermittlung der Vulnerabilität

Im Kontext von zwei verschiedenen Anpassungskapazitäten werden auch zwei verschiedene Vulnerabilitäten des Raumes ermittelt (vgl. Kapitel 4.2).

Die Einschätzung der **Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitzebelastungen unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität** ergibt sich aus der Kombination von Betroffenheit (demografische Sensitivität und Exposition) und der nutzungsbedingten Sensitivität (basierend auf dem Versiegelungsgrad einschließlich kompensierender Verminderungskapazitäten).

Die **Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume** ergibt aus der Kombination der betroffenen Bereiche mit den Ausweichkapazitäten (Ausweichräume und deren fußläufige Erreichbarkeit).

4.2.5.1 Daten zur Ermittlung der Vulnerabilität

- Betroffene Bereiche, mit Fokus auf demografische Sensitivitäten,
- Nutzungsbedingte Sensitivität (Grad der Versiegelung nach MOSIMANN et. Al. 1999), inklusive der
- Flächen mit Verminderungskapazität und deren Ausstrahlungsentfernungen,
- Ausweichräume und deren fußläufige Erreichbarkeit.

4.2.5.2 Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Vulnerabilität

Die Überlagerung der betroffenen Bereiche mit nutzungsbedingt-sensitiven Bereichen erfolgt unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten und der Ausstrahlungseffekte, die jeweils eine Abstufung der nutzungsbedingten Sensitivität um eine Stufe bedingen.

Die folgende Verschneidungsmatrix (Tabelle 12) aggregiert die Überlagerung der betroffenen Bereiche mit der strukturellen Gefährdung der Siedlungsräume (Verschneidung von Bereichen mit Ausstrahlungseffekten und Versiegelungsgrad) zur Vulnerabilität.

Tabelle 12: Methodik zur Ermittlung und Bewertung der aktuellen Vulnerabilität urbaner Räume unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (eigene Darstellung nach SCHMIDT et.al. 2011: 55f)

Aktuell von Hitze betroffene Bereiche mit demografischer Sensitivität	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Nutzungsbedingte Sensitivität unter Berücksichtigung der Ausstrahlungseffekte			
Geringer Versiegelungsgrad mit Ausstrahlung	Geringe Vulnerabilität	Geringe Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität
Mittlerer oder hoher Versiegelungsgrad mit Ausstrahlung	Geringe Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität
Flächen ohne Ausstrahlung	Mittlere Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität

Diese Verschneidung findet sowohl mit den aktuell betroffenen Bereichen (Tabelle 12), als auch mit den zukünftig betroffenen Bereichen statt (Tabelle 13). So können zwei Zeithorizonte mit der sich entwickelnden Vulnerabilität abgebildet werden.

Tabelle 13: Methodik zur Ermittlung und Bewertung der zukünftigen Vulnerabilität urbaner Räume unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (eigene Darstellung)

Zukünftig von Hitze betroffene Bereiche mit demografischer Sensitivität	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Nutzungsbedingte Sensitivität unter Berücksichtigung der Ausstrahlungseffekte				
Geringer Versiegelungsgrad mit Ausstrahlung	Geringe Vulnerabilität	Geringe Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität
Mittlerer oder hoher Versiegelungsgrad mit Ausstrahlung	Geringe Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität
Flächen ohne Ausstrahlung	Mittlere Vulnerabilität	Mittlere Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität	Hohe Vulnerabilität

Ermittlung der Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitzebelastungen unter Berücksichtigung der Ausweichkapazität

Um auch die Ausweichkapazitäten zu berücksichtigen, wurde die Vulnerabilität mit Fokus auf Ausweichkapazitäten ermittelt. Diese setzt sich aus den von Hitze betroffenen Bereichen, aus den Ausweichräumen und dessen fußläufige Erreichbarkeit von 300 Metern zusammen. Mit dem Erase-Tool werden alle von Hitze betroffenen Bereiche entfernt, die innerhalb des 300 Meter Radius um die Ausweichräume liegen, da sie tendenziell durch das Erreichen der Ausweichräume nicht gegenüber Hitze vulnerabel sind. Das Output-Feature stellt schließlich die Bereiche dar, die außerhalb der fußläufigen Erreichbarkeit der Ausweichräume liegen und vulnerabel gegenüber Hitzebelastungen sind (Abbildung 23).

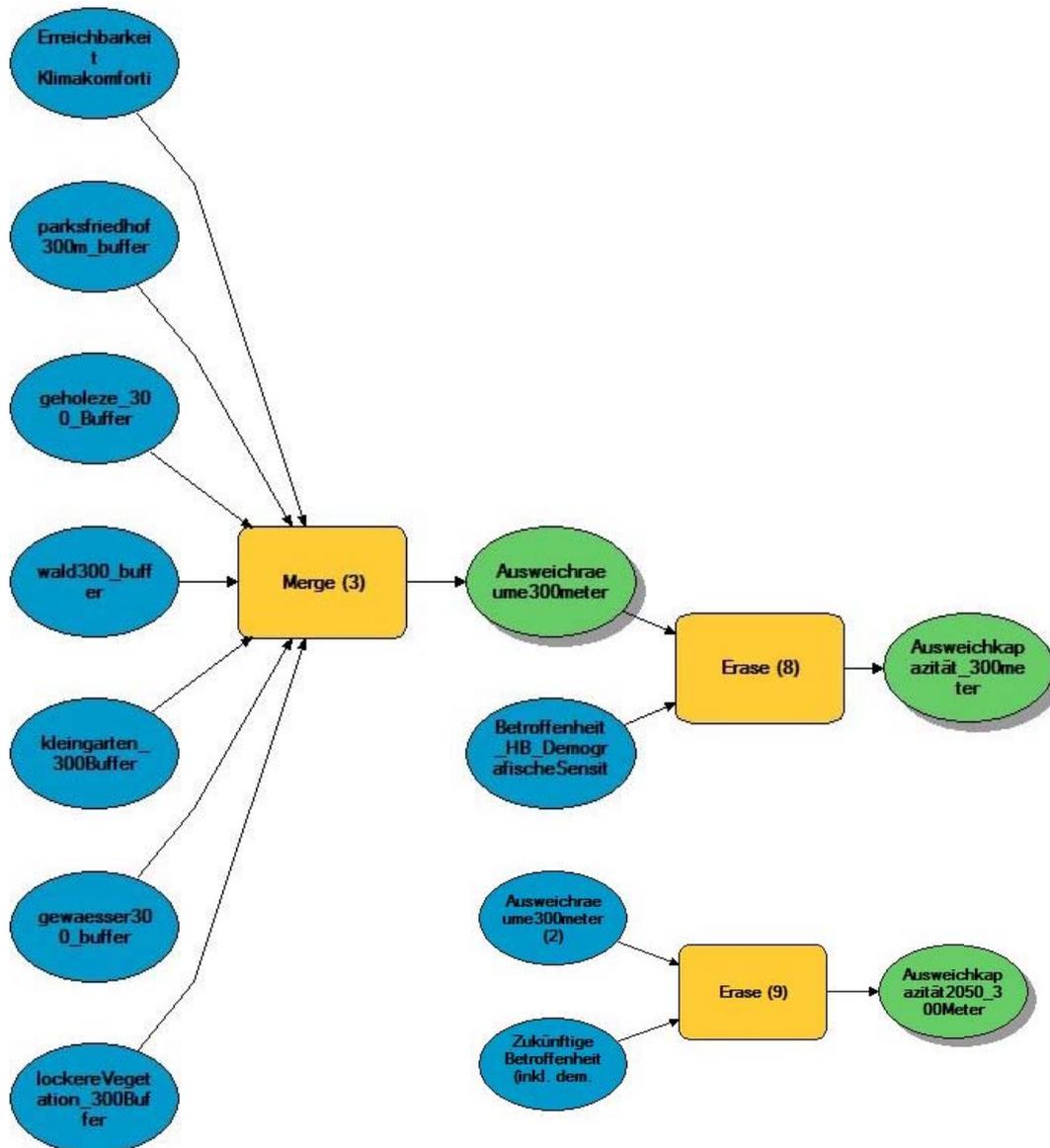


Abbildung 23: Ausschnitt Modelbuilder - Ermittlung der aktuellen und zukünftigen Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten (fußläufige Erreichbarkeit)

So werden dann zwei Vulnerabilitäten gegenüber Hitzebelastungen im Raum ermittelt:

- Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten
- Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten.

4.2.6 Methodik der leitfadengestützten Interviews

Die Experteninterviews bauen auf den Ergebnissen der GIS Analyse auf. Die Interviews haben zum Ziel, in Absprache mit den Experten die Ergebnisse und die methodischen Arbeitsschritte der Vulnerabilitätsanalyse zu reflektieren und darauf aufbauend zu diskutieren, wie man die klimatische Situation in Hannover planerisch verbessern kann.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen (vgl. Kapitel 2) werden qualitative Experteninterviews in Form von leitfadengestützten Interviews durchgeführt. Die Interviews finden in persönlichen Gesprächen statt. Die Methode des Experteninterviews wurde ausgewählt, da sie ein geeignetes Instrument ist, um z. B. Fakten, Meinungen und Bewertungen hinsichtlich der Methodik der Vulnerabilitätsanalyse zu ermitteln und im Gespräch mit den Experten Maßnahmen zur Verbesserung diskutieren zu können (KROMREY 2009: 338f; SCHNELL et. al. 2011: 315). Die persönliche Befragung ermöglicht es, Hintergrundinformationen, lokale Kenntnisse und Interessen der Experten verschiedener Fachbereiche zu ermitteln.

Auswahl der Akteure

Zur Reflexion der Ergebnisse und des weiteren Vorgehens werden für diese Arbeit drei Experten ausgesucht, die in direktem Bezug zur Stadt Hannover und zur klimaangepassten Stadtentwicklung stehen. Ermittelt werden Gesprächspartner, die über ein fundiertes fachliches Wissen verfügen. Weiterhin erfolgt die Auswahl über Empfehlungen. In diesem Fall wurden drei Mitarbeiter der Stadt Hannover aus folgenden Fachbereichen befragt:

- Herr Dirk Schmidt; Fachbereich Umwelt und Stadtgrün der Landeshauptstadt Hannover
- Frau Susanne Luft, Fachbereich Planen und Stadtentwicklung der Landeshauptstadt Hannover, Flächennutzungsplanung
- Frau Gabi Schlichtmann, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün der Landeshauptstadt Hannover, Klimaschutzleitstelle

Erstellung und Durchführung der leitfadengestützten Interviews

Im Vorfeld der Interviews wird ein Fragengerüst als Hilfestellung erstellt. Dieses soll dem Interviewer allerdings noch ermöglichen das Interview frei umzustrukturieren (KROMREY 2009: 365). Ein Vorteil, der sich aus einem im Vorfeld des Interviews entwickelten Leitfaden ergibt, ist die Sicherung der Vergleichbarkeit durch eine Strukturierung der gesammelten Daten (ebd.). Zusätzlich dient der Leitfaden zur Orientierung für den Interviewer, damit keine

wesentlichen Aspekte vergessen werden. Der Leitfaden kann während des Gesprächs flexibel gehandhabt werden, sodass beispielsweise Nachfragen bei Verständnisproblemen möglich sind (MAYER 2009: 37f).

Zur Beantwortung der anfangs vorgestellten Forschungsfrage werden Fragen formuliert, die eine Reflexion der Methodik und eine Diskussion zu Möglichkeiten zur Verbesserung der klimatischen Situation in betroffenen Bereichen zulassen.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wird ein Leitfaden für die Interviews konzipiert, ein Musterfragebogen ist im Anhang eingefügt (Anhang).

Die Leitfadeninterviews fanden nach der Fertigstellung der urbanen Vulnerabilitätsanalyse am 01.08., 03.08. und am 08.08.2017 statt. Der Zeitrahmen der Befragung ist auf etwa 60 Minuten begrenzt. Die durchgeführten Interviews wurden nach dem Einverständnis der Experten auf Tonband aufgenommen und im Rahmen von Ergebnisprotokollen protokolliert (CD).

Auswertung der Interviews

Die jeweiligen Hauptaussagen der einzelnen Fragen fließen in die Diskussion der Methodik und der Ergebnisse ein.

Die Tonbandaufnahmen der Experteninterviews und die Ergebnisprotokolle werden auf eine CD geladen.

5 Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse im urbanen Raum

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse dargestellt. Die Reihenfolge der Ergebnisse richtet sich nach dem Aufbau bzw. den Arbeitsschritten der Analyse.

5.1 Ergebnisse zur Sensitivität gegenüber den Hitzeentwicklung

Die Sensitivität beruht auf zwei Indikatoren: Zum einen die demografische Sensitivität die sich aus dem Anteil der Senioren an der Gesamtbevölkerung, der Bevölkerungsdichte und der Dichte sozialer sensibler Einrichtungen zusammensetzt, zum anderen die nutzungsbedingte Sensitivität. Die Variable für den zweiten Indikator bildet der Versiegelungsgrad, welcher nach MOSIMANN et. al. 1999 aus der Landnutzungskartierung (ATKIS Basis DLM) abgeleitet wurde.

5.1.1 Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche

Eine sehr hohe Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche (> 52 EW / ha) und damit auch sehr hoch sensitiv sind die Innenstadtbereiche der Stadt Hannover wie zum Beispiel die

Stadtteile Linden-Nord, Oststadt, List, Südstadt, Vahrenwald, Linden-Mitte und Mühlenberg (Abbildung 24).

Der durchschnittliche Wert der Stadt Hannover liegt bei 26 Einwohnern pro Hektar Stadtteilfläche (schwarze Linie).

Die Ergebnisse sind in Karte 3 im Anhang dargestellt.

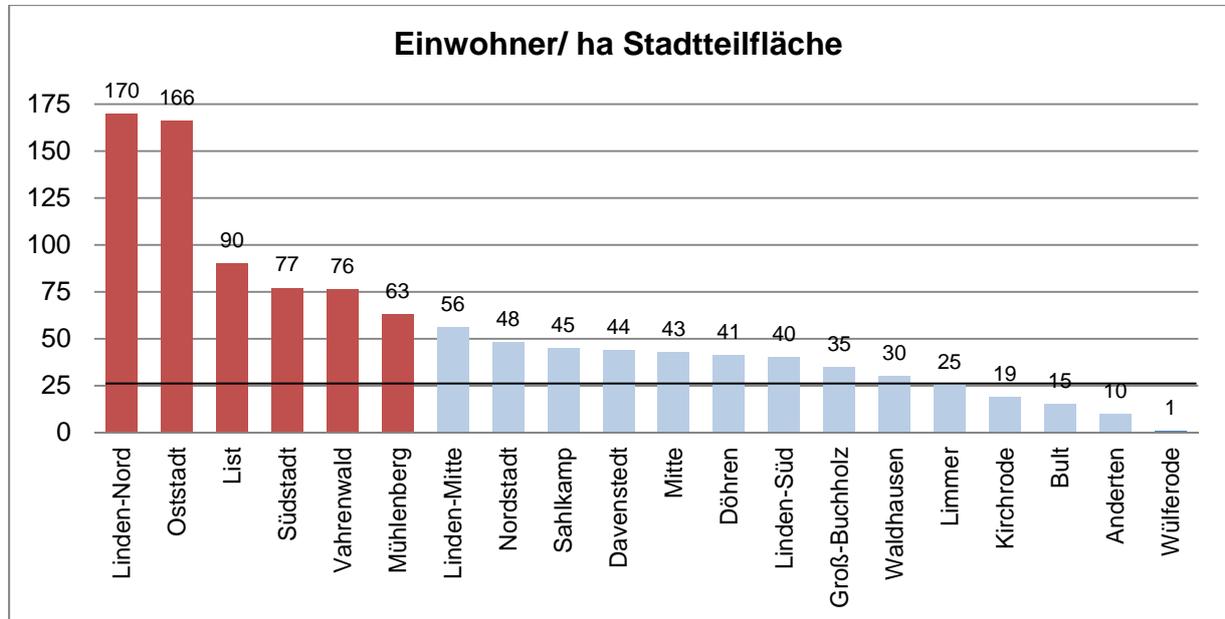


Abbildung 24: Einwohner/ha Stadtteilfläche am 01.01.2016 (Auszug aus Gesamttabelle) (STADT HANNOVER 2016: i-4)

5.1.2 Anteil der Senioren je Hektar Stadtteilfläche

Im Jahr 2016 lebten laut Bevölkerungsstatistik der Stadt Hannover 537.738 Menschen in Hannover, von denen ca. 129.512 Menschen auf Grund des höheren Alters (ab 60 Jahre) zur hitzesensiblen Bevölkerungsgruppe zählten (STADT HANNOVER 2016: 4, i-7). Demnach sind knapp 25 % der Gesamtbevölkerung mindestens 60 Jahre alt.

Stadtteile mit der höchsten Dichte an Senioren pro Hektar (>19,4 – 33 Senioren/ha) sind Oststadt, Linden-Nord und List (Abbildung 25). Der städtische Durchschnitt liegt bei 6,3 Senioren/ha Stadtfläche (schwarze Linie).

Die Ergebnisse sind in Karte 4 im Anhang dargestellt.

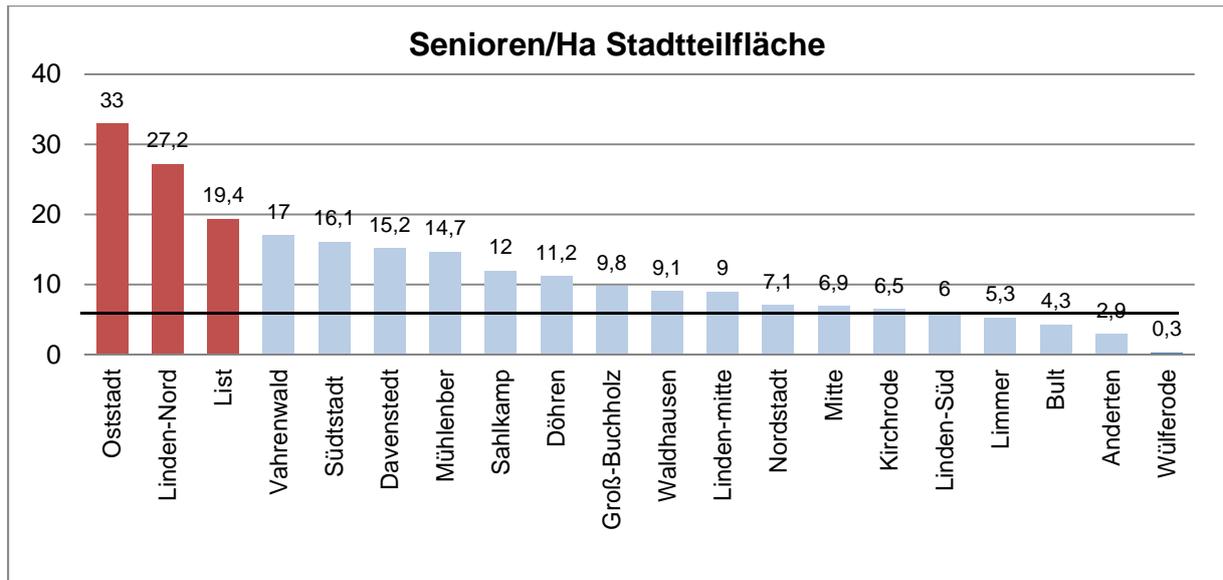


Abbildung 25: Senioren pro Hektar Stadtteilfläche am 01.01.2016 (Auszug aus Gesamttabelle) (STADT HANNOVER 2016: I-4)

5.1.3 Sensitive soziale Einrichtungen

In der Karte 5 ist die Dichte der sensitiven sozialen Einrichtungen (Seniorenheime und Krankenhäuser) pro Quadratkilometer in fünf Klassen dargestellt (Anhang).

Deutlich zu erkennen ist eine räumliche Bündelung der Einrichtungen am westlichen Rand des Stadtwaldes Eilenriede. Die Dichte der Einrichtungen ist an dem Schnittpunkt der Stadtteile Südstadt, Mitte und Oststadt und in dem Stadtteil List besonders hoch. Dort befinden sich zwischen 6,01 und 9 Standorte pro Quadratkilometer. Weitere hohe Dichten von sensitiven sozialen Einrichtungen befinden sich im Süden von Bothfeld und in Kleefeld.

5.1.4 Demografische Sensitivität

Die Karte 6 zur demografischen Sensitivität, in der die Dichte der einzelnen Sensitivitäten (Bevölkerungsdichte, Anteil der Senioren und die Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen) aggregiert wurde, zeigt räumliche Schwerpunkte demografischer Sensitivitäten. Die demografisch sensitiv ermittelten Bereiche wurden in eine 5-stufige Sensitivitätsskala eingeordnet (vgl. Kapitel 4.2.2).

Bereiche mit einer sehr geringen demografischen Sensitivität liegen im Außenbereich der Stadt, wo die Bevölkerungsdichte sehr gering ist, der Anteil der Senioren sehr gering ist und die Dichte sozialer Einrichtungen sehr gering ist. Das sind zum Beispiel die Stadtteile Misburg-Süd, Lahe oder Isernhagen-Süd. Hoch und sehr hoch demografisch sensibel sind auf Grund der Ballung einzelner hoher Sensitivitäten die Stadtteile Oststadt, Vahrenwald, List, Südstadt oder auch Linden-Nord und Linden-Mitte.

Auffällig ist eine Bündelung hoher bis sehr hoher demografischer Sensitivitäten, die die mittel sensitiven Stadtteile Mitte, Nordstadt und Calenberger-Nordstadt umgeben.

5.1.5 Nutzungsbedingte Sensitivität

Die Ergebnisse zur nutzungsbedingten Sensitivität zeigt die Karte 7. Je höher der Versiegelungsgrad der jeweiligen Nutzung im Stadtgebiet ist, desto höher ist auch der Grad der Sensitivität der Flächen gegenüber Hitze. Flächen, die auf Grund ihrer Nutzung hoch bis sehr hoch sensibel gegenüber Hitzebelastungen sind, befinden sich insbesondere in verdichteten und versiegelten Bereiche der Stadt. Dazu zählen hauptsächlich die Industrie- und Gewerbeflächen, die Verkehrsflächen aber auch Bereiche mit geschlossener Bauungsweise. Gering sensitiv sind eher die Wohnsiedlungen mit einer offener Bauweise und einzeln stehenden Gebäuden sowie Bahnanlagen.

Grün- und Freiflächen die keine Versiegelung aufweisen, wie Wälder, Gewässer und landwirtschaftliche Flächen sind gegenüber Hitzebelastungen nicht empfindlich. Diese Bereiche sind in der Karte weiß dargestellt.

Die Abbildung 26 ist ein Auszug aus der Karte zur nutzungsbedingten Sensitivität. Dargestellt ist der Grad der Bodenversiegelung nach MOSIMANN et. al (1999), abgeleitet von den Landnutzungen des ATKIS Basis DLM.

Die gelben Flächen stellen einen geringen Versiegelungsgrad (25 – 50 Prozent Versiegelung) dar, die rosa Flächen symbolisieren Nutzungen mit einem mittleren Versiegelungsgrad (50 – 70 Prozent Versiegelung) und die roten Flächen stehen für Nutzungen mit einem Versiegelungsgrad von mehr als 70 Prozent.

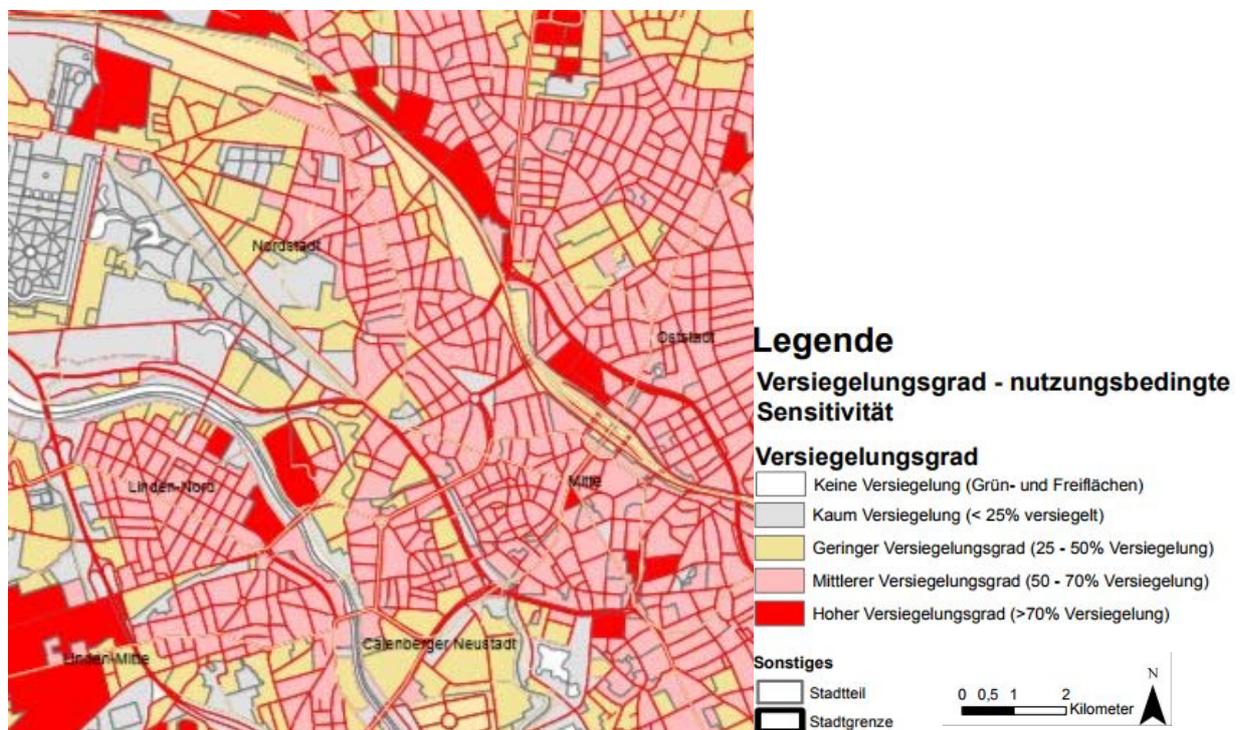


Abbildung 26: Auszug aus Karte 7 zur Bodenversiegelung Hannovers (ATKIS Basis DLM)

5.2 Ergebnisse zur Betroffenheit

Um urbane Bereiche zu identifizieren, die ohne das Ergreifen von Klimaanpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der klimatischen Situation sowohl aktuell als auch zukünftig von Wärmebelastungen/Hitzestress betroffen sind und sein werden, wurden die demografisch sensiblen Bereiche mit den hoch bioklimatisch belasteten Bereichen und den Bereichen, in denen die Wärmebelastung bis 2050 zunehmen wird, überlagert (vgl. Kapitel 4.2.3).

Aktuelle Betroffenheit (Aggregation demografisch sensibler Bereiche mit hoch bioklimatisch belasteten Siedlungsbereichen) (Karte 8)

Die Karte 8 stellt die Überlagerung der Exposition (Stand 2006) mit der demografischen Sensitivität (Stand 2016) dar. Identifiziert wurden drei Betroffenheitsstufen im Stadtgebiet: mittlere, hoch und sehr hoch betroffene Bereiche (mit Fokus auf demografische Sensitivität). Größere Flächen mit mittleren Betroffenheiten sind vor allem die Gewerbe- und Industrieflächen im Außenbereich der Stadt, in den Stadtteilen Stöcken, Brink-Hafen und Mittelfeld. Im Vergleich dazu sind sehr hoch betroffene Bereiche nur auf kleineren Teilbereichen im Stadtgebiet vorzufinden. Diese Bereiche befinden sich in den Stadtteilen Vahrenwald, List, Südstadt und Oststadt.

Zukünftige Betroffenheit (Aggregation demografisch sensibler Bereiche mit Bereichen, in denen die sommerliche Wärmebelastung bis 2050 zunehmen wird) (Karte 9)

Grundsätzlich fällt auf, dass im Jahr 2050 deutlich mehr Siedlungsbereiche im Stadtgebiet von Hitzestress betroffen sein werden. Weiterhin ist auffällig, dass der Grad der Betroffenheit nur in kleinen Teilbereichen zunimmt (wie z. B. Linden-Mitte, Vahrenheide). In einigen wenigen Siedlungsbereichen nimmt der Grad der Betroffenheit sogar ab (wie z. B. in Misburg-Süd). Zukünftig ist davon auszugehen, dass die Siedlungsbereiche überwiegend mindestens hoch durch Hitzestress betroffen sein werden, sofern keine klimawirksamen Maßnahmen ergriffen werden. Festzustellen ist, dass sich vor allem in den „aktuell“ hoch und sehr hoch betroffenen Bereichen die Betroffenheit zukünftig deutlich räumlich ausdehnen wird (Abbildung 27, Abbildung 28).

Eine deutliche räumliche Vergrößerung der betroffenen Bereiche werden in den Stadtteilen Mitte, Vahrenwald, List, Oststadt, Südstadt, Linden-Nord und in der Calenberger Neustadt zu erwarten sein.

Demgegenüber sind die Außenbereiche der Stadt bedingt durch eine geringe Wärmezunahme und einer geringen demografischen Sensitivität als weniger betroffen anzusehen.

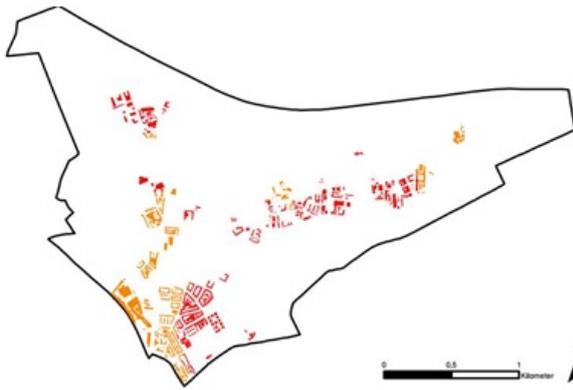


Abbildung 27: Ausschnitt Karte 8 (Vahrenwald/List) - Aktuell von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten

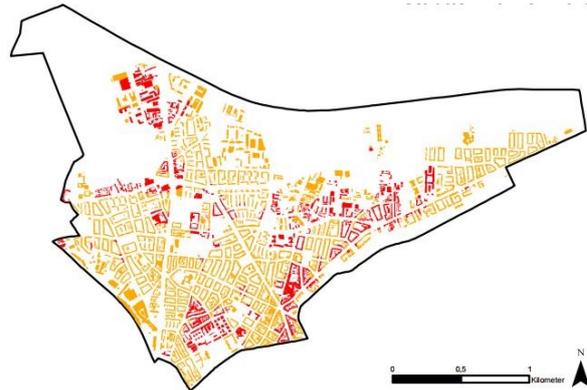


Abbildung 28: Ausschnitt Karte 9 (Vahrenwald/List) - Bereiche mit Zunahme der Wärmebelastung und Fokus auf demografische Sensitivitäten (Szenario 2050)

5.3 Ergebnisse zur Anpassungskapazität

Aus klimaökologischer Perspektive erbringen die Grün- und Freiflächen in der Stadt Hannover gleich eine zweifache Ökosystemdienstleistung. Zum einen können hitzestressierte Stadtbewohner die Flächen tagsüber als Erholungsraum nutzen (Ausweichraum inkl. fußläufige Erreichbarkeit; Karte 11). Zum anderen sind die Flächen vor allem auch Kaltluftproduktions- und transportflächen mit Ausstrahlungseffekten, die das Stadtklima vermindern und den Bewohnern so einen erholsamen Schlaf ermöglichen (Karte 10).

Beide Karten stellen nahezu die gleichen Grün- und Freiflächen dar. Die Karte der Ausweichräume stellt neben den großen Flächen wie Wälder, Parks, Gewässer und Kleingartenkolonien, auch kleinere Klimakomfortinseln dar. Als Ausweichraum ungeeignet und daher nicht dargestellt sind die landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet.

Weiterhin ist erkennbar, dass innerhalb von maximal 300 Metern (entspricht 5 -10 Minuten Fußweg) Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet nahezu flächendeckend erreicht werden können und gesichert ist, dass sich die Bevölkerung an heißen Tagen in nahegelegenen bioklimatischen Gunsträumen Erholung suchen kann.

Die Karte 10 stellt neben den Grün- und Freiflächen auch die landwirtschaftlichen Flächen inkl. der Ausstrahlungseffekte (bis zu 100 Meter) als klimaökologisch bedeutende Flächen mit Verminderungskapazitäten dar.

Verminderungsflächen, die die klimatische Situation durch ihre Kaltluftproduktion vermindern können, sind folgende Beispiele:

- Eilenriede
- Georgengarten, Herrenhäuser Gärten
- Die Leineaue
- Grün- und Freiflächen um den Maschsee,
- Diverse stadtnahe, historische Friedhöfe
- Kleingartenkolonien im Norden und Süden der Stadt

- Die Mardalwiesen
- Grünflächen auf dem Lindener Berg
- Landwirtschaftliche Flächen.

Die ausgewählten Flächen sind auf Karte 10 im Anhang dargestellt.

Nicht abgebildet sind kleine Klimakomfortinseln innerhalb der dicht bebauten Siedlungsbereiche.

Zu berücksichtigen ist, dass die Übergänge zwischen den Flächen mit Verminderungskapazitäten und der umliegenden Bebauung als fließend betrachtet werden sollten. D. h. die Abgrenzungen in den Karten zur Anpassungskapazität sind nicht als „scharfe“ Grenzen, sondern eher als „Grenzsäume“ zu sehen. Ebenso besitzen die als Pfeile dargestellten Kalt-Luftleitbahnen „symbolhaften“ Charakter, d. h. aus ihrer Lage und Größe auf der Karte lassen sich keine exakten Angaben ableiten (z. B. zu Reichweite oder Stärke der Strömungen).

5.4 Ergebnisse zur Vulnerabilität

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zur abschließenden Vulnerabilität dargestellt. Die Ergebnisse aus den vorherigen Abschnitten (Ermittlung der Sensitivitäten, Betroffenheiten und Anpassungskapazitäten) wurden bereits in den Kapiteln 5.1 bis 5.3 erläutert.

Ziel der Arbeit ist es, die Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitze, auf Grundlage der ermittelten Sensitivitäten, Betroffenheiten und Anpassungskapazitäten, zu identifizieren.

Identifiziert wurden dabei zweierlei Verwundbarkeiten, die sich aus unterschiedlichen Anpassungskapazitäten ergeben: Es wurden sowohl vulnerable Bereiche ermittelt, die sich aus

- der fußläufigen Erreichbarkeit von Ausweichräumen ergeben, als auch
- vulnerable Bereiche, die sich unter Berücksichtigung der Anpassungskapazität ergeben.

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Verwundbarkeiten getrennt erläutert.

Vulnerabilität, die sich unter Berücksichtigung der Ausweichräume ergibt (Karte 12/13)

In der Karte 12 werden die aktuellen Betroffenheiten mit Fokus auf demografische Sensitivitäten, die Ausweichräume die sich zur Erholung eignen und deren fußläufige Erreichbarkeit (bis zu 300 Meter) dargestellt. Folglich sind die von Hitze betroffenen Bereiche, die außerhalb der fußläufigen Erreichbarkeit der Ausweichräume liegen, vulnerable Siedlungsbereiche. Den Bewohnern der betroffenen Bereiche fehlt bei hoher Wärmebelastung die Möglichkeit, Erholungsflächen und klimatische Komfortinseln in fußläufiger Erreichbarkeit aufzusuchen.

Insgesamt ist jedoch fast flächendeckend eine fußläufige Erreichbarkeit von Ausweichräumen im Stadtgebiet gegeben. Nur kleine Siedlungsbereiche, wie zum Beispiel im Stadtteil Mitte, Vahrenwald, List oder Linden-Mitte liegen außerhalb der fußläufigen Erreichbarkeit. Im Vergleich zur zukünftigen Vulnerabilität, die sich unter Berücksichtigung der Ausweichräume ergibt wird deutlich, dass generell nur eine geringe räumliche Ausweitung der vulnerablen Bereiche stattfindet. Die Bereiche, die zukünftig vulnerabel sein werden, werden wahrscheinlich eher stärker von Hitze betroffen sein, als zum aktuellen Zeitpunkt (Abbildung 29, Abbildung 30, Abbildung 31, Abbildung 32). Dieses Ergebnis unterstützt die Notwendigkeit des zukünftigen Handlungsbedarfes.



Abbildung 29: Ausschnitt Karte 12 (Linden-Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Aktuelles Szenario)

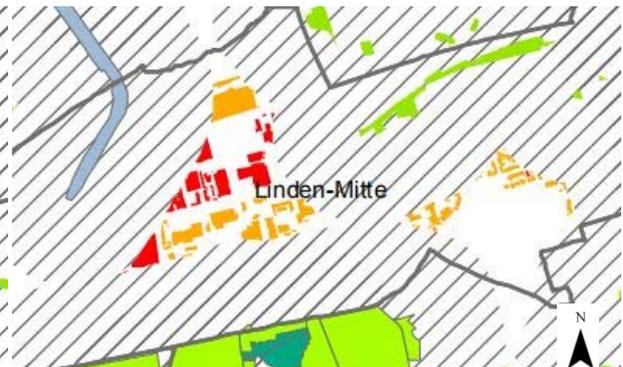


Abbildung 30: Ausschnitt Karte 13 (Linden-Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Zukünftiges Szenario)

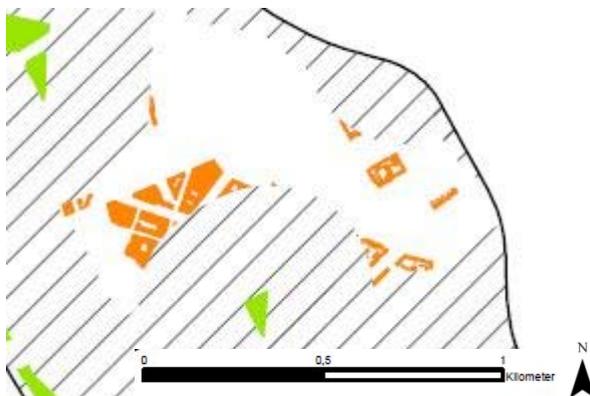


Abbildung 31: Ausschnitt Karte 12 (Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (aktuelles Szenario)



Abbildung 32: Ausschnitt Karte 13 (Mitte) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume (Zukünftiges Szenario)



Abbildung 33: Legende zur Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichkapazität

Vulnerabilität, die sich unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität ergibt

Zu erklären ist das in der Karte 14 und Karte 15 aufgezeigte räumliche Muster durch vier Faktoren: Erstens handelt es sich bei den hervorstechenden betroffenen Gebieten um klimatisch hoch belastete Siedlungsbereiche (Stand 2006), die zweitens auf Grund ihrer demografischen Zusammensetzung empfindlich gegenüber Hitze sind (dies ergibt die Betroffenheit). Drittens trägt die nutzungsbedingte Sensitivität (Versiegelungsgrad) zur Ermittlung der vulnerablen Bereiche bei, die aber wiederum eine Verminderung durch den vierten Faktor „Ausstrahlungseffekte“ erfährt (vgl. Kap. 4.2.4.2.). Aus dem Zusammenspiel und einer möglichen Überlagerung aller Faktoren, ergeben sich gering, mittel und hoch vulnerable Siedlungsbereiche gegenüber Hitze (vgl. Kap. 4.2.5.2. und Matrix am Kartenrand, Karte 14 und Karte 15).

Aktuell ist die Vulnerabilität gegenüber Hitze am deutlichsten im Verdichtungsraum und auf den hoch versiegelten Industrie- und Gewerbeflächen vorhanden. Dort, wo sich hohe Versiegelungsgrade außerhalb der Ausstrahlungseffekte mit hohen Betroffenheiten überlagern besteht die höchste Vulnerabilitätsstufe und damit der größte Handlungsbedarf Hitzebelastungen zu vermindern.

Die Abbildung 34 zeigt den Stadtteil Vahrenwald/List im aktuellen Vulnerabilitätsszenario, die Abbildung 35 das zukünftige Szenario (2050). Die drei eingerahmten Bereiche (1-3) stellen Beispiele für unterschiedliche Vulnerabilitäten dar.

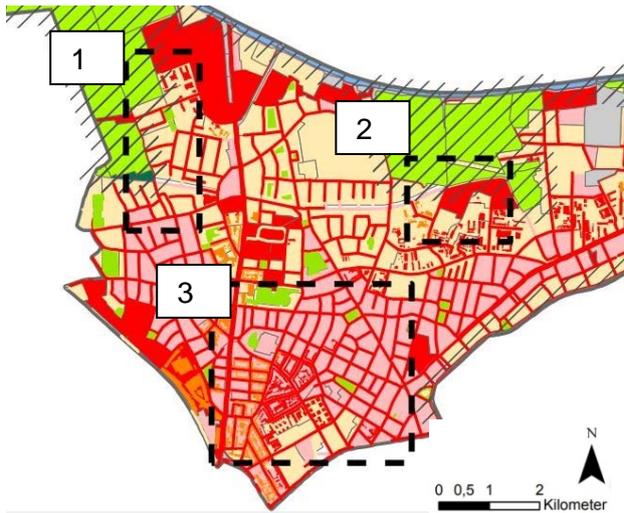


Abbildung 34: Ausschnitt Karte 14 (Vahrenwald/List) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten (Aktuelles Szenario)

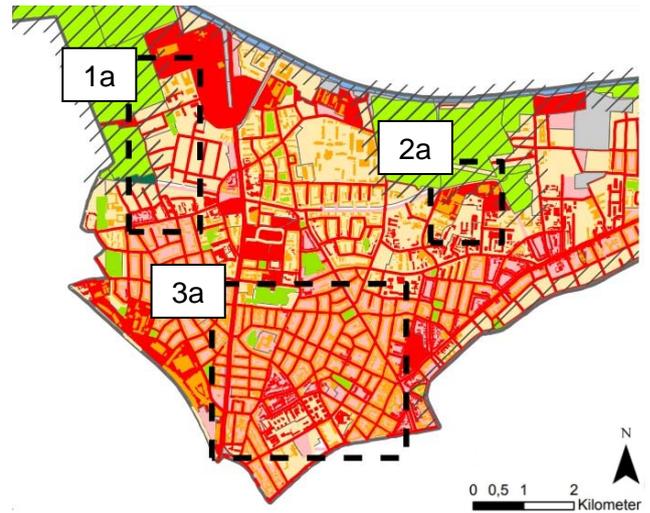


Abbildung 35: Ausschnitt Karte 15 (Vahrenwald/List) - Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (Zukünftiges Szenario)



Abbildung 36: Legende zur Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität

Beispiel 1

- Geringer Versiegelungsgrad, mit Ausstrahlungseffekt und sehr hohe Betroffenheit
→ Mittlere Vulnerabilität

Beispiel 1 a

- Geringer Versiegelungsgrad mit Ausstrahlungseffekt und hohe Betroffenheit
→ Mittlere Vulnerabilität
- Hoher Versiegelungsgrad mit Ausstrahlungseffekt und hohe Betroffenheit
→ Mittlere Vulnerabilität

Beispiel 2:

- Geringer Versiegelungsgrad mit Ausstrahlungseffekt, hohe Betroffenheit
→ Geringe Vulnerabilität

Beispiel 2a:

- Hoher Versiegelungsgrad mit Ausstrahlungseffekt und hohe Betroffenheit

→ Mittlere Vulnerabilität

Beispiel 3:

- Mittlerer Versiegelungsgrad ohne Ausstrahlungseffekt, hohe Betroffenheit
→ Hohe Vulnerabilität
- Mittlerer Versiegelungsgrad ohne Ausstrahlungseffekt, sehr hohe Betroffenheit
→ Hohe Vulnerabilität

Beispiel 3a:

- Mittlerer Versiegelungsgrad ohne Ausstrahlungseffekt, hohe Betroffenheit
→ Hohe Vulnerabilität
- Mittlerer Versiegelungsgrad ohne Ausstrahlungseffekt, sehr hohe Betroffenheit
→ Hohe Vulnerabilität

Aus dem Vergleich geht hervor, dass die ausgewählten Bereiche im Grad ihrer Vulnerabilität bis zum Jahr 2050 nur weniger zunehmen. Deutlich wird, dass die räumliche Ausdehnung der Vulnerabilitäten zunehmen wird und im Jahr 2050 nahezu der gesamte Innenstadtbereich vulnerabel gegenüber Hitze sein wird.

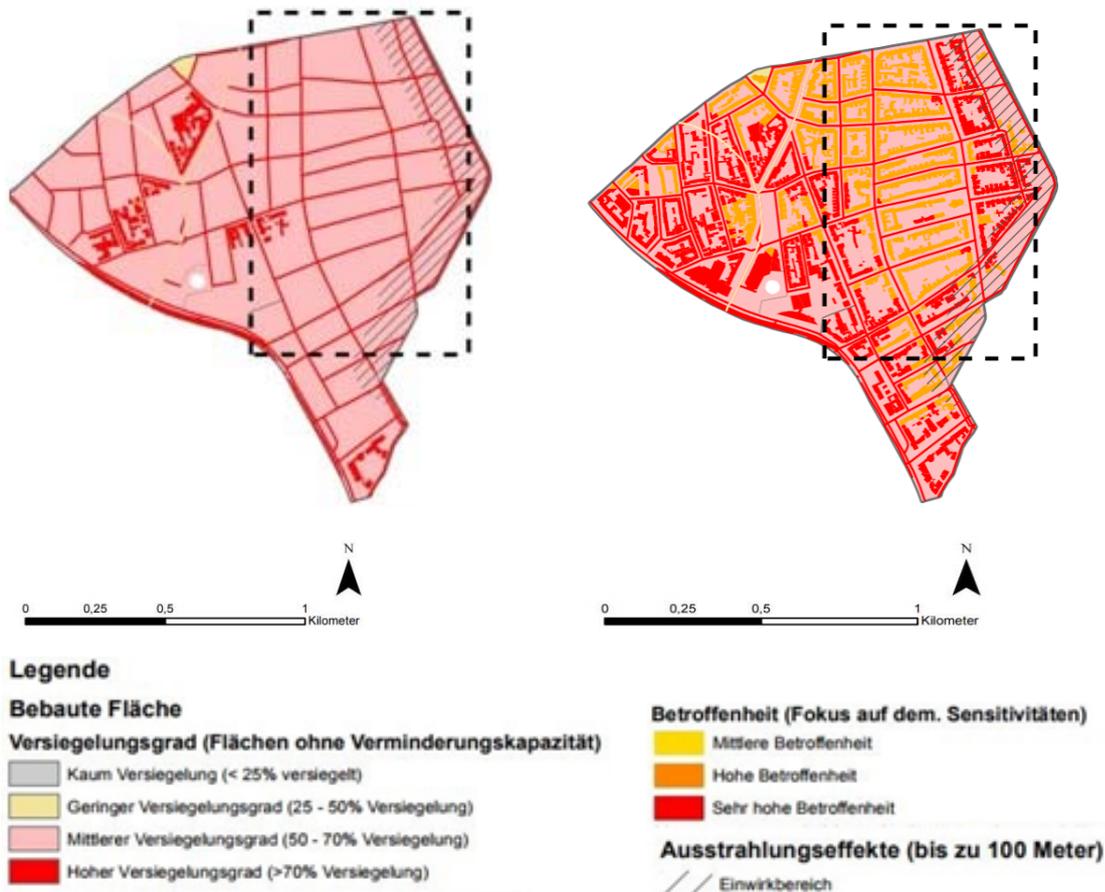


Abbildung 37: Ausschnitt Karte 14 (Oststadt) – Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten (aktuelles Szenario)

Abbildung 38: Ausschnitt Karte 15 (Oststadt) – Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität (Szenario 2050)

Dies geht auch deutlich aus dem Vergleich der Abbildung 37 und 38 (siehe schwarzes Rechteck) hervor. Dort wo aktuell keine Überlagerungen der Sensitivitäten vorliegen, sind die Siedlungsbereiche lediglich durch ihre Nutzung bzw. bedingt durch den Versiegelungsgrad sensibel gegenüber Hitze. Zukünftig ist mit einer deutlichen flächigen Zunahme der vulnerablen Siedlungsbereiche zu rechnen.

Angesichts der steigenden demografischen Alterung und des zu erwartenden Zuzugs und der damit verbundenen Bebauungszunahme ist aber mit einer Zunahme des Grades der Verwundbarkeit zu rechnen.

Zusammenfassung:

Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Ausweichräume

→ Nur geringe flächige Zunahme der Vulnerabilität. D.h. die Siedlungsbereiche die aktuell vulnerabel sind, werden zukünftig auch vulnerabel sein. Die zukünftig vulnerablen Bereiche werden eher höher gegenüber Hitze betroffen sein.

Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität

→ Aktuell vulnerable Bereiche werden im Grad ihrer Verwundbarkeit weniger zunehmen. Angesichts der steigenden demografischen Alterung und des zu erwartenden Zuzugs und der damit verbundenen Bebauungszunahme ist mit einer Zunahme des Grades der Verwundbarkeit zu rechnen. Deutlich wird ebenfalls, dass die räumliche Ausdehnung der Vulnerabilitäten zunehmen wird und im Jahr 2050 nahezu der gesamte Innenstadtbereich vulnerabel gegenüber Hitze sein wird.

5.5 Verwundbarkeit durch Nachverdichtung und Bebauung

Stadtgrün nimmt, im Vergleich zu allem Gebauten, die zentrale Funktion als Ausgleichsraum für die Bürger ein. Grünflächen bieten Orte für Begegnung und Bewegung, sind Naturerfahrungs- und Ruheraum für die Stadtgesellschaft und sind für das physische und psychische Wohlbefinden essentiell (DOSCH et. al. 2015a: 9). Zudem fördert es ein gesundes Klima, den Erhalt der Biodiversität, dient der Luftreinhaltung und dem Schutz der Stadtböden (DOSCH et. al. 2015a: 12).

Relevante klimatische Funktionen von Stadtgrün sind die Kaltluftproduktion, der Luftaustausch und durch Schattenwurf und Verdunstung der Schutz vor Hitze.

Insbesondere die Kleingärten im Stadtgebiet spielen eine wichtige Rolle für das Stadtklima, da sie als zusammenhängende Grüninseln die klimatischen Belastungen in den umliegenden und angrenzenden Baugebieten vermindern. Wenn die Kleingärten zugebaut würden, würde die Kaltluftbildung ausbleiben. Ebenfalls wäre eine Vergrößerung der urbanen Wärmeinseln zu erwarten. Neben den Kleingärten sind auch die Klimakomfortinseln wichtig für das Stadtklima und fungieren als Platzhalter im Stadtgebiet. Wenn diese zugebaut werden würden, würden sich ebenfalls die Wärmeinseln deutlich vergrößern und die Hitzeeffekte

verstärken. Vor diesem Hintergrund sind kleinere Grünflächen und deren Bedeutung für das Stadtklima nicht zu unterschätzen (DOSCH et. al. 2015a: 45f; SCHMIDT 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.).

Diese Vorgaben sind auch dem Landschaftsrahmenplan und auch aus dem Regionalen Raumordnungsprogramm zu entnehmen: *„Eine besondere Bedeutung kommt Freiräumen im Sinne einer positiven Beeinflussung des lokalen Klimas zu.“* (REGION HANNOVER 2013: 425).

„Freiräume mit einer großen Bedeutung für die Kaltluftlieferung, hier insbesondere die Ausgleichsräume [...] sind unerlässlich, damit in den Siedlungen der Region Hannover größtenteils ein gesundes Klima herrschen kann. Aber auch die Freiräume innerhalb der Siedlungen tragen zum Luftaustausch oder als Kaltluftwirkbereiche zu günstigen Klimabedingungen in den Städten [...] bei“ (REGION HANNOVER 2013: 422ff).

„Bei der Siedlungsentwicklung soll der Erhaltung und der Entwicklung günstiger klimatischer und lufthygienischer Bedingungen eine besondere Bedeutung beigemessen werden. 4Für die Minderung von thermischen und lufthygienischen Belastungen sollen insbesondere im Rahmen der Bauleitplanung klimaökologische Ausgleichsräume mit Bezug zu belasteten Siedlungsgebieten, ein-schließlich der Leitbahnen für den Luftaustausch, besonders berücksichtigt werden“ (REGION HANNOVER 2016: 22).

Zur Sicherung der Bereiche mit besonderer Funktionsfähigkeit für das Klima sind folgende Ziele im Landschaftsrahmenplan der Region Hannover festgelegt:

- *„Sicherung von Grün- und Freiflächen (wie Acker, Grünland, Moor und Wald) mit sehr hoher bis hoher Kaltluftlieferung als wichtige Kaltluftproduzenten mit einem hohem klima- und immissionsökologischen Wert“,*
- *„Sicherung der Ausgleichsräume (Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete) mit Bezug zu belasteten Siedlungsräumen (insbesondere dem Stadtgebiet von Hannover zur Gewährleistung eines klimatischen und lufthygienischen Ausgleichs für belastete Siedlungsgebiete. Kaltluftproduzenten (wie Grünland, Moore und Acker) sowie Frischluftproduzenten (Wälder) sind in diesen Räumen zu erhalten“,*
- *„Freihaltung der Leitbahnen für den Luftaustausch zwischen Kalt- und Frischluftentstehungsgebieten und belasteten Siedlungsgebieten zur Sicherung der Ausgleichsfunktion. Insbesondere auch im Stadtgebiet von Hannover ist die Freihaltung geeigneter Belüftungskorridore bzw. deren Anbindung an die besonders belastete Innenstadt von Hannover sicherzustellen“,*
- *„Die geringe Oberflächenrauigkeit von gehölzarmen Tal- und Auenbereichen (Niederungsbereiche der Fließgewässer), größeren Grünflächen und Bahnarealen (z. B. Güterbahnhof Hannover-Linden) ist zu erhalten. Veränderungen, wie*

Versiegelung, Bebauung oder Waldentwicklung, die den Abfluss der Kalt- und Frischluft behindern können, sind auszuschließen“,

- *„Erhalt und Entwicklung der Mikroklimavielfalt insbesondere im Stadtgebiet von Hannover. Kleinflächigere Freiräume (Parks, Friedhöfe, Ruderalflächen) mit einem Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten können in Belastungsbereichen eine bedeutsame Funktion als klimaökologische „Komfortinseln“ erfüllen“ (REGION HANNOVER 2013: 470).*

Um die klimatische Situation in Hannover nicht weiter zu verschlechtern und die Ziele, die im Landschaftsrahmenplan gesetzt werden zu erfüllen, ist ein sparsamer Umgang mit der endlichen Ressource „Fläche“ notwendig.

Eine Maßnahme, um den Flächenverbrauch weiter zu minimieren und um die klimabedeutenden Flächen zu erhalten, ist unter anderem die Anwendung des Prinzips „Vorrang der Innenentwicklung“. Das Ausnutzen von Baulücken oder Brachflächen – unter der Voraussetzung, dass wertvolle klimatische Freiflächen im Siedlungsbereich erhalten werden – trägt zu einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung im Sinne der Klimaanpassung bei. Genauso führen Entsiegelungs- und Renaturierungskonzepte zu einer Aufwertung von Flächen (LUFT 2017: mdl.; SCHMIDT 2017: mdl.; REGION HANNOVER 2016: 98).

Musterbeispiel für das Prinzip „Vorrang der Innenentwicklung“ in Hannover ist das Projekt „Wasserstadt Limmer“. Die zu beplanten Bereiche sind ehemalige große Industrieanlagen. Diese Flächen eignen sich optimal für eine nachträgliche Bebauung, da sie vorher höher versiegelt waren und durch neue Grünanteile die umliegende klimatische Situation sogar noch verbessern (SCHMIDT 2017: mdl.).

Trotz der Bemühungen zum Flächensparen werden bedingt durch Zuwanderungen auch künftig stetige Zunahmen bei den Siedlungs- und Verkehrsflächen im Verdichtungsbereich zu verzeichnen sein (REGION HANNOVER 2016: 99; LUFT 2017: mdl.). Der damit einhergehenden Siedlungs- und Nutzungsdruck auf die siedlungsnahen Freiräume wird in Zukunft also weiter zunehmen und wird zukünftig Konflikte mit dem Schutz des Stadtklimas herbeiführen. Der genaue Zielkonflikt wird in Kapitel 7.5 näher erläutert.

6 Fokus auf betroffene Stadtteile mit vordringlichem Handlungsbedarf

Die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse verdeutlichen, dass einige urbane Bereiche der Stadt Hannover, vor allem zum Ende der zweiten Jahrhunderthälfte, hohe Verwundbarkeiten gegenüber den zunehmenden Wärmebelastungen aufweisen werden. Dies resultiert aus hohen Betroffenheiten und aus geringen Anpassungskapazitäten.

In der vorangegangenen Analyse bestätigte sich, dass die Kernbereiche der Stadt einen besonderen Handlungsschwerpunkt gegenüber Hitzebelastungen aufweisen. Stadtteile wie

die Innenstadt, Vahrenwald oder die List sind auf Grund ihrer Kombination von vielen raumstrukturellen Parametern, wie z. B. einem hohen Versiegelungsgrad, hoher Bebauungsdichte, hoher demografischen Sensitivität und geringen Ausstrahlungseffekten besonders anfällig gegenüber Hitze. Aus diesem Grund soll für zwei Stadtteile vertiefend untersucht werden, ob die Quartiere an sich ein eigenes Ausgleichspotential gegenüber Überhitzungen bergen. Dies wird im Rahmen einer ergänzenden Luftbildanalyse durchgeführt (s. Methodik zur Verminderungskapazität, S. 38ff).

6.1 Innenstadt



Abbildung 39: Digitales Orthophoto (DOP) der Stadt Hannover (Auszug Stadtteil Mitte, Stand: 2015) mit Überlagerung der Betroffenheiten (eigene Darstellung; Quelle: GEOINFORMATION LHS Hannover 2015: www)

Staatsoper Hannover.

Einen positiven Einfluss auf die von Hitze betroffenen Bereiche könnte die Begrünung am Georgsplatz oder auch der kleine Friedhof an der Gartenkirche in der Marienstraße haben.

Abgesehen davon ist der Stadtteil Mitte jedoch hoch versiegelt und weist nur wenig „eigene Verminderungskapazitäten“ durch Innenhofbegrünung oder kleine Grün- und Freiflächen auf (Abbildung 40).

Wie die voran gegangene Analyse gezeigt hat, ist der Stadtteil Mitte in Teilbereichen auf Grund der demografischen Sensitivität hoch von Hitze betroffen (Abbildung 39) und unter der Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten aktuell und zukünftig hoch vulnerabel.

Dem Stadtteil fehlt es an Grün- und Freiflächen, die eine klimatische Verminderung des Stadtklimas verursachen und in die die Bevölkerung bei Hitzestress ausweichen kann.

Bei der Betrachtung des Luftbildes (Google) wird ersichtlich, dass in den einzelnen Quartieren im Stadtteil vereinzelt eine mäßige bis dichte Begrünung vorhanden ist. Auffällig grün sind die Bereiche um die Kreuzkirche oder die kleinere Grünfläche in unmittelbarer Umgebung zur



Abbildung 40: Luftbild Stadtteil Mitte (GOOGLE 2017a: www)

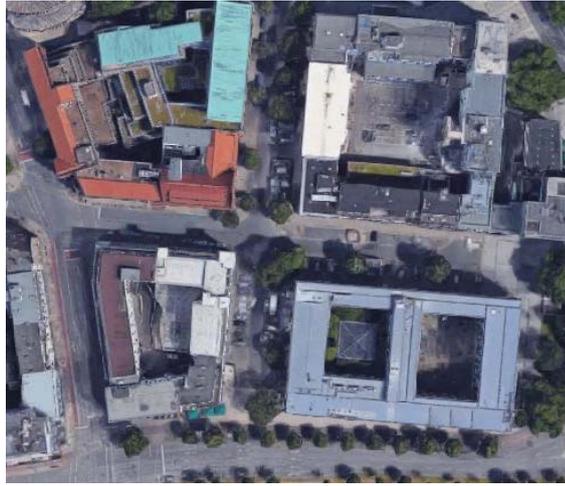


Abbildung 41: Detailausschnitt des Luftbildes: Stadtteil Mitte (GOOGLE 2017a: www).

6.2 Stadtteil Vahrenwald und List

Die Analyse hat ergeben, dass Siedlungsbereiche in den Stadtteilen Vahrenwald und List bereits mittlere und hohe Betroffenheiten gegenüber Hitze aufweisen (Abbildung 42). Weiterhin sind einige Teilbereiche, bedingt durch fehlende Ausweichräume und Ausstrahlungseffekten, hoch vulnerabel.

Aus dem digitalen Orthophoto der Stadt Hannover (Stand 2015) und aus dem Luftbild (google) ist sehr deutlich erkennbar, dass sowohl Vahrenwald als auch List vorwiegend Blockrandbebauung mit vielen und dicht begrünt Innenhöfen haben.



Abbildung 42: Digitales Orthophoto (DOP20) der Stadt Hannover (Auszug Stadtteil Vahrenwald/List, Stand: 2015) mit Überlagerung der höher bioklimatisch belasteten Siedlungsräume (eigene Darstellung; GEOINFORMATION STADT HANNOVER 2015: www)

Im Gegensatz zum Stadtteil Mitte prägen hier viele Grünflächen und Straßenbäume das Straßenbild des Stadtbezirkes (Abbildung 43).

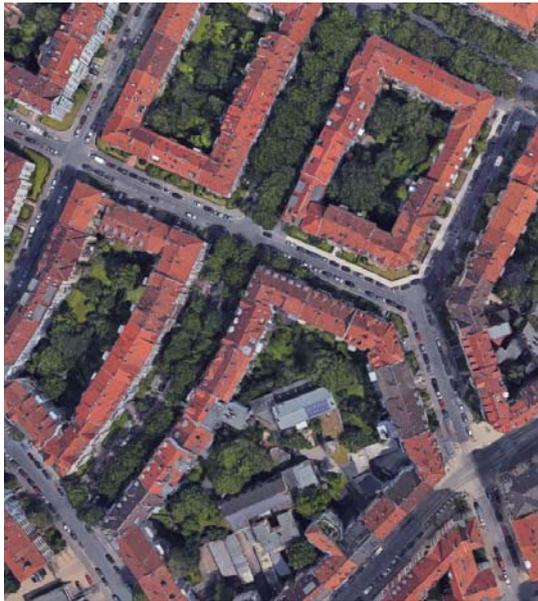


Abbildung 43: Luftbild Stadtteil List (Google 2017b: www)

Die oft vorhandene Innenhofbegrünung im Bezirk kann dazu führen, dass sowohl die mittleren und hohen Betroffenheiten als auch die hohen Vulnerabilitäten in den Quartieren vermindert werden, da sich die Quartiere „selbst kühlen“.

In der Abbildung 42 ist ein schwarzes Quadrat eingezeichnet, welches den Ausschnitt aus der Abbildung 43 zeigt. Deutlich wird, dass die hoch von Hitze betroffenen Bereiche durch die in der Nachkartierung festgestellte Begrünung ggf. eine Minderung in ihrer klimatischen Belastung erfahren könnten.

Besonders hervorzuheben ist also die Funktion der Innenhofbegrünung und der Straßenbegrünung in der Blockrandbebauung als innerstädtische Ausgleichsfläche. Die begrünten Innenhöfe nehmen als Klima-“oase“ in der dichten Bebauung wahrscheinlich auch die wichtige Aufgabe als lokaler Freizeit- und Erholungsort wahr (STEINRÜCKE et. al. 2011: 34, KUTTLER 1993: 147).

7 Handlungsoptionen für die Stadtentwicklung zum Erhalt und zur Verbesserung der klimatischen Situation in Hannover

Der Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung hat zwischen 1950 bis 2005 global von 29 Prozent auf 50 Prozent zugenommen. Es ist anzunehmen, dass sich dieser Trend weiter fortsetzen wird, so dass im Jahre 2030 die Stadtbevölkerung einen Anteil von ca. 60 Prozent ausmachen könnte (KROPP et. al. 2009: 243).

Auch für die Stadt Hannover wird bis 2030 ein spürbarer Zuwachs um 19.200 Einwohner von 524.450 (Basis 1.1.2014) auf 543.600 (3,7 Prozent Zuwachs) prognostiziert (REGION HANNOVER & LHS HANNOVER 2014: 20f).

Vor diesem Hintergrund zählt Hannover zu den wachsenden Großstädten mit Zuzugs- und Siedlungsflächendruck.

Die enge Verknüpfung von steigender Wohnungsbaunachfrage und Nachverdichtung sowie die Notwendigkeit von klimatischen Verminderungs- und Ausweichräumen machen eine nachhaltige Stadtentwicklung zu keiner einfachen Aufgabe.

Eine vertiefende Auseinandersetzung mit dem Thema urbane Hitze unter Berücksichtigung der vorhandenen Flächennutzungen ist eine wichtige Voraussetzung für nachhaltige, städtebauliche Entwicklung. Laut LUFT (2017: mdl.) fokussiert die Stadtplanung der Stadt Hannover zukünftig den Bau neuer Wohnungen im Stadtraum und nicht im Außenbereich. Oberflächlich betrachtet könnte dies darauf hindeuten, eine möglichst kompakte Stadt zu

präferieren, dies kann jedoch auch in Konflikt mit dem steigenden Flächenbedarf für Anpassungsmaßnahmen oder mit der Lebensqualität eines Viertels oder Quartiers stehen (LUFT 2017: mdl.). Es existieren bei der Stadtplanung- und -entwicklung daher durchaus Zielkonflikte, die entsprechend abgewogen werden müssen und zu berücksichtigen sind (LUFT 2017: mdl.; KROPP et. al. 2009: 244).

Die städteplanerische Leitlinie der Stadt Hannover wird in Kapitel 7.1 erläutert, die empfohlenen Maßnahmen werden in Kapitel 7.2 aufgeführt.

7.1 Leitlinie: nachhaltige, klimaangepasste Stadtentwicklung in Hannover

Stadtentwicklung soll mit dem Ziel durchgeführt werden, *„die Lebensqualität in der Stadt trotz der Klimaveränderung zu erhalten oder sogar zu verbessern“* (SCHMIDT et. al. 2017: 14).

Im Detail heißt es: *„Das Ziel nachhaltiger Stadtplanung ist die dauerhafte Sicherung einer guten Lebensqualität für die Bewohnerinnen und Bewohner in allen Teilen der Stadt. Hierzu gehören gesundes Wohnen und Arbeiten, die Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs sowie gute Erreichbarkeit aller notwendigen Ressourcen, Freizeit- und Naherholungsmöglichkeiten und eine möglichst große Sicherheit vor den Auswirkungen von Katastrophen und Unwetterereignissen“* (SCHMIDT et. al. 2017: 25).

Daraus folgt die zu Grunde liegende Idee der Innenentwicklung, die – bei Ausschöpfen aller Anpassungskapazitäten - auch unter den Bedingungen des Klimawandels am besten geeignet ist, ein lebenswertes Umfeld in der Stadt zu sichern (BRANDL et. al. 2011:26). Bedingt durch die höhere Energieeffizienz, die gute Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel und einer umfassenden Nahversorgung werden in der verdichteten Stadt weniger Treibhausgase frei als in weniger dichten Städten. Innenraumentwicklung bietet auch Vorteile für den Freiraum- und Bodenschutz. Auf der anderen Seite steht der steigende Bedarf an Grün- und Freiflächen, die wesentlich das Stadtklima verbessern und zahlreiche klimarelevante Funktionen übernehmen (z. B. Verminderung der Wärmeinseln, angenehmes Wohnumfeldklima) (LUFT 2017: mdl.; BRANDL et. al. 2011: 26).

Wesentlich für die Stadtentwicklung im Sinne der Stadt Hannover ist daher die Kombination und das Ineinandergreifen von Freiräumen und bebauten Flächen, welche die negativen Auswirkungen des Klimawandels reduzieren können (KNIELING & MÜLLER 2015: 19f; SCHMIDT et. al. 2017: 25).

Das Ziel der Stadt- und Umweltplanung ist daher eine nachhaltige, klimawandelangepasste Stadtentwicklung, mit Schwerpunkt einer Nachverdichtung auf ungenutzten, brachliegenden oder fehlgenutzten Flächen im Innenstadtraum (SCHMIDT mdl. 2017; LUFT 2017: mdl.). Vor diesem Hintergrund ist eine Innenentwicklung anzustreben, die sich ihrer Flächengrenzen bewusst ist, die Vielfalt im Stadtraum bewahrt und ausreichend klimawirksame Grün- und Freiflächen bereitstellt (LUFT 2017: mdl.; BRANDL et. al. 2011: 26).

Im Allgemeinen und auch im Vergleich mit Städten wie Stuttgart, hat die Stadt Hannover durch die räumliche Lage nur relativ geringe klimatische Probleme und ist charakterisiert durch ein recht gutes Stadtklima (LUFT 2017: mdl.; SCHMIDT 2017: mdl.). Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse machen aber auch deutlich, dass sich die klimatische Situation bis zum Jahr 2050 verschlechtern wird.

7.2 Gesamtstädtische Handlungsoptionen zur Anpassung an Klimawandelbedingte Hitzebelastungen

Eine Verbesserung des Stadtklimas und der Lebens- und Aufenthaltsqualität lässt sich mit gezielten Anpassungsmaßnahmen beeinflussen und verbessern. Zu berücksichtigen ist, dass die Anpassung an den Klimawandel als Querschnittsaufgabe der Planung besonders auf die Integration in andere planerische Handlungsfelder wie zum Beispiel dem Bau neuer Wohnungen oder Mobilität angewiesen ist (SCHMIDT 2017: mdl.). Die Handlungsempfehlungen sind daher nicht als abgeschlossenes Ergebnis zu sehen, sondern sie liefern den Ausgangspunkt eines langfristigen Anpassungsprozesses auf Stadtteilebene. Der integrative Ansatz der Handlungsoptionen soll gewährleisten, dass die Instrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ein gewisses Maß an Offenheit und Flexibilität gewährleisten (BRANDL et. al 2011: 25).

Zur Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen sind grundsätzlich zwei Bereiche zu beachten:

- zum einen Maßnahmen und Instrumente, die sich mit den bestehenden Raum- bzw. Siedlungsstrukturen auseinandersetzen (Optimierungsmaßnahmen bei Umbau vorhandener Strukturen) und
- zum anderen Maßnahmen sowie Instrumente, die bei der Entwicklung neuer Flächen greifen (Maßnahmen bei Neubau und Entwicklung neuer Stadtquartiere) (BRANDL et. al. 2011: 26).

Im ersten Fall muss sich die Planung insbesondere der bestehenden informellen und kommunikativen Instrumente bedienen. Für den zweiten Fall, die Entwicklung neuer Gebiete, sind insbesondere formelle Instrumente bedeutsam. Denkbar sind Maßnahmen, wie eine vollständige Freihaltung der Flächen oder auch differenzierte Entscheidungen über die Landnutzung. Dabei können z. B. temporäre Nutzungen in Abhängigkeit ihrer der Vulnerabilität festgelegt werden (BIRKMANN et. al. 2013: 66f).

Besondere Relevanz haben die in der folgenden Tabelle 14 aufgeführten Maßnahmen: (nach BMVBS 2013 41ff, 72f; BRANDL et. al. 2011: 36ff; GREITEN & WESSELS 2000: 26; SCHMIDT et. al. 2017: 15ff; SCHMIDT 2017: mdl.; WEIS et. al. 2011: 101ff).

Tabelle 14: Maßnahmenkatalog der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen (eigene Darstellung)

Maßnahmenkatalog der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen im städtischen Raum	
Verringerung der thermischen Belastung (Stadtplanung)	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung, Erhalt und Ausbau von großen und kleinen Frei- und Grünflächen im Stadtgebiet, die von Bebauung frei zu halten sind, • Kontinuierliche Schaffung, Erhalt und Ausbau von Frischluft- bzw. Kaltluftschneisen, die von Bebauung frei zu halten sind • Freihalten von Brachflächen • Schaffung von kleinen und wenn möglich großen Wasserflächen • Vermehrte Beschattung (durch Begrünung)
Bauliche und infrastrukturelle Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Optimierung und Anpassung von (öffentlichen) Gebäuden: Wärmedämmung, Klimatisierung, Abschattung (z. B. Fenstermarkisen, Sonnensegel), Verwendung geeigneter Baumaterialien, bei Neubauten Gebäudeausrichtung optimieren • Ausgewogene Nutzungsmischung im Quartier • Fassaden-, Dach- und Innenhofgestaltung/ -farbe, Straßen- und Gleisbegrünung • Entsiegelungsmaßnahmen und Ausweitung der Siedlungsflächen minimieren • Umwandeln von Brachflächen in Grün- und Freiflächen • Schaffung von Retentionsflächen
Aufklärung	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen der Verhaltens- und Informationsvorsorge (z. B. in Informationsveranstaltungen in Altenheimen oder Pflegeeinrichtungen) • Aktionstage „Klimaanpassung“
Frühwarnsysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Hitzefrühwarnsystem für Krankenhäuser bzw. Pflegeeinrichtungen • Frühwarnsystem für allein lebende alte Menschen • Informationsmanagement
Lufthygiene	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung des ÖPNV

Maßnahmenkatalog der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen im städtischen Raum	
	<ul style="list-style-type: none">• Förderung des Fahrradverkehrs

Diese Vermeidungs- und Aufwertungsmaßnahmen sollten vor allem in den vulnerablen und betroffenen Siedungsbereichen angewandt werden.

Die Ergebniskarten zeigen deutlich, welche Bereiche bedingt durch die Betroffenheit und der Versiegelung unter Berücksichtigung der Verminderungs- und Ausweichkapazitäten aktuell/zukünftig vulnerabel gegenüber Hitzebelastungen sind (s. Karte 12/13 und 14/15). Die identifizierten Bereiche sollten primär bei der Maßnahmenentwicklung- und Umsetzung betrachtet werden.

Um eine Verminderung der zukünftigen zusätzlichen Hitzebelastung im Sommer zu erreichen und auch wegen der längeren Tageslichtstunden haben Maßnahmen bei Tag, die zur Reduzierung der Wärmebelastung führen, Vorrang. Primär geht es darum, den direkten sommerlichen Hitzeeintrag zu reduzieren. Zielführend sind hier hauptsächlich Abschattungsmaßnahmen. Von sekundärer Bedeutung sind Maßnahmen zur Belüftung und Abkühlung der erhitzten Gebiete in der Nacht (MAYER et. al. 2015: 99f, STEINRÜCKE et.al. 2010: 161).

Für die Schaffung günstiger klimatischer Bedingungen im urbanen Raum geht es dennoch in erster Linie um den Erhalt bestehender Kalt- und Frischluftschneisen, Kaltluftproduktionsflächen im Umland und Frischluftentstehungsgebieten (WEIS et. al. 2011: 101). Aber auch innerstädtische Grün- und Waldflächen, Gewässerflächen oder zusammenhängende Freilandflächen gilt es zu erhalten (BRANDL et. al. 2011: 36f).

Um die klimawirksamen Flächen für das Stadtklima zu erhalten, den Flächenverbrauch zu reduzieren und auch um die innere Infrastruktur zu erhalten, sollte im Fall eines (Neu)-Baus oder Versiegelung das Prinzip Innen- vor Außenentwicklung bzw. Revitalisierung vor Neuinanspruchnahme befolgt werden. Dabei kann die Strategie der Nachverdichtung auch einen erhöhten Druck auf die innerstädtischen Grün- und Freiflächen nach sich ziehen. Daher sind bei baulichen Wiedernutzungen Flächen vorzuziehen, die nicht als Grünflächen für die Anpassung an den Klimawandel benötigt werden (LUFT 2017:mdl.; BMVBS 2013: 62ff). Im Falle der Durchführung einer Nachverdichtung auf klimabedeutsamen Flächen sollten besondere Auflagen an Minderungs- oder Ausgleichsmaßnahmen, wie zum Beispiel kurzfristig umsetzbare Maßnahmen wie Begrünung im Straßenbild, Dachflächenbegrünung oder die Verwendung heller Gebäude- bzw. Dachfarben, erfolgen (SCHLICHTMANN 2017: mdl.; WEIS et. al. 2011: 102).

Die Stadt und die Klimaschutzleitstelle der Stadt Hannover haben bereits Planungsstandards und Fördermittel eingeführt, um die Ziele des Klimaschutzes- und Anpassung noch effektiver zu erreichen (SCHLICHTMANN (2017: mdl.).

Bedingt durch die Komplexität des Stadtklimas ist es im Fall einer Planung, und für die Entwicklung konkreter Maßnahmen zur Verbesserung notwendig, Vor-Ort-Kartierungen durchzuführen und die Strukturen im Detail zu erfassen.

Denkbar wären auch Kontrollen der Maßnahmen, ob die gewünschte Wirkung erzielt wird bzw. welche anderen Wirkungen noch von der Fläche ausgehen. Bei Bedarf könnte die Maßnahme angepasst werden, bspw. in dem mehr Straßenbäume gepflanzt werden, weil die Kühlungswirkung noch nicht ausreichend ist. Oder es werden Bäume entfernt und dafür niedrigere Vegetation angepflanzt, weil durch die Kronen der Luftaustausch blockiert wird.

Bei der Anpassung an den Klimawandel, speziell wenn es um Anpassung an Hitzebelastungen geht, wird teilweise übersehen, dass sich die Handlungserfordernisse nicht nur aus der Vulnerabilität der Stadtstruktur oder der klimatischen Veränderung ergeben, sondern auch aus der Vulnerabilität der Menschen (SCHMIDT et. al 2017: 25).

Demzufolge sollten zukünftige Anpassungen an den Klimawandel auch den Wandel der Gesellschaft berücksichtigen. Neben planerischen Anpassungen, die die Folgen für die Bevölkerung vermindern können, ist auch eine selbstständige Gesundheitsvorsorge jedes Bürgers von Bedeutung.

7.3 Quartiersbezogene Handlungsoptionen zur Anpassung an klimawandelbedingte Hitzebelastungen

Auf der Quartiersebene kann die Planung am meisten Einfluss nehmen und hier lassen sich die Bürgerinnen und Bürger am besten einbeziehen. Zudem stehen viele Maßnahmen und Anreize zur Verfügung (NEUMÜLLERS & LANGENBRINCK o. J: 20).

- klimaangepasste Bauweise und Gebäudeausrichtung ,
- Erhalt und Schaffung von Grün- und Freiflächen (Innenhofbegrünung, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung)
- Anpflanzung von Straßenbäumen zur Beschattung und Verbesserung des Klimas,
- Entsiegelung von Straßenraum, Plätzen und Innenhöfen,
- Anlage von Wasserflächen, Versickerungsflächen und Regenrückhaltebecken,
- Beratung privater Eigentümer und Investoren sowie
- Unterstützung sozialer Projekte (z. B. „urbanes Gärtnern“).

Bedingt durch fehlende Ausweichräume sind kleine Flächen mit gewerblicher Nutzung z. B. in dem Stadtteil Linden-Mitte oder Hainholz als vulnerabel zu bewerten (s. Karte 12/13). Durch die Beschattung von Parkplätzen oder Straßen durch Baumpflanzungen können die klimatischen Nachteile vorsorglich vermindert oder auch vermieden werden. Kleinräumigere Veränderungen bei der Bebauung (mehr Grünflächen, Fassadenbegrünung, Gründächer, Gebäudeausrichtung) haben zwar meist nur direkte Auswirkungen auf das Klima des

unmittelbaren Umfeldes, wie zum Beispiel auf eine Straßenkreuzung in einem Quartier, aber viele kleine Maßnahmen haben eine positive Auswirkung auf das gesamte Stadtklima (SCHMIDT 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.; GREITEN & WESSELS 2000: 26; BMVBS 2013: 64).

Diese hoch versiegelten und stark genutzten Bereiche, wie auch z.B. der Stadtteil Mitte sind besonders angewiesen auf Anpassungs- und Verminderungsmaßnahmen. Dächer bieten sich hier noch oftmals für Begrünungen an. Dachbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst. Durch die Vegetation bleibt im Sommer ein Aufheizen der Flächen aus, im Winter vermindert die Begrünung einen Wärmeverlust des Hauses (SCHMIDT 2017: mdl; SCHMIDT et. al. 2017: 21). Eine weitere Maßnahme die in Bereichen angewandt werden kann, wo kein Platz mehr für Baumpflanzungen o. Ä. ist, sind Fassadenbegrünungen. Im Stadtbereich mit mehrgeschossigen Gebäuden kann dadurch die direkte Bestrahlung der Hauswand und die Wärmespeicherfähigkeit der Fassade reduziert werden, sodass eine spürbare klimatische Verbesserung des Mikro- und Kleinklimas eintritt (GREITEN & WESSELS 2000: 33).

Gebiete in denen mehr Fläche zur Verfügung steht, z. B. in Bereichen mit kulturellen, gewerblichen oder administrativen Einrichtungen wie z. B. in den Stadtteilen eignen sich aufgrund der großen Anzahl an Parkplatzflächen ebenfalls zur Schaffung neuer Grünflächen durch die Konzentration von Parkflächen in Parkhäusern. Freiflächen der Industriegebiete, wie in Stöcken, bieten Ansatzpunkte zur Verbesserung der Albedo und der Erhöhung des Anteils verschatteter Flächen durch Baumpflanzungen (LUFT 2017: mdl; BMVBS 2013: 64).

Im Gegensatz zu dieser industriellen oder gewerblichen Nutzung sind vulnerable Stadtteile wie z.B. List oder Vahrenwald, geprägt von Blockrandbebauung, die prädestiniert zur Schaffung und Vergrößerung der Grün- und Freiflächen durch Innenhofbegrünung sind (BMVBS 2013: 64). Diese können die fehlenden Ausweichräume ersetzen und als Naherholungsraum fungieren.

7.4 Umsetzungshinweise für die Stadtplanung

Die in den vorherigen Kapiteln aufgeführten Handlungsoptionen enthalten eine Reihe von relevanten Maßnahmen für die Anpassung an Hitze. Um Empfehlungen zur Umsetzung zu geben, ist nochmal der Interessenskonflikt zu erläutern, der sich bei der Betrachtung der allgemeinen städtebaulichen Strategien zeigt. Diese finden im BauGB Berücksichtigung:

- „*Innenentwicklung vor Außenentwicklung*“ (vgl. § 1a Abs. 2 und § 13a BauGB),
- „*eine auf Vermeidung und Verminderung von Verkehr ausgerichtete städtebauliche Entwicklung im Sinne der „kompakten Stadt“ bzw. „Stadt der kurzen Wege“*“ (vgl. § 1 Abs. 6 Nr. 9 BauGB).

Die beiden Strategien mit Leitbildcharakter „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“ und „Kompakte Stadt“ sind für den erfolgreichen Klimaschutz als richtungsweisend zu betrachten. Die Klimafolgenanpassung zielt jedoch auf die Freihaltung von Flächen, gerade in den hoch verdichteten Innenstadtbereichen und wäre damit eher mit dem Leitbild der „aufgelockerten Stadt“ in Verbindung zu bringen.

Wie sich bereits gezeigt hat, ist Anpassung als eine Querschnittsaufgabe der Planung anzusehen und der Erfolg der Anpassung ist von integrativen Prozessen abhängig (vgl. Kap. 7.2). Um das zu erreichen, geht es vor allem um das Ausschöpfen der formellen Planungsinstrumente (STEINRÜCKE et. al. 2010: 214f).

Wie in Kapitel 1 bereits dargelegt, sind die klimatischen Belange in den Zielsetzungen des Baugesetzbuches (vgl. § 1 Abs. 5 BauGB) erwähnt. Darüber hinaus bietet die Bauleitplanung über Darstellungen und Festsetzungen differenzierte Möglichkeiten für die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen (vgl. § 9 BauGB). Die oben erläuterten Maßnahmen wie z. B. Erhalt und Schaffung der Grün- und Freiflächen lassen sich im Bebauungsplan nach § 5 BauGB und nach § 9 BauGB über Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten festmachen. Die Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten beider Pläne, FNP und B-Plan, umfassen im Hinblick auf mögliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel vor allem:

- von Bebauung freizuhalten Flächen,
- die Festlegung der Mindestgröße von Baugrundstücken sowie
- Festsetzung zu Anpflanzungen (STEINRÜCKE et. al. 2010: 217).

Über Festsetzungen zum Maß der baulichen Nutzung lässt sich beispielsweise der Anteil der bebauten Grundstücksfläche regulieren (LUFT 2017: mdl.). Durch die Festsetzung von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie zum Beispiel Kleingartensiedlungen, können ebenfalls Freiflächen erhalten und neu gesichert werden (§ 9 Nr. 15 BauGB).

Zur erfolgreichen Durch- und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen sollten Interessenkonflikte vor Ort berücksichtigt werden. Maßnahmen zum Erreichen eines möglichst optimalen Stadtklimas können im baulichen Bestand der Innenstädte und in den bestehenden Siedlungsräumen nur deutlich eingeschränkt umgesetzt werden und erfordern verstärkt Anreize und Motivation. Neben den formellen Instrumenten (B-Plan und FNP) und dessen Darstellungen und Festsetzungen, wie zum Beispiel die Festsetzung von Anpflanzungen für einzelne Flächen (§ 9 Nr. 25 BauGB), spielt daher auch die Unterstützung der Anwohner des Quartiers für den Erfolg der Klimaanpassung eine wesentliche Rolle. Projekte und Initiativen wie urbanes Gärtnern oder das Projekt „Begrüntes Hannover“ können die Bewohner ermutigen, selbstständig einen Beitrag zu mehr Grün im Quartier zu leisten (REGION HANNOVER 2017: www; SCHLICHTMANN 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.).

Im Rahmen der Erschließung großer Neubaugebiete können Kommunen die Handhabung und Steuerung von Klimaanpassungsmaßnahmen vollständig ausschöpfen (STEINRÜCKE et. al. 2010: 221).

7.5 Zielkonflikte und Synergieeffekte von Maßnahmen

Die Folgen des Klimawandels, wie zum Beispiel die Zunahme von Hitzetagen, bringen vor allem Risiken für die Gesellschaft mit sich, doch zum Teil können auch Chancen entstehen. Die Aufgabe der Anpassungsplanung ist es daher, die Synergien und Zielkonflikte zu identifizieren und für Konzepte der Stadtentwicklung zu nutzen.

Zielkonflikte

Zielkonflikte ergeben sich vor allem aus konkurrierenden Flächen- und Raumnutzungsansprüchen (STEINRÜCKE et. al. 2010: 224, DOSCH et. al. 2015a: 6). Einerseits erfordern die im städtischen Raum notwendigen Anpassungsmaßnahmen zusätzlichen Flächenbedarf. Andererseits besteht im Kontext des demografischen Wandels und verstärkten Zuwanderungssalden eine hohe Nachfrage an Wohnfläche oder Infrastruktur. Das Konzept „flächensparende und dichte Siedlungsentwicklung“ kann zu Flächennutzungskonflikten zwischen verschiedenen lokalen (klimatischen) Ansprüchen oder in den Quartieren führen.

Es besteht ein Zielkonflikt zwischen dem Ziel der flächen- und verkehrssparenden Siedlungsentwicklung und der Gewährleistung einer ausgewogenen Freiflächenentwicklung. Über Grün- und Freiflächen Wärmeinseleffekte in Städten zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren ist jedoch ein wichtiges Ziel der Anpassung. Hierfür sind eine möglichst lockere Bebauung mit einem ausreichend hohen Freiflächenanteil und genügend Frischluftschneisen erforderlich (STEINRÜCKE et. al. 2010: 225).

Auch bei Begrünungsmaßnahmen können verschiedene Zielkonflikte vor allem im Zusammenhang mit der Belüftungssituation im städtischen Raum auftreten. Bäume die durch Beschattung und Verdunstung ein angenehmes Stadtklima bewirken, können auch bei vollständiger Krone die Durchlüftung des Straßenraumes beeinträchtigen. Die Durchlüftungsfunktion in Frischluftbahnen kann ebenfalls beeinträchtigt werden, wenn Baumreihen oder dichtes Gehölz ein Strömungshindernis bilden. Weiterer Konflikt ruft die Bewässerung von Grünflächen herbei, da Grünflächen eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit benötigen und in langen Trockenperioden ggf. teilweise künstlich bewässert werden müssen (BMVBS 2013: 62ff, STEINRÜCKE et. al. 2010: 225ff).

Zu erwarten ist eine Verstärkung von Zielkonflikten zwischen einer kompakten und damit emissionsmindernden Siedlungsentwicklung und der Gewährleistung ausreichender Grün- und Freiflächen zur Verringerung städtischer Hitzeinseleffekte. Diese Zielkonflikte sind möglichst frühzeitig zu identifizieren und mit allen Akteuren abzuwägen (ebd.).

Laut LUFT (2017: mdl.) steht und fällt die Qualität eines Wohngebietes mit dem Grad der Nachverdichtung. Wichtig bei zukünftigen Planungen ist daher eine richtige Abwägung hinsichtlich des richtigen „Bebauungsanteils“, bei dem ein ausgewogenes Maß an bebauten und frei liegenden Flächen im Stadtteil gefunden werden muss (ebd.)

Maßnahmen können ebenfalls bei Planungen am Gebäudebestand Konflikte herbeiführen. Denn Maßnahmen in bestehenden Siedlungsräumen können in der Regel nur eingeschränkt umgesetzt werden. Um trotzdem ein möglichst hohes Umsetzungspotential klimatisch wirksamer Maßnahmen zu erreichen, liegt ein besonderes Augenmerk auf der Bereitschaft und Kooperation der Eigentümer und Bewohner. Intensivere Kommunikations- und Partizipationsprozesse werden im Kontext der Klimaanpassung von zunehmender Bedeutung sein (KLIMA UND RAUM 2009b: www).

Synergieeffekte

Zugleich gibt es aber auch Synergieeffekte, die bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung positive Effekte erzeugen und zusätzliche Erfolge erzielen. Ein solcher Zusatznutzen liegt beispielsweise bei Begrünungsmaßnahmen, bei Maßnahmen zur Flächenentsiegelung oder zur Regenrückhaltung vor. Zum Beispiel:

- Begrünungsmaßnahmen können sowohl zu Kühlungseffekten in den Quartieren als auch zum Regenrückhalt und zur Verringerung der Windböigkeit beitragen,
- Zusätzliche Begrünung steigert die Aufenthalts- und Lebensqualität der Bewohner in den Quartieren,
- Eine Entsiegelung von Flächen trägt durch mögliche großflächige Verdunstung zur Verbesserung des Stadtklimas bei.
- Beitrag zur Biodiversität in Städten durch Lebensraumbereitstellung für Flora und Fauna.

Folglich hat die Aufdeckung von Synergieeffekten eine große Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Synergieeffekte sollte sich die Stadt- und Umweltplanung zu Nutze machen, um die Belange des Klimas effektiver in ihren formellen und informellen Plänen zu berücksichtigen (STEINRÜCKE et. al. 2010: 227; SCHLICHTMANN 2017: mdl.).

8 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass es Bereiche in der Stadt Hannover gibt, die von Hitzeereignissen bereits hoch betroffen sind und als vulnabel bewertet werden können. Es ist zu erwarten, dass sich die Vulnerabilitäten bis zum Jahr 2050 räumlich ausbreiten und zunehmen werden. Das steigende Risiko für das Auftreten von Verwundbarkeiten erfordert den gezielten Einsatz geeigneter Anpassungsmaßnahmen.

(1) Welche Siedlungsbereiche sind auf Grund ihrer demografischen Zusammensetzung aktuell und zukünftig besonders empfindlich gegenüber Hitze?

(siehe Ergebniskarte 6)

In der Stadt Hannover wurden Bereiche auf Grund ihrer demografischen Zusammensetzung mit einer hohen Sensitivität gegenüber Hitze identifiziert. Hoch oder sehr hoch sensitiv sind auf Grund einer hohen Dichte an Einwohnern, an Senioren und sozialen Einrichtungen die Stadtteile Vahrenwald, List, Oststadt, Südstadt, Sahlkamp, Linden-Nord, Linden-Mitte, Davenstedt und Mühlenberg. Insgesamt konnten neun von 51 Stadtteilen als mindestens hoch demografisch sensitiv identifiziert werden. Auffällig ist eine Ballung der hohen Sensitivitäten im Bereich der Stadtmitte, da dort im Allgemeinen die Bevölkerungsdichte am höchsten ist und auf Grund der höheren Nachfrage auch folglich eine höhere Dichte von sozialen Einrichtungen. Demografische Entwicklungen, bedingt durch z. B. Zu – bzw. Abwanderung, oder die Alterung der Gesellschaft können auf Grund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden. Eine Ergebniskarte zur zukünftigen demografischen Sensitivität gibt es daher nicht.

(2) Welche Siedlungsbereiche sind von Hitzebelastungen aktuell und zukünftig betroffen? (siehe Ergebniskarte 8 und Karte 9)

Aktuell von Hitze betroffen sind hauptsächlich kleinere Teilbereiche in den Stadtteilen die hoch bioklimatisch belastet sind und hohe demografische Sensitivitäten aufweisen, wie z. B. höher versiegelte Stadtteile wie Mitte, Linden-Mitte, Mittelfeld oder Stöcken. Die Ergebnisse decken sich mit den Gebieten, in Betroffenheiten erwartet wurden (SCHMIDT 2017: mdl.). Festzustellen ist auch, dass die Bereiche bedingt durch den Fokus auf hohe bioklimatische Belastungen aktuell mindestens in einem mittleren Grad von Hitze betroffen sind. Die Betroffenheiten (mit Fokus demografische Sensitivitäten) werden im Vergleich zu 2050 räumlich zunehmen. Stadtteile wie Oststadt, Südstadt, Mitte oder Linden-Süd und Linden-Mitte werden nahezu flächendeckend auf Grund der dort zu erwartenden, großräumigen hohen Zunahme der Wärmebelastung von Hitze betroffen sein.

Weiterhin ist auffällig, dass der Grad der Betroffenheit nur in kleinen Teilbereichen zunimmt (wie z. B. Linden-Mitte, Vahrenheide). Hauptsächlich dort, wo die Zunahme der Wärmebelastung sehr hoch sein wird. In einigen wenigen Siedlungsbereichen nimmt der Grad der Betroffenheit ab, da die Zunahme der Wärmebelastung nur als mäßig und die demografische Sensitivität als sehr gering eingestuft wird (wie z. B. in Misburg-Süd).

Auf Grund der weitgehenden hohen Zunahme der Wärmebelastung und der Überlagerung mit den demografisch hoch sensitiven Siedlungsbereichen ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Siedlungsbereiche in der Stadt Hannover im Jahr 2050 mindestens hoch durch

Hitzestress betroffen sein werden. Diese Gegenüberstellung mit zukünftigen Veränderungen der Betroffenheiten, dient zur Abschätzung der zukünftigen Raumrelevanz.

Anzumerken ist jedoch, dass neben den Veränderungen des Klimas insbesondere die gesellschaftlichen Strukturen und Veränderungen, wie z. B. demografischer Wandel die Vulnerabilität einer Gesellschaft und die Raumstruktur beeinflussen.

Mangels Prognosen zur demografischen Situation 2050 werden bei der Abschätzung der zukünftigen Betroffenheit die Klimaänderungen 2050 mit der gegenwärtigen Sensitivität in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis zur zukünftigen Betroffenheit ist daher mit Unsicherheiten verbunden.

Als zu schematisch könnte die Ermittlung und Darstellung der Anpassungskapazitäten an Hitze im urbanen Raum beurteilt werden. Da für die Bestimmung der Anpassungskapazität nur wenig Literatur existiert, wurden Werte zu den Ausstrahlungseffekten der Verminderungsflächen lediglich statistisch abgeleitet. Eigentlich müssten den Nutzungen Ausstrahlungseffekte je nach Umgebung und äußeren Einflüssen anders zugewiesen werden.

Doch auch unabhängig von genauen räumlichen und zeitlich präzisen Aussagen, bietet die Analyse der Anpassungskapazitäten eine gute Grundlage um Entscheidungen für entsprechende Anpassungsstrategien zu treffen (BIRKMANN et. al. 2013: 66; BUTH et. al. 2017: 9).

Eine weitere Herausforderung bei der Ermittlung der Anpassungskapazitäten ist, dass das Potential zur Anpassung über technische und finanzielle Möglichkeiten hinaus von vielen weiteren Faktoren beeinflusst wird und deren Bedeutung schwer abzuschätzen ist (UBA 2017: 10f). Dazu zählen beispielsweise auch Prozesse, die zur Entscheidungsfindung führen, die Fähigkeit, sich auf neue Gegebenheiten einzustellen oder das Bewusstsein, das Anpassungshandeln überhaupt notwendig ist. Die Anpassungskapazität kann daher aufgrund der methodischen Komplexität und der eigentlichen notwendigen Ausdifferenzierung auf dieser Planungsebene nur unscharf bestimmt werden (UBA 2017: 11).

(3) In welchen Siedlungsbereichen sind die höchsten Vulnerabilitäten vorhanden und zu erwarten? (siehe Ergebniskarte 12, 13, 14, 15)

Es konnten zwei unterschiedliche Vulnerabilitäten, in Abhängigkeit der Anpassungskapazitäten, identifiziert werden: Vulnerabilitäten unter der Berücksichtigung der Ausweichkapazität sowie unter der Berücksichtigung der Verminderungskapazität.

Bei beiden Vulnerabilitäten ist festzustellen, dass sich deren räumliche Ausdehnung grundsätzlich an der räumlichen Ausdehnung der Wärmebelastung bemisst. Die Eingangsfaktoren „demografische Sensitivität“, „nutzungsbedingte Sensitivität“ und

Anpassungskapazität wurden bei der Analyse für beide Zeithorizonte konstant gehalten, da keine Angaben zur zukünftigen demografischen Zusammensetzung oder zukünftigen Flächennutzung vorliegen.

Aktuell vulnerable Siedlungsbereiche (unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten) liegen zum Beispiel in den Stadtteilen Mitte, Vahrenwald, List oder Linden-Mitte. Es gibt nur wenig und kleine vulnerable Gebiete, welche außerhalb der fußläufigen Erreichbarkeit der Ausweichräume liegen.

Im Vergleich zur zukünftigen Vulnerabilität (unter Berücksichtigung der Ausweichkapazitäten) wird deutlich, dass generell nur eine geringe räumliche Ausweitung der vulnerablen Bereiche stattfindet. Gründe hierfür liegen wahrscheinlich in der fehlenden Datengrundlage zu zukünftigen demografischen Entwicklungen. Die Bereiche, die zukünftig vulnerabel sein werden, werden wahrscheinlich eher stärker von Hitze betroffen sein, als zum aktuellen Zeitpunkt.

Die Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität ist aktuell am deutlichsten im Verdichtungsraum und auf den hoch versiegelten Industrie- und Gewerbeflächen vorhanden. Dort, wo sich hohe Versiegelungsgrade außerhalb der Ausstrahlungseffekte mit hohen Betroffenheiten überlagern, besteht die höchste Vulnerabilitätsstufe. Beispielsweise sind Bereiche in den Stadtteilen Mitte, Oststadt oder Linden-Mitte betroffen.

Im Gegensatz zur Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Ausweichräume ist eine räumliche Ausdehnung der Verwundbarkeit nahezu im gesamten Stadtgebiet Hannovers zu erwarten.

Flächen die aktuell nur sensibel und in kleinen Teilbereichen als vulnerabel bewertet wurden, werden zukünftig nahezu flächendeckend vulnerabel sein (z. B. Oststadt, Vahrenwald, List).

Im Außenbereich der Stadt ist nur mit einer geringen Zunahme zu der Vulnerabilität zu rechnen, da sich die zukünftige Wärmebelastung hauptsächlich auf den Innenbereich der Stadt konzentriert.

(4) Wo werden Konflikte vor dem Hintergrund des sich ändernden Stadtklimas in der Stadt Hannover entstehen?

Die stärksten Konflikte werden dort eintreten, wo das Interesse am Bau (also im Innenbereich der Stadt) am höchsten ist und wo gleichwohl auch die höchsten Vulnerabilitäten gegenüber Hitze liegen (ebenfalls im Kernbereich der Stadt).

Im Falle einer Verdichtung der Klimakomfortinseln, bzw. der grünen „Platzhalter“ die im Kernbereich liegen, würde es zu einer Verschlechterung der klimatischen Situation kommen (SCHMIDT 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.). Besondere Bedeutung für das Stadtklima wird den

Kleingartenanlagen zugewiesen, da sie neben der Kaltluftproduktion auch als Feinstaubsenken fungieren, sodass die bebauten Gebiete in unmittelbarer Nähe deutlich geringere Feinstaubbelastung als Bereiche im Innenstadtgebiet aufweisen (LUFT 2017: mdl.).

(5) Wie kann planerisch eine Verbesserung herbeigeführt werden?

Um die klimatische Situation und folglich auch die Vulnerabilität im Stadtgebiet nicht zu verschärfen ist grundsätzlich das Freihalten der Klimakomfortinseln, Anpassungsmaßnahmen am Gebäudebestand, Abschattungsmaßnahmen oder Dachbegrünung notwendig (WEIS et. al. 2011: 10). Diese meist „kleineren“ Maßnahmen üben zwar nur eine direkte Auswirkung auf die unmittelbare Umgebung aus, in der Masse und am richtigen Ort platziert, können sie jedoch durchaus positive Auswirkungen auf größere urbane Bereiche haben (LUFT 2017: mdl.; GREITEN & WESSELS 2000: 26f). Generell gilt, dass Maßnahmen nicht flächendeckend, sondern punktuell am richtigen Ort eingesetzt werden sollten. Nur so können sie optimal wirksam werden, außerdem wären sie flächendeckend nicht effizient und finanzierbar (SCHMIDT et. al. 2017: 25). Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse gewährleisten vor diesem Hintergrund eine gezielte Planung und einen effizienten Einsatz von Anpassungsmaßnahmen.

Neben den kleinen Maßnahmen sind das Freihalten und der Erhalt der Kaltluftbahnen und der Kleingartenanlagen von wesentlicher Bedeutung für ein gutes Stadtklima.

Um Klimaanpassung in die Stadtentwicklung einzubeziehen gilt es, die Potenziale vorhandener Instrumente für eine möglichst schnelle Umsetzung zu nutzen. Instrumente, wie z. B. Bebauungs- und Flächennutzungspläne, sind grundsätzlich nicht neu, jedoch haben sie im Kontext des zunehmenden Klimawandels vor allem im urbanen Raum stärker an Bedeutung gewonnen. Durch die im Bebauungsplan enthaltenen Festsetzungen zur Klimaanpassung könnten die Maßnahmen integriert werden und ggf. die Größe eines Baugebietes beeinflusst werden, Begrünungen verlangt oder Flächenanteile für nicht bauliche Nutzungen bestimmt werden, die dabei helfen Kalt- und Frischluftschneisen zu erhalten (BRANDL et. al. 2011: 66f; LUFT 2017: mdl.). Diese Festsetzungen zur Anpassung in den Bebauungsplänen machen diesen zu einem wirkungsvollen Instrument einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung (BRANDL et. al. 2011: 67).

Im Allgemeinen geht es hinsichtlich einer Verbesserung also darum, die grundsätzlich bereits bestehenden Instrumente der Stadtplanung offensiver anzuwenden bzw. zumindest die bestehenden Gebiete zu sichern und möglichst zu vergrößern (LUFT 2017: mdl.).

Das Instrument Vulnerabilitätsanalyse kann dafür entscheidende Hinweise geben, um die konkreten Anpassungsmaßnahmen effizient einzusetzen und zielgenau zu platzieren.

Die Handlungsempfehlungen sind nicht als abgeschlossenes Ergebnis zu sehen, sondern liefern den Ausgangspunkt eines langfristigen Anpassungsprozesses auf Stadtteilebene. Ein integrativer Ansatz der Handlungsoptionen soll gewährleisten, dass die Instrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ein gewisses Maß an Offenheit und Flexibilität gewährleisten (BRANDL et. al 2011: 25). Denkbar wäre auch eine Kontrolle der Maßnahme, ob die gewünschte Wirkung erzielt wird bzw. welche anderen Wirkungen von der Fläche ausgehen. So könnten Maßnahmen an die dortigen Bedingungen auch im Nachhinein angepasst werden.

Neben der Umsetzung formeller Maßnahmen im Bebauungsplan, sollten auch informelle, kommunikationsbasierte Planungsansätze wie interkommunale Kooperationen, Stadtentwicklungskonzepte oder Klimakonzepte gestärkt werden.

Auch die Zusammenarbeit von Umwelt- und Stadtplanung sollte hinsichtlich der Absprachen und Arbeitsabläufe vertieft werden.

Insbesondere eine Bewusstseinsförderung der Investoren für Themen zur Klimaanpassung sind von entscheidender Rolle für eine erfolgreiche nachhaltige, klimawandelangepasste Stadtentwicklung (SCHMIDT 2017: mdl.; LUFT 2017: mdl.). Wichtig ist weiterhin auch die aktive Einbeziehung der Bewohner und der Bevölkerung in die Entwicklung und Umsetzung klimaangepasster Verhaltensweisen (SCHMIDT et. al. 2017: 25).

(6) Ist die Vulnerabilitätsanalyse ein geeignetes Instrument um der Stadtplanung weitergehende Informationen zu geben?

Bisherige Anpassungsstrategien zielen überwiegend auf die Ermittlung möglicher kleinräumiger Klimaveränderungen ab (BIRKMANN et. al. 2013: 66). Indem eine Vulnerabilitätsanalyse die oben aufgeführten Sensitivitäten, Betroffenheiten und Anpassungsmöglichkeiten verbindet, können vulnerable urbane Räume ermittelt werden, die besondere Unterstützung bei der Anpassung benötigen. Dies zeigt, dass die Vulnerabilitätsanalyse ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Entwicklung von Handlungs- und Anpassungsstrategien auf regionaler und lokaler Ebene ist (BIRKMANN et. al. 2013: 66).

Wichtig ist, dass die Vulnerabilität eines urbanen Raumes oder eines Systems kein absoluter Wert ist und daher nicht messbar bzw. durch die komplexe Methodik nicht tatsächlich dargestellt werden kann. Vielmehr soll eine Vulnerabilitätsanalyse helfen, die potentiellen Folgen des Klimawandels die auf ein System oder die Bevölkerung einwirken, aufzuzeigen und die Möglichkeiten darzulegen, wie es mit diesen Klimafolgen umgehen oder sich darauf vorbereiten kann. Dies wird durch eine kartografische Darstellung der Vulnerabilität erreicht. Dort werden die stadtklimatisch relevanten Strukturen dargestellt. Im Falle einer

Nutzungsänderung oder zukünftigen Planungen können die Sensitivität, Betroffenheiten und Vulnerabilität des Raumes ermittelt werden.

Desweiteren ist es durch die Analyse möglich, betroffene und vulnerable Bereiche zielgenau zu identifizieren, in denen auf Grund ihrer erhöhten Vulnerabilität gegenüber Hitze prioritär Maßnahmen durchgeführt werden sollten. Kenntnisse über die Verortung betroffener und vulnerabler Bereiche können in stadtplanerische Maßnahmen einfließen (KRÜGER et. al. 2014: 19).

Ebenfalls kann die Analyse helfen, den Zielkonflikt, zwischen dem Ziel der flächensparenden Siedlungsentwicklung und der Gewährleistung einer ausgewogenen Freiflächenentwicklung innerhalb der Siedlungsstruktur, durch eine gelenkte, klimaangepasste Flächenentwicklung zu vermindern. Lösbar wäre der Konflikt indem klimarelevante Freiflächen für die Bevölkerung und den Raum identifiziert, gesichert und von Versiegelung und Bebauung und zugunsten verdichteter Siedlungsbereiche freigehalten werden (BIRKMANN et. al. 2013: 129f).

Denkbar wäre auch die Darstellung von „Betroffenheitszonen“ im Flächennutzungsplan, die es im Falle von Bautätigkeiten zu berücksichtigen gilt oder Anforderungen an bautechnische Anforderungen stellt (z. B. Dachbegrünung, Baumpflanzungen) (SCHMIDT 2017: mdl.). Auf Grund der räumlichen Auflösung der Daten sind die Ergebnisse aus der Vulnerabilitätsanalyse für städtische Planungszwecke, beispielsweise für Flächennutzungs- und Bebauungsplanverfahren (z. B. Nachverdichtungsvorhaben) vorstellbar.

Zusammenfassend ist die Vulnerabilitätsanalyse, trotz den aufgeführten kritischen Anmerkungen zur Methodik, eine unverzichtbare Grundlage für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der räumlichen Planung (BBSR 2011: 43). Die Analyse stellt einen wesentlichen Baustein zur Erarbeitung der Maßnahmen im Sinne einer klimawandelangepassten Stadtplanung dar.

9 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit macht deutlich, dass vor dem Hintergrund des zunehmenden Klimawandels die Ermittlung der Vulnerabilität urbaner Räume eine zentrale Rolle für den Erhalt gesunder Lebensqualität spielt. Ferner wurde durch diese Arbeit gezeigt, dass die Vulnerabilitätsanalyse ein zentraler Ansatzpunkt ist, wenn es darum geht, gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels vulnerable Raumnutzungen und -strukturen zu identifizieren und diese durch planerische Maßnahmen anpassungsfähiger zu machen.

Die Prognosen für zukünftige klimatische oder demografische Entwicklungen beinhalten teils große Unsicherheiten und können meist nicht mit Sicherheit konkret beziffert werden, sodass auf schematische Werte zurückgegriffen werden muss.

Doch auch wenn genaue räumliche und zeitlich präzise Aussagen zu den Wirkungen des Klimawandels, den Sensitivitäten oder den Anpassungskapazitäten fehlen, können die

Aussagen zur ermittelten Verwundbarkeit eines Raumes bereits eine hinreichende Grundlage für die Entscheidung über Anpassungsmaßnahmen sein. Das Vulnerabilitätskonzept kann dabei helfen, möglichst frühzeitig und zielgenau Anpassungsbedarfe zu identifizieren. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer einheitlichen Methodik, die flächendeckend Aussagen zu aktuellen und zukünftigen Vulnerabilitäten geben kann.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden aktuelle und zukünftige Vulnerabilitäten der Stadt Hannover mittels einer Analyse der hitzebedingten Folgen des Klimawandels für den Menschen identifiziert. Die Analyse hat ergeben, dass fast flächendeckend eine fußläufige Erreichbarkeit von Ausweichräumen im Stadtgebiet gegeben ist. Nur kleine Siedlungsbereiche, wie zum Beispiel im Stadtteil Mitte, Vahrenwald, List oder Linden-Mitte liegen außerhalb der fußläufigen Erreichbarkeit und sind als vulnerabel zu bewerten. Im Vergleich zur zukünftigen Vulnerabilität, findet nur eine geringe räumliche Ausweitung der vulnerablen Bereiche statt. Die Bereiche, die zukünftig vulnerabel sein werden, werden wahrscheinlich eher stärker von Hitze betroffen sein, als zum aktuellen Zeitpunkt.

Die Vulnerabilität unter Berücksichtigung der Verminderungskapazität ist aktuell am deutlichsten in Bereichen vorhanden, in denen hoch versiegelte Flächen mit fehlenden Ausstrahlungseffekten und hohen demografischen Betroffenheiten überlagern. Dies sind zumeist Bereiche im Verdichtungsraum der Stadt wie zum Beispiel Stadtteile wie Mitte, Vahrenwald, List oder auch Oststadt.

In Hinblick auf die projizierten Klimaänderungen werden sich diese Problembereiche voraussichtlich verschärfen und ausweiten, weshalb die identifizierten Bereiche primär bei der Maßnahmenentwicklung- und Umsetzung betrachtet werden sollten. Klimaanpassungsmaßnahmen sollten vor diesem Hintergrund vor allem in den hoch versiegelten Siedlungsbereichen, die auch demografische Sensitivitäten aufweisen wie Mitte, Vahrenwald, Linden-Nord oder Linden-Mitte durchgeführt und angewandt werden.

Folgende Anpassungsmaßnahmen zur Verbesserung der klimatischen Situation sollten vornehmlich realisiert werden:

- Anpassung des Gebäudebestandes an Hitzebelastungen (Dachbegrünung, Fassadenbegrünung usw.)
- klimatisch entlastende Grün- und Freiflächen in den vulnerablen Siedlungsbereichen erhalten und neu anlegen,
- Entsiegelungsmaßnahmen und Verbesserung wohnungsnaher Grünflächenversorgung sowie
- konsequente Freihaltung und Erhalt von klimawirksamen (kühlenden) Freiflächen.

Die Maßnahmen wirken dabei auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen. So können klimatische Verbesserungen an Einzelgebäuden, an Wohnblocks, in Quartieren und in den Stadtteilen erzielt werden.

Im Vergleich zur Stadt Stuttgart handelt es sich bei der Notwendigkeit zur Anpassung an Hitze im urbanen Raum in Hannover nicht um einen akuten Bedarf. Trotzdem sollte sich die Stadt Hannover in Zukunft im Rahmen der Stadt- und Umweltplanung verstärkt mit der Anpassung an die steigende Hitzewirkung des Klimawandels beschäftigen.

In Hinblick auf die projizierten Klimaänderungen muss sich die Stadt auf zunehmende Hitzeinseleffekte und daraus resultierende zunehmende Betroffenheiten und Vulnerabilitäten für die Wohn- und Arbeitsbevölkerung einstellen. Klimaökologische Funktionen wie z. B. die Kaltluftproduktion als Beitrag zur Sicherung gesunder Wohn- und Arbeitsbedingungen sollten verstärkt in Planungen berücksichtigt werden. Generell ist eine verstärkte Kommunikation und Absprache hinsichtlich der zukünftigen Verortung von Maßnahmen zwischen der Umwelt- und Stadtplanung ein sinnvoller Schritt, um zur Verbesserung der klimatischen Situation in Hannover beizutragen.

Vor dem Hintergrund zukünftiger demografischer Entwicklungen (Alterung der Gesellschaft, Urbanisierung) ist es wichtig, die Ergebnisse der Analyse als Diskussionsbasis zu verstehen und fortlaufend zu aktualisieren.

Auf Grund der angestrebten Nachverdichtung (Innenentwicklung) und den damit einhergehenden Konflikten mit den Anpassungsmaßnahmen müssen Lösungen gefunden werden, die eine flexible Nachsteuerung ermöglichen. Essentiell für den Erfolg von klimarelevanten Maßnahmen ist daher, dass sie mit den anderen Belangen der Stadtentwicklung kommuniziert und abgestimmt werden, um so möglichst viele Synergien zu schaffen, die für Planungen und Umsetzungen genutzt werden sollten. Zukünftig gilt es vor allem, die Verträglichkeit von baulichen Nachverdichtungsmaßnahmen verstärkt zu prüfen. Bei einem im Zuge der Abwägung ausgesprochenen Vorrang der Nachverdichtung sollten besondere Auflagen an Minderungs- und Ausgleichsmaßnahmen erwogen werden. Neben einer Diskussion der Ergebnisse mit Experten wird es daher sinnvoll sein, die Ergebnisse im Rahmen von politischen Veranstaltungen zu diskutieren, um auch die breite Öffentlichkeit über mögliche Vorhaben, grundlegende Ziele der Umwelt- und Stadtplanung, die methodischen Schritte und über die zukünftige klimatische Entwicklung der Stadt zu informieren und mitbestimmen zu lassen.

Alles in allem sind die Ergebnisse dieser Arbeit als ein erster methodischer Entwurf zu sehen, der als Arbeits- und Entscheidungsgrundlage für die Stadt- und Umweltplanung genutzt werden kann.

Aufgrund einer umfassenden Literaturrecherche, des fachlichen Wissens der Verfasserin und der Ergebnisse der Experteninterviews wurde die hier angewandte Methodik von verschiedenen fachlichen Instanzen verifiziert.

Die Ergebniskarten dienen zum besseren Verständnis lokalklimatischer Besonderheiten und durch die Darstellung von vulnerablen Gebieten kann die fachliche Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung zukünftig städtischer Planungen verbessert werden.

.

Quellenverzeichnis

ADELPHI 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt (Hrsg.). Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau. Online-Veröffentlichung.

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlandsgegenueber-dem>

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART (AFU) 2016: Sommertage und heiße Tage in Stuttgart Mitte, Messstation Schwabenzentrum (1987-2015), Aufgerufen am 01.06.2017, Stand 2016. https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_messdaten_download

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART (AFU) o.J.: Klima. Der Wärmeinseleffekt. Die städtische Wärmeinsel in Stuttgart. Aufgerufen am 02.07.2017.

https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_waermeinsel_stuttgart

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART (AFU) o.J. b: Klima. Grundlagen zum Stadtklima. Einleitung. Aufgerufen am 30.06.2017.

https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_grundlagen_einleitung

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART (AFU) o.J. c: Klima. Klima in Stuttgart. Aufgerufen am 05.07.2017.

https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_klimainstuttgart

ARCGIS 2012, a: Funktionsweise des Werkzeuges "Union" (Vereinigen). Aufgerufen am 15.08.2017, Stand 2012.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/000800000000s000000/>

ARCGIS 2012, b: Funktionsweise des Werkzeuges "Intersect" (Überschneiden), Aufgerufen am 15.08.2017, Stand 2012.

<http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/000800000000p000000/>

BASEDOW, H.W. & BOLZE, I. & GUNREBEN, M. & JACOB, P. & SBRESNY, J. & SCHRAGE, T. & STEININGER, A. & WEICHSELBAUM, J. 2017: Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. GeoBerichte 14. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.). Hannover.

BECKER, P. 2011: Hitze, Stürme, Fluten – wird unser Klima immer extremer? S. 4-5. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) 2011: Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit. Climate Change, Extreme

Weather Events and Public Health. Internationale Fachkonferenz – International Symposium
Konferenzbericht 29. und 30. November 2010 | Bonn. Online-Veröffentlichung.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimawandel_extremwetter_konferenzbericht_bf.pdf

BISCHOFF, A. & SELLE, K. & SINNING, H., 2005: Informieren Beteiligen Kooperieren.
Kommunikation in Planungsprozessen. Eine Übersicht zu Formen, Verfahren und Methoden.
Dortmund: Verlag Dorothea Rohn.

BIELAWNY, K. & SPELLERBERG, U. 2014: Windpark Beverungen-Twerberg. Unterlagen
zum Antrag nach § 4 BImSchG. Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP). „Windpark
Twerberg Infrastruktur- und Pool-Verwaltung GmbH & Co. KG“ – in Gründung –
(Auftraggeber). Online-Veröffentlichung.
http://www.beverungen.de/fileadmin/Dateien/Dateien/Rathaus_und_Service/B-Plaene_FNP/U3a_BPlan_Nr_6_Windpark_Twerberg_-_LBP_-_Text_-_09-2014.pdf

BIRKMANN, J.; VOLLMER, M.; SCHANZE, J. 2013: Raumentwicklung im Klimawandel.
Herausforderungen für die räumliche Planung. Forschungsberichte der ARL 2. Hannover.

BONGARDT, B. & PUHR, A. 2017: Endlich wieder durchatmen. Mit Baumaßnahmen für ein
besseres Stadtklima. Aufgerufen am 01.06.2017. <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/bauen/stadtklima/11358.html>

BRANDL, H.; FALTERMAIER, M.; HERMENAU, C.; SCHUMANN, G.; STOCK, H.;
TONNDORF, T.; WELSCH, J. 2011: Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im
Klimawandel sichern. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.). Berlin.

BUNDESINSTITUT FÜR BAU,- STADT,- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) 2015:
Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen
zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Ein Projekt
des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Bonn.
Online-Veröffentlichung.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/DL_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf?__blob=publicationFile&v=3

BUNDESINSTITUT FÜR BAU,- STADT,- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) 2016: Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region. Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommune und Region. Bonn, April 2016.

GEWOS 2013: Gutachten zum Wohnkonzept Hannover 2025. Kurzbericht März 2013. Anlage 2

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS) & BUNDESINSTITUT FÜR BAU,- STADT,- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) 2009: Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation 23/2009.

https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/DL_ON232009.pdf;jsessionid=9E40C84D904FC096FE409BC914696C40.live11292?__blob=publicationFile&v=2

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS) & BUNDESINSTITUT FÜR BAU,- STADT,- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) 2013: Methodenhandbuch zur regionalplanerischen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Berlin/Bonn 2013.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS) 2010: Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modelvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Ein Projekt des Forschungsprogramms „Modellvorhaben der Raumordnung“ (MORO) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Forschungsheft 144. Berlin 2010.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS) 2011: Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten. BMVBS-Online-Publikation 21/2011. <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2011/ON212011.htm>

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS) a 2012. Programme des Bundes für die nachhaltige Stadtentwicklung und Soziale Stadt. BMVBS-Online-Publikation 3/2012.

http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON032012.pdf

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS)
2012: Hitze in der Stadt. Strategien für eine klimawandelangepasste Stadtentwicklung.
Dokumentation der StadtKlimaExwoSt-Zwischenkonferenz vom 15.09.2011

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS)
2013: Alles im Wandel: Demografische und klimatische Veränderungen im Kontext der integrierten Stadtentwicklung. BMVBS-Online-Publikation 23/2013.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON233013.pdf?__blob=publicationFile&v=2

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG (BMZ) o.J.: Arbeitsfeld Stadt und Klima.
<https://www.bmz.de/de/themen/klimaschutz/Stadt-und-Klima/index.html> aufgerufen am 1.6.2017

BUNDESREGIERUNG 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Online verfügbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf.

BUTH, M.; KAHLENBORN, W.; GREIVING, S.; FLEISCHHAUER, M.; ZEBISCH, M.; SCHNEIDERBAUER, S.; SCHAUSER, I. 2017: Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung . Umweltbundesamt Fachgebiet I 1.6 – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) (Hrsg.)
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba_2017_leitfaden_klimawirkungs_und_vulnerabilitatsanalysen.pdf

CAMPE, S. & KATZSCHNER, L. & KUPSKI, S. 2015: Klimafunktionskarten als Instrument der Klimaanpassung in der Bauleitplanung. S. 343-353. In: KNIELING, J. & MÜLLER B. 2015: Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele. Band 7. Klimazug- Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. München.

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) 2017: Steigende Hitzebelastung für über 80-Jährige
Aufgerufen am 31.05.2017, Stand 03.2017.

http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimawandel_node.html

DOSCH, F.; HAURY, S.; SKOWSKI, J.; WAHLER, B.; WILLINGER, S.; ARNDT, T.; MAYER, F.; HOMMES, M.; MÖSCH, S. 2015a: Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.). Berlin.

DOSCH, F. 2015b: Wie sind Städte auf den Klimawandel vorbereiten können. Modellvorhaben einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung, 77-102. In: KNIELING, J. & MÜLLER, B. (Hrsg.): Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele. Band 7. Klimzug. Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. (ESRI) 2016: Funktionsweise des Werkzeugs "Vereinigen (Union)". Zugriff am 10.07.2017.
<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/how-union-analysis-works.htm>

FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN, BEREICH UMWELTSCHUTZ 2015: Erläuterung zur Fachkarte Klimaanpassung. Unveröffentlicht.

FUNK, D. & GROß, G. 2015: Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München. Hannover, Stand: Juli 2014. Online-Veröffentlichung:
<https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Stadtklima/Stadtklimaanalyse.html>

GEOINFORMATION LHS Hannover 2015: Digitales Orthophoto (DOP) der Stadt Hannover (Auszug Stadtteil Mitte, Stand: 2015) mit Überlagerung der höher bioklimatisch belasteten Siedlungsräume (eigene Darstellung). <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Verwaltungen-Kommunen/Die-Verwaltung-der-Landeshauptstadt-Hannover/Dezernate-und-Fachbereiche-der-LHH/Baudezernat/Fachbereich-Planen-und-Stadtentwicklung/Geoinformation/Open-GeoData/Digitale-Orthophotos-DOP20>

GEONET UMWELTCONSULTING GMBH 2011: Entwicklung der mittleren jährliche Häufigkeit klimatologischer Ereignisse in der Innenstadt von Hannover für die Zeithorizonte

2001 bis 2010, 2046-2055 und 2090-2099, in SCHMIDT; D.; BANK, C.; KIRSCHT, E.; LUFT, S.; POHL, J.; SCHNEIDER, J.; VOßLER, N.; WEITZEL, I.; WINNECKE, M. 2017: Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an. Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012-2016. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 53. Landeshauptstadt Hannover, Bereich Umweltschutz. (Hrsg.).

GEONET UMWELTCONSULTING GMBH 2014: Klimafunktionskarte und Planungshinweiskarte Klima/Luft für die Universitätsstadt Gießen. Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Gießen und deren planungsrelevante Inwertsetzung im Rahmen einer vorsorgeorientierten Umweltplanung Modellgestützte Analyse 2014 Online-Veröffentlichung Stand 28.07.2014 https://www.giessen.de/media/custom/684_12677_1.PDF?1414157722

GEONET UMWELTCONSULTING GMBH 2015: Stadt- und Regionalklimaanalyse. Online-Veröffentlichung. Stand 13.03.2015. Aufgerufen am 15.05.2017. http://www.geonet.de/fileadmin/user_upload/pdf/Umweltmeteorologie/02_Stadt_und_Regionalklimaanalyse_20150313.pdf

GEONET UMWELTCONSULTING GMBH 2015: Sommertage und Hitzetage in Hannover-Langenhagen (1987-2013). In SCHMIDT; D.; BANK, C.; KIRSCHT, E.; LUFT, S.; POHL, J.; SCHNEIDER, J.; VOßLER, N.; WEITZEL, I.; WINNECKE, M. 2017: Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an. Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012-2016. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 53. Landeshauptstadt Hannover, Bereich Umweltschutz. (Hrsg.).

GLÄSER, J. & LAUDEL, G., 2010: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften.

GOOGLE 2017, a: Luftbild Stadtteil Mitte. Aufgerufen am 10.08.2017, Stand 2017. <https://www.google.de/maps/@52.373087,9.7408343,478m/data=!3m1!1e3>

GOOGLE 2017, b: Luftbild Stadtteil List. Aufgerufen am 11.08.2017, Stand 2017. <https://www.google.de/maps/@52.3906048,9.7463661,207m/data=!3m1!1e3>

GREIVING, S. 2012: Urbane Hitze – Ein Querschnittthema in den KlimaExWoSt-Modellprojekten- S. 13-14. In: BMVBS 2012: Hitze in der Stadt Strategien für eine

klimaangepasste Stadtentwicklung. Dokumentation der StadtklimaExWoSt-Zwischenkonferenz vom 15.09.2011

GREITEN & WESSELS 2000: Osnabrück und sein Stadtklima. Umweltdezernat der Stadt Osnabrück, Fachbereich Grün und Umwelt (Hrsg.). Osnabrück. Online-Veröffentlichung. https://www.osnabrueck.de/fileadmin/eigene_Dateien/017_GRUEN-UMWELT/6_Brosch%C3%BCre_Osnabr%C3%BCck_und_sein_Stadtklima_Stadt_Osnabr%C3%BCck.pdf

HARTLIK, J. 2014: Anlass, Zielrichtung und Adressaten. In: UVP-GESELLSCHAFT e.V. AG MENSCHLICHE GESUNDHEIT 2014: Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren.

HOLST, J. & MAYER, H. 2010: BMBF klimazwei Verbundprojekt KLIMES „Planerische Strategien und städtebauliche Konzepte zur Reduzierung der Auswirkungen von klimatischen Extremen auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten“. Schlussbericht zum Teilvorhaben „Verbundkoordination (KLIMES ALUF-1)“: Meteorologisches Institut Freiburg

IPCC: Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, 2007

IPCC 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). R.K. PACHAURI, R.K. & MEYER, L.A. (Hrsg.). IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016

JOHAENTGES, K. o.J.: Luftbild Stadtteile List und Oststadt mit Stadtwald Eilenriede. Aufgerufen am 12.09.2017. <http://www.kajofoto.de/site/category-zoom/Hannover/Himmelueber-Hannover/4>

KLIMAFAKTEN 2015: Temperaturentwicklung in Deutschland seit 1881 und voraussichtliche Entwicklung bis 2100. Stand 2015. Aufgerufen am 05.05.2017 <https://www.klimafakten.de/behauptungen/behauptung-die-erderwaermung-wird-deutschland-kaum-probleme-bereiten>

KLIMA UND RAUM 2009: Vulnerabilität (auch: Verwundbarkeit, engl. Vulnerability). Plattform Klimawandel und Raumentwicklung. ARL Hannover (Hrsg.). Stand 2009, Aufgerufen am 06.04.2017.

<http://www.klima-und-raum.org/vulnerabilit%C3%A4t-auch-verwundbarkeit-engl-vulnerability>

KLIMA UND RAUM 2009 b: Informelle Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel. Stand 2009. Aufgerufen am 31.08.2017.

<http://klima-und-raum.org/artikel/klimaanpassung/instrumente/informelle-instrumente-zur-anpassung-den-klimawandel>

KNIELING, J. & MÜLLER B., 2015: Klimaanpassung in Städten und Regionen. Handlungsfelder und Fragestellungen aus Sicht der Stadt- und Regionalentwicklung. S. 9-24. In: KNIELING, J. & MÜLLER, B. (Hrsg.). 2015: Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele. Band 7. Klimazug-Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. München

KORNDÖRFER 2008: Auswirkungen des Klimawandels auf deutsche Großstädte – Ansätze zur Bewältigung der Klimafolgen in der Landeshauptstadt Dresden in Sachsenlandkurier 05/2008. 159-188 S.

KRÜGER, T. & HELD, F. & HOECHSTETTER, S. 2014: Identifikation von hitzesensitiven Stadtquartieren. Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt und Freiraumplanung. Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REGKLAM – Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden. Heft 6.

KROMREY, H., 2009: Empirische Sozialforschung. Stuttgart: Lucius & Lucius

KROPP, J., HOLSTEN, A. LISSNER, T., ROITHMEINER, O., HATTERMANN, F., HUANG, S., ROCK, J., WECHSUNG, F., LÜTTGER, A., POMPE, S., KÜHN, I., COSTA, L., STEINHÄUSER, M., WALTHER, C., KLAUS, M., RITCHE, S., METZGER, M. 2009: „Klimawandel in NordrheinWestfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren“. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).

KRÜGER, T.; HELD, F.; HOECHSTETTER, S. 2014: Identifikation von hitzesensitiven Stadtquartieren. S. 5-20. In: WENDE, W.; RÖßLER, S., KRÜGER, T. 2014: Grundlagen für

eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumentwicklung. Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REKLAM – Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden. Heft 6. Berlin.

KUTTLER, W., 2009: Klimatologie. Grundriss allgemeine Geographie. 260 S. Paderborn: Schöningh.

KUTTLER, W. 1993: Klimatische Bedeutung innerstädtischer Grün- und Wasserflächen. - In: SUKOPP, H. & WITTIG, R. (Hrsg.): Stadtökologie, S. 144-148, Stuttgart.

KÜHLING, W. & BAUMÜLLER, J. 1993: Einbeziehung klimatischer und lufthygienischer Fragen in die Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplanung. Aufgaben und Rechtsgrundlagen. S. 87-107. In: SCHIRMER, H. & KUTTLER, W. & LÖBEL J. & WEBER, K. 1993: Lufthygiene und Klima. Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.). Düsseldorf: VDI-Verlag.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012: Klimaanpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS. Stand 14.09.2012, Aufgerufen am 24.04.2017: Online-Veröffentlichung. https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2017: Klima. Grundlagen zum Stadtklima. Einleitung. Stand Januar 2017. https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_grundlagen_einleitung

LUFT, S. (Stadtplanungsamt Stadt Hannover) 2017: mündliche Mitteilung vom 08.08.2017.

MATZARAKIS, A., 2001: Die thermische Komponente des Stadtklimas. 286 S., Freiburg: Meteorologisches Institut der Universität Freiburg

MAYER, H. O., 2009: Interview und schriftliche Befragung. München: Oldenburg Verlag.

MAYER, H.; LEE, H.; OERTEL, A.; SCHULE DIEKHOF, R.; SCHMID, M.; STEINERSTAUCH, B.; LAMPEN, T.; KAPP, R.; REUTER, U.; OEDINGER, H. 2015: Klipps – Klimaplanungspass Stuttgart. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). Online- Veröffentlichung. https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/KlippS-Klimaplanungspass-Stuttgart.pdf

MENNE, B. 2011: Änderungen extremer Wetterereignisse und gesundheitliche Folgen S. 6-7. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) 2011: Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit. Climate Change, Extreme Weather Events and Public Health. Internationale Fachkonferenz – International Symposium Konferenzbericht 29. und 30. November 2010 | Bonn. Online-Veröffentlichung.

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimawandel_extremwetter_konferenzbericht_bf.pdf

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU BADEN-WÜRTTEMBERG 2012: Städtebauliche Klimafibel Online. Hinweise für die Bauleitplanung. Klima- und Lufthygienekarten als Hilfsmittel in der Bauleitplanung (Beispiel: Klimaatlas Verband Region Stuttgart). Stand 2012. Aufgerufen am 02.08.2017. <https://www.staedtebauliche-klimafibel.de/?p=60&p2=5.7>

MOSIMANN, T. & FREY, T. & TRUTE, P. 1999: Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Bearbeitung der klima- und immissionsökologischen Inhalte im Landschaftsrahmenplan und Landschaftsplan. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 4/99. 201-276. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ) – Fachbehörde für Naturschutz (Hrsg). Hildesheim.

NEUMÜLLERS & LANGENBRINCK o. J: Klimaanpassung für Berlin. Maßnahmen und Beispiele. Online-Veröffentlichung. Aufgerufen am 01.09.2017. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/klimaanpassung_broschuere.pdf

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ 2009: "Niedersachsen: Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft - Struktur für eine Anpassungsstrategie" (2009). Aufgerufen am 05.06.2017 <http://netzwerk-vulnerabilitaet.de/klimastudienkatalog/index.php?view=studien&s=1&l=5&a=&id=1053>

RANNO, S. & FLEISCHHAUER, M. & GRUEHN, D., 2008: Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. Vorstudie zum Modellvorhaben. 2. Zwischenbericht. Technische Universität Dortmund. Lehrstuhl Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. Dortmund

REIß-SCHMIDT, S., BECKRÖGE, W. 1993: Einbeziehung klimatischer und lufthygienischer Fragen in die Landes- und Regionalplanung. Aufgabe und Rechtsgrundlage. S. 58-75. In: SCHIRMER, H. & KUTTLER, W. & LÖBEL, J. & WEBER, K. 1993: Lufthygiene und Klima. Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.). Düsseldorf: VDI-Verlag.

REGION HANNOVER 2013: Landschaftsrahmenplan, Hannover.

REGION HANNOVER & LANDESHAUPTSTADT HANNOVER 2014: Bevölkerungsprognose 2014 bis 2025/2030 Online-Veröffentlichung. <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Planen,-Bauen,-Wohnen/Stadtplanung-Stadtentwicklung/Konzept-Projekte/Bev%C3%B6lkerungsprognose>

REGION HANNOVER 2016: Regionales Raumordnungsprogramm Region Hannover. Begründung/Erläuterung zur beschreibenden Darstellung.

REGION HANNOVER 2017: Region Hannover. BUND. Begrüntes Hannover. Förderprogramm für Gebäudebegrünung und Entsiegelung. Aufgerufen am 02.09.2017. http://region-hannover.bund.net/themen_und_projekte/begruentes_hannover/

RÖBLER, S. & KRÜGER, T. & WENDE, W. 2014: Einführung. Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung. Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REGKLAM – Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden. Heft 6

RUPP, J. 2015: Klimawandel als Chance einer nachhaltigen Stadtentwicklung, in: Ökologisches Wirtschaften (30) 02.2015. 14-15.

SCHLICHTMANN, G. (Klimaschutzleitstelle Stadt Hannover): mündliche Mitteilung vom 03.08.2017.

SCHMIDT, C. & SEIDEL, A. & KOLODZIEJ, J. & KLAMA, K. & SCHOTTKE, M. & FRIEDRICH, M. & BERKNER, A. & CHMIELESKI, S. 2011: Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen. Leipzig/Dresden, April 2011. TU Dresden im Auftrag des regionalen Planungsverbandes Leipzig-Westsachsen im Rahmen des Klima-MORO, gefördert vom BMVBS in Kooperation mit dem BBSR.

SCHMIDT, D. (Umweltplanung- und management; Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Umweltschutz Stadt Hannover): mündliche Mitteilung vom 01.08.2017.

SCHMIDT, D. & BANK, C. & KIRSCHT, E. & LUFT, S., & POHL, J., & SCHNEIDER, J., & VOßLER, N., & WEITZEL, I. & WUESTHOFF, H. & WINNECKE, M. 2017: Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an. Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012-2016. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 53. Landeshauptstadt Hannover, Bereich Umweltschutz. (Hrsg.).

SCHNELL, R.& HILL, P.& ESSER, E., 2011: Methoden der empirischen Sozialforschung. München: Oldenbourg Verlag.

SCHREBER, K. 2014: Stadtklima und Gesundheit – eine Herausforderung für die Gestaltung städtischer Lebensräume. Tägliche Sterbefälle (alle Ursachen) und der Tagesmaxima des Universal Thermal Climate Index (UTCI) in Berlin 2010 im Vergleich zu Mittelwerten auf Basis 2000-2010. Aufgerufen am 20.06.2017, Stand 2014. http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db411_13.htm#Abb22

SMUL (Geschäftsbereich des sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, Hrsg.) 2005: Klimawandel in Sachsen. Sachstand und Ausblick 2005. Dresden.

SPIEKERMANN, J: & FRANCK, E. 2014: Anpassung an den Klimawandel in der räumlichen Planung - Handlungsempfehlungen für die niedersächsische Planungspraxis auf Landes- und Regionalebene. Hannover- Arbeitsberichte der ARL 11. Online-Veröffentlichung. https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/ab/ab_011/ab_011_gesamt.pdf

STADT HANNOVER 2006: Klimafunktionskarte Hannover (Stand 2006). <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Umweltinformation/Luft,-L%C3%A4rm-und-Strahlung/Klimafunktionskarte-Hannover>

STADT HANNOVER 2009: Anpassungsstrategie zum Klimawandel – Informationen zu den Folgen des Klimawandels für die Stadt Hannover und die daraus resultierenden notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Anlage 1

STADT HANNOVER 2016: Statistische Berichte der Landeshauptstadt Hannover. Strukturdaten der Stadtteile und Stadtbezirke 2016. Textbeitrag: Aktuelles zur Struktur und Entwicklung der Bevölkerung in der Landeshauptstadt Hannover. Einwohner/ha Stadtteilfläche am 01.01.2016 (Auszug aus Gesamttabelle).

STADT STUTTGART 2004: Statistik und Informationsmanagement, Monatsheft 1/2004.

STATISTICA GMBH 2017: Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung von 1950 bis 2030 in Deutschland und weltweit. Aufgerufen am 26.04.2017.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152879/umfrage/in-staedten-lebende-bevoelkerung-in-deutschland-und-weltweit>

STEINRÜCKE, M. & DÜTEMEYER, D. & HASSE, J. & RÖSLER, C., 2010: Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Langfassung. Ein Projekt des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Ein Projekt des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Bonn.

STEINRÜCKE, M. & EGGENSTEIN, J. 2012: Planungshinweiskarte für die Landeshauptstadt Düsseldorf. Online-Veröffentlichung. <https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt19/umweltamt/luft/pdf/planungshinweiskarte.pdf>

STEINECKE, W., SCHWAB, U., RÖCKLE, R., PRICHTER, C.J., NIELINGER, J. 2012.: Stadtklimaanalyse Braunschweig. Auftraggeber Stadt Braunschweig, Fachbereich Stadtplanung und Umweltschutz. Freiburg. Mai 2012. Online-Veröffentlichung https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/klima/stadtklima/stadtklimaanalyse/Gutachten_Stadtklimaanalyse_Braunschweig_120521

STOCK, M. & KROPP, J.P. & WALKENHORST, O. 2009: Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. In: Raumforschung und Raumordnung 67, S. 97-113.

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2012: Jahresmitteltemperatur in Deutschland. Aufgerufen am: 02.01.2013.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/trends-der-lufttemperatur#textpart-1>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2015a: GE-I-1 + 2 Hitzebelastung und Hitzetote. Stand 9.3.2015, aufgerufen am 26.4.2017.

<https://www.umweltbundesamt.de/ge-i-1-2-das-indikatoren#textpart-1>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2016: Klimafolgen. Länderspezifische Klimaänderungen bereits aufgetretene und erwartete Klimaänderungen. Stand 03.11.2016. Aufgerufen am 01.05.2017.

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/bundesland-niedersachsen>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2017: Trends der Lufttemperatur. Stand 03.05.2017, Aufgerufen am 06.07.2017.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/trends-der-lufttemperatur#textpart-4>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2017b: Klimawandel. Szenarien und Projektionen. Aufgerufen am 07.07.2017.

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/klima/klimawandel/klimaszenarien/>

URBAN GREEN ENVIRONMENT (URGE) 2002: ICC – Interdisziplinärer Kriterienkatalog. Kriteriengruppe No. 3: Nutzung der städtischen Grünfläche. http://www.urgeproject.ufz.de/CD/pdf/Part_2_Toolbox/3_ICC_SiteLevel/ICC_SiteLevel_German_Crit_3.pdf

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 2003: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 – Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. 1997, Düsseldorf.

VERBAND REGION STUTTGART 2008: Klimaatlas Region Stuttgart. Online-Veröffentlichung. https://www.region-stuttgart.org/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&g=0&t=1797240530&hash=a2ba24d5123025e3cd3e8778d5ef47cd01c41e1f&file=fileadmin/regionstuttgart/04_Informationen_und_Download/04_01_Veroeffentlichungen/04_04_04_Klimaatlas/klimaatlas_01-50_grundlagenteil.pdf

WEIS, M. & SIEDENTOP, S. & MINNICH, L. 2011: Vulnerabilitätsbericht der Region Stuttgart. Erstellt im Rahmen des Projektes KlimaMORO „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung im Auftrag des Verbands Region Stuttgart. Mai 2011.

WITTING, S. & SCHUCHARDT, B. 2013: Hitze in der Stadt – Herausforderungen und Best-practice-Beispiele. Heat in the city – challenges and best-practice examples. UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) in UMID 01/2013: Hitze in der Stadt. Online-Veröffentlichung https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/publikationen/hitze_in_der_stadt.pdf

Gesetze und Verordnungen

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20.10.2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist.

Gesetz über die Umweltverträglichkeit (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist.

Anhang

Daten zur Ermittlung der Sensitivität

Die folgende Tabelle gibt die Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche tabellarisch wieder.

Die grau hinterlegten Bereiche sind die Stadtteile mit den höchst bewerteten Sensitivitäten

Tabelle 15: Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche in Hannover (eigene Darstellung nach STADT HANNOVER 2016: i7f)

Stadtteil	Einwohner pro Hektar
Linden-Nord	170
Oststadt	166
List	90
Südstadt	77
Vahrenwald	76
Mühlenberg	63
Linden-Mitte	56
Nordstadt	48
Sahlkamp	45
Davenstedt	44
Mitte	43
Döhren	41
Linden-Süd	40
Oberricklingen	39
Ahlem	38
Groß-Buchholz	35
Heideviertel	34
Calenberger Neustadt	33
Bothfeld	33
Waldhausen	30
Hainholz	30
Burg	29
Herrenhausen	28
Badenstedt	28
Leinhausen	27
Kleefeld	27
Ricklingen	27
Wettbergen	26
Limmer	25
Vahrenheide	22
Bemerode	22
Kirchrode	19
Waldheim	17
Stöcken	17
Mittelfeld	17

Stadtteil	Einwohner pro Hektar
Misburg-Nord	16
Bult	15
Wülfel	15
Vinnhorst/Brink-Hafen	15
Ledebuhr/Nordhafen	14
Bornum	14
Seelhorst	11
Anderten	10
Zoo	9
Marienwerder	6
Misburg-Süd	4
Isernhagen-Süd	3
Lahe	2
Wülferode	1

Die folgende Tabelle gibt die Anzahl der Senioren pro Hektar Stadtteilfläche tabellarisch wieder. Die grau hinterlegten Bereiche sind die Stadtteile mit den höchst bewerteten Sensitivitäten.

Tabelle 16: Anzahl sensibler Einwohner (Senioren) pro Hektar Stadtteilfläche (eigene Darstellung nach STADT HANNOVER 2016: I 4f).

Stadtteil	Fläche (ha)	Anzahl Senioren	Anzahl Senioren/ha
Oststadt	85	2801	33
Linden-Nord	97	2636	27,2
List	500	9694	19,4
Vahrenwald	327	5562	17
Südstadt	517	8337	16,1
Davenstedt	251	3808	15,2
Mühlenberg	120	1766	14,7
Heideviertel	148	2028	13,7
Sahlkamp	314	3755	12
Döhren	330	3688	11,2
Oberricklingen	276	2930	10,6
Bothfeld	631	6619	10,5
Groß-Buchholz	784	7712	9,8
Burg	132	1262	9,6
Ahlem	286	2685	9,4
Waldhausen	73	667	9,1

Stadtteil	Fläche (ha)	Anzahl Senioren	Anzahl Senioren/ha
Linden-Mitte	220	1990	9
Wettbergen	498	3992	8
Ricklingen	478	3616	7,6
Nordstadt	364	2575	7,1
Leinhausen	118	821	7
Mitte	242	1675	6,9
Badenstedt	448	3078	6,9
Kirchrode	613	4009	6,5
Kleefeld	464	2958	6,4
Linden-Süd	252	1523	6
Herrnhausen	292	1676	5,7
Calenberger Neustadt	207	1164	5,6
Hainholz	245	1342	5,5
Limmer	249	1316	5,3
Waldheim	109	563	5,2
Vahrenheide	466	2348	5
Bemerode	877	4136	4,7
Misburg-Nord	1388	6435	4,6
Bult	203	872	4,3
Mittelfeld	538	2309	4,3
Stöcken	735	2878	3,9
Vinnhorst/Brink-Hafen	483	1824	3,8
Ledeburg/Nordhafen	436	1605	3,7
Bornum	99	358	3,6
Wülfel	294	1020	3,5
Anderten	797	2282	2,9
Seelhorst	313	841	2,7
Zoo	539	1282	2,4
Marienwerder	401	752	1,9
IsernhagenSüd	866	1029	1,2
Misburg-Süd	627	685	1,1
Lahe	798	352	0,4
Wülferode	890	256	0,3

Übersicht der InterviewpartnerInnen

Nachfolgend sind im Rahmen der Arbeit konsultierten Personen aufgeführt. Ihnen sei an dieser Stelle noch einmal für die Kooperation gedankt.

Herr Dirk Schmidt, Umweltplanung- und management. Fachbereich Umwelt und Stadtgrün der Landeshauptstadt Hannover. Gespräch am 10.03.2017 und am 01.08.2017. Bei der Stadt Hannover, Arndtstraße 1.

Frau Gabi Schlichtmann, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün der Landeshauptstadt Hannover – Klimaschutzleitstelle. Gespräch am 03.08.2017.

Frau Susanne Luft, Fachbereich Planen und Stadtentwicklung der Landeshauptstadt Hannover. Flächennutzungsplanung. Gespräch am 08.08.2017.

Interviewleitfaden zur Reflexion der Vulnerabilitätsanalyse und zu Möglichkeiten zur Verbesserung der klimatischen Situation im urbanen Raum

Angaben zur Person (Name, Tätigkeit):

Ort, Datum:

Reflexion der Vulnerabilitätsanalyse/Fachliche Einschätzung

- a. Sind die Ergebnisse der Karten für Sie plausibel?
- b. Anmerkungen zur Methodik (Macht das Sinn? Fehlt was?)
 - I. Zur Ermittlung demografischer und nutzungsbedingter Sensitivitäten
 - II. Zur Ermittlung der Anpassungskapazitäten: Wahl der Nutzungen mit Verminderungskapazitäten, Wahl der Ausstrahlungseffekte, Umgang mit Ausweichkapazitäten
- c. Ist aus Ihrer Sicht die Vulnerabilitätsanalyse ein geeignetes Instrument um der Stadtplanung weitergehende Informationen für eine klimawandelangepasste Planung zu geben?
- d. Wofür dienen die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse der Stadt Hannover?
- e. Wie bzw. von wem werden die Ergebnisse weiter verarbeitet?
- f. Welche Erfahrungen hat die Stadt Hannover bisher im Umgang mit steigenden Hitzebelastungen? Wie ist man bisher im Vorhinein von Planungen damit umgegangen?

Wie kann man die Situation planerisch verbessern?

- a. Besteht aus Ihrer Sicht Bedarf an der Verbesserung der bioklimatischen Situation in der Stadt Hannover? Wenn ja, welche Maßnahmen/Strategien zur Anpassung können/sollten verbessert und weiterentwickelt werden?
- b. Besteht aus Ihrer Sicht Nachholbedarf bei der Berücksichtigung des Handlungsfeldes Gesundheit in der Stadtentwicklung?
- c. Welcher Rolle kommt aus Ihrer Sicht der Stadtplanung zu? Schnittstelle Umweltplanung und Stadtplanung: Wer hat Kompetenz für klimagerechte Anpassung? Besteht bei der Bearbeitung der Belange eine Arbeitsteilung? Wie kommt es zur Lösung?
- d. Sind weitere Strategien/Maßnahmen für eine klimatische Verbesserung des Stadtklimas bekannt? Was ist zukünftig besonders zu beachten um die klimatische Situation nicht weiter zu verschärfen? Sind Maßnahmen/Strategien in Hannover geplant? Wenn ja, wer ist beteiligt? Wenn nein, warum nicht?
- e. Sollten aus Ihrer Sicht Maßnahmen zur Klimaanpassung stärker in Abwägungsprozesse im urbanen Raum einbezogen werden?

Abschluss

- a) Haben Sie noch Fragen an mich? Gibt es noch Aspekte die aus Ihrer Sicht unberücksichtigt blieben?

Vielen Dank für das Interview

**Ergebniskarten der Gis-basierten Vulnerabilitätsanalyse in der Stadt Hannover
Exposition**

Karte 1 – Bioklimatisch höher belastete Siedlungsräume (Stand 2006)

Karte 2 – Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung bis 2050

Sensitivität

Karte 3 – Sensitivität A - Einwohnerdichte pro Hektar Stadtteilfläche

Karte 4 – Sensitivität B - Anteil der Senioren an Gesamtbevölkerung pro Stadtteil

Karte 5 - Sensitivität C - Dichte sensibler sozialer Einrichtungen

Karte 6 – Demografische Sensitivität

Karte 7 – Nutzungsbedingte Sensitivität

Betroffenheit

Karte 8 – Von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten

Karte 9 – Zukünftig von Hitze betroffene Bereiche mit Fokus auf demografische Sensitivitäten

Anpassungskapazität

Karte 10 – Verminderungskapazität

Karte 10a – Verminderungskapazität und Versiegelungsgrad

Karte 11 – Ausweichräume und deren fußläufige Erreichbarkeit

Vulnerabilität

Karte 12 – Vulnerabilität (Aktuell vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Ausweichräume und deren Erreichbarkeit/Ausstrahlung)

Karte 13 – Vulnerabilität 2050 (Im Jahr 2050 vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Ausweichräume und deren Erreichbarkeit/Ausstrahlung)

Karte 14 – Vulnerabilität (Aktuell vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten)

Karte 15 – Vulnerabilität 2050 (Im Jahr 2050 vulnerable Siedlungsbereiche unter Berücksichtigung der Verminderungskapazitäten)