

**HAN
NOV
ER** 



Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012 – 2016

LEBEN MIT DEM KLIMAWANDEL – HANNOVER PASST SICH AN

Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 53

LANDESHAUPTSTADT HANNOVER

Inhalt

Vorwort	4
1 Leben mit dem Klimawandel	5
1.1 Der Klimawandel in Deutschland	7
1.2 Der Klimawandel in der Region Hannover	8
1.3 Das Stadtklima und künftige Veränderungen für die Stadt Hannover	9
2 Die Anpassungsstrategie für Hannover	13
2.1 Ziele der hannoverschen Anpassungsstrategie	13
2.2 Das Entstehen der Strategie	14
2.3 Das Maßnahmenprogramm 2012 – 2016	14
3 Die Aktionsfelder und Beispiele erster Anpassungsmaßnahmen ..	15
3.1 Hochwasserschutz	15
3.1.1 Baulicher Hochwasserschutz	15
3.1.2 Vorsorgender Hochwasserschutz	16
3.1.3 Fließgewässerrenaturierung	17
3.2 Regenwassermanagement	17
3.3 Vorsorgender Boden- und Grundwasserschutz	20
3.4 Dachbegrünung	21
3.5 Klimaangepasste Vegetation	23
3.6 Klimaangepasste Stadtplanung und klimaangepasstes Bauen	25
3.6.1 Maßnahmen für Gebäude	26
3.6.2 Maßnahmen für Freiräume und Stadtstruktur	28
3.6.3 Hilligenwöhren – ein klimaangepasstes Wohnquartier	30
3.7 Fachkarte Klimaanpassung	32
3.8 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit	34
4 Forschung	35
4.1 Klimauntersuchung eines urbanen Raumes am Beispiel der Landeshauptstadt Hannover	35
4.2 Verdichtung des Grundwasser-Messnetzes	36
4.3 Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und das Überflutungsverhalten in Siedlungsgebieten	37
4.4 Vorhersagen von urbanen Sturzfluten	38
5 Literatur	39
6 Anhang	40
6.1 Umgesetzte Maßnahmen aus dem „Programm zur Minimierung der Folgen der Klimaerwärmung“	40
6.2 Verfahrenshinweis Sonnenschutz / Nachtlüftung	42
6.3 Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt	44

Vorwort



Der Klimawandel ist ein Thema, das immer häufiger in den Medien präsent ist, denn die Folgen des Klimawandels sind auch in Deutschland schon spürbar. Die Anzahl der Hitzetage pro Jahr steigt stetig an und die Starkregenereignisse 2016 in Bayern haben gezeigt, dass der Klimawandel ernst zu nehmen ist und wir gut beraten sind, uns seinen Herausforderungen zu stellen und vorsorgend zu denken und zu handeln.

Wir verfolgen in Hannover dabei zwei Handlungsstränge: Auf der einen Seite arbeiten wir seit Gründung der Klimaschutzleitstelle im Jahr 1994 gemeinsam mit vielen Akteuren daran, die für den Klimawandel verantwortlichen Treibhausgas-Emissionen zu verringern und haben uns zum Ziel gesetzt, diese bis zum Jahr 2050 um 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren.

Auf der anderen Seite hat sich Hannover schon frühzeitig mit den Folgen des Klimawandels auseinandergesetzt und bereits 2012 eine lokale Anpassungsstrategie erarbeitet. Wir haben uns darüber hinaus 2014 mit dem Beitritt in die Mayors Adapt Initiative (Initiative des Konvent der Bürgermeister zur Anpassung an den Klimawandel) verpflichtet, *zum übergeordneten Ziel der EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel beizutragen und die Klimaresilienz Europas zu stärken. Dies bedeutet den Ausbau der Vorsorge durch die Kommune und die Erhöhung unseres Reaktionsvermögens in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels durch:*

- die Entwicklung einer umfassenden (eigenständigen) lokalen Anpassungsstrategie für unsere Kommune und
- die Einbindung der Anpassung an den Klimawandel in unsere bestehenden einschlägigen Pläne.

Auch in dem Stadtentwicklungskonzept „Mein Hannover 2030“, das die Landeshauptstadt Hannover im Februar 2016 veröffentlicht hat, wird die Anpassung an den Klimawandel thematisiert. Unter dem Oberziel, eine hohe Lebens- und Freiraumqualität zu erhalten, heißt es konkret:

„Mein Hannover 2030 hat ein ausgeglichenes und gesundes Stadtklima, ist auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt, pflegt eine klimaangepasste Stadtentwicklung und fördert die Widerstandsfähigkeit (Resilienz).“

Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an!

Mit der vorliegenden Broschüre berichtet die Landeshauptstadt Hannover darüber, wie wir uns dieser Herausforderung stellen. Es werden die Anpassungsstrategie an zukünftig veränderte Klimabedingungen in der Stadt und die ersten durchgeführten Maßnahmen vorgestellt. Dabei wird deutlich, wie vielfältig die Handlungsfelder sind, in denen Anpassungen an den Klimawandel notwendig sind.

Selbst wenn die Auswirkungen des Klimawandels derzeit in Hannover noch nicht als belastend empfunden werden, die durchgeführten Maßnahmen steigern die Lebensqualität in unserer Stadt schon jetzt.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre!

Ihre

Sabine Tegtmeyer-Dette
Erste Stadträtin
Wirtschafts- und Umweltdezernentin

1 Leben mit dem Klimawandel

„Über den Klimawandel wird nicht mehr spekuliert, er ist real“. Das war das Ergebnis von Klimaforschern, die im Rahmen des UN-Klimarates zusammengearbeitet und 2007 den vierten IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)-Bericht veröffentlicht haben. 2013 ist der fünfte IPCC-Sachstandsbericht zum Klimawandel erschienen. Er bestätigt: Der gegenwärtige Klimawandel ist Fakt und beruht vorwiegend auf menschlichen Einflüssen (Quelle: Perspektive Erde).

In der Klimaforschung ist es heute Konsens, dass die steigenden Konzentrationen anthropogener, also menschengemachter Treibhausgase (CO₂, Methan u. a.), die wichtigste Ursache der globalen Erwärmung sind. Der IPCC, dessen Analysen den weltweiten Forschungsstand auf diesem Gebiet abdecken, spricht in seinem fünften Sachstandsbericht aus 2013 davon, dass dies „äußerst wahrscheinlich“ ist, was einer Wahrscheinlichkeit von 95-100 Prozent entspricht.

Der IPCC-Bericht ist der „weltweit bedeutendste Sachstandsbericht zur Klimaforschung“. Seit 2010 arbeiteten mehr als 3000 Experten aus mehr als 70 Ländern am Gesamtbericht mit, davon mehr als 100 aus Deutschland (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V. 2014). Die IPCC-Aussagen haben deshalb so großes Gewicht, weil sie in einem einzigartigen, mehrstufigen Verfahren geprüft werden und daher sehr verlässlich und ausgewogen sind. Die 195 Mitgliedstaaten des Weltklimarates verabschieden die wissenschaftlichen Hauptaussagen der IPCC-Berichte und erkennen sie damit offiziell an.

Die Hauptaussagen des 5. Sachstandsberichtes zur Klimaänderung:

Seit Beginn der regelmäßigen instrumentellen Messung der Lufttemperatur in Bodennähe im Jahr 1881 gab es bisher kein Jahr, das wärmer gewesen wäre als 2014. Doch schon das darauffolgende Jahr verwies das bisherige Rekordjahr auf den zweiten Platz. 2015 war global das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Fast alle Monate des Jahres weisen Höchstwerte der globalen Mitteltemperatur auf. Lediglich ein zweitwärmster Januar und ein drittwärmster April tanzten geringfügig aus der Reihe (Umweltbundesamt 2016).



Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, und viele dieser seit den 1950er Jahren beobachteten Veränderungen sind seit Jahrzehnten bis Jahrtausenden nie aufgetreten. Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen sind zurückgegangen, der Meeresspiegel ist angestiegen und die Konzentrationen der Treibhausgase haben zugenommen.

Der menschliche Einfluss auf das Klimasystem ist klar. Das ist offensichtlich aufgrund der ansteigenden Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, dem positiven Strahlungsantrieb, der beobachteten Erwärmung und des Verständnisses des Klimasystems.

(IPCC 2013. Klimaänderung 2013: Wissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger)

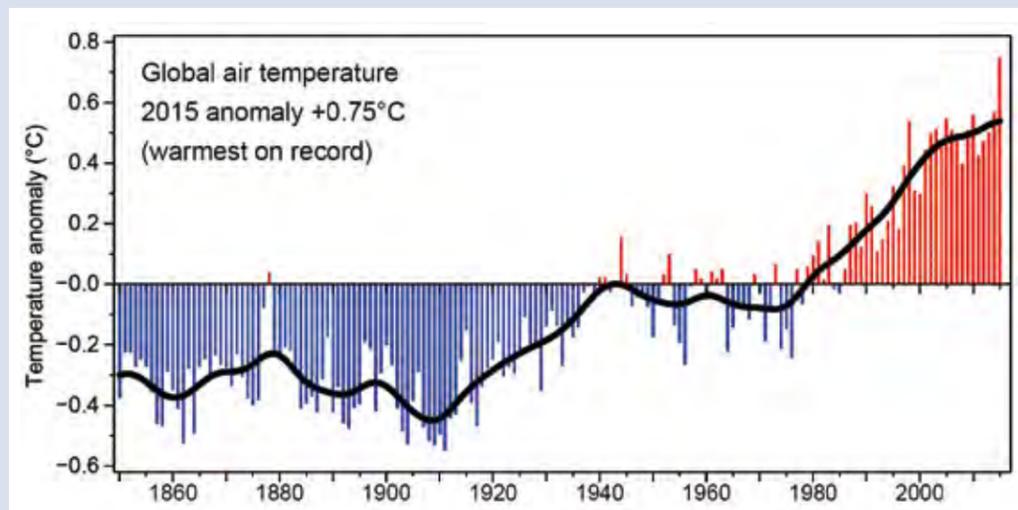


Abb. 1: Abweichungen des globalen Mittels der bodennahen Lufttemperatur vom Mittelwert im Referenzzeitraum 1961 – 1990 (rote und blaue Balken), die durchgezogene schwarze Linie stellt den nichtlinearen Trend dar (Quelle: Climate Research Unit, University of East Anglia, 2015)

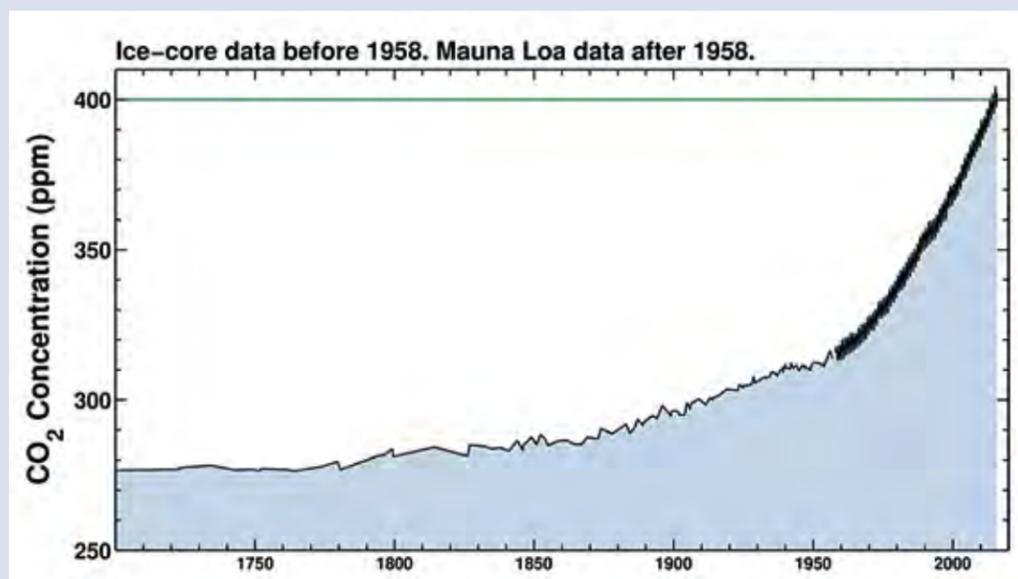


Abb. 2: Die atmosphärische CO₂-Konzentration seit dem Jahr 1700. Daten der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) aus Hawaii seit 1958, davor Berechnung anhand von Eisbohrungen. (Copyright/Quelle: Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego)

Die 16 wärmsten Jahre liegen – bis auf eine Ausnahme – in den ersten 16 Jahren des neuen Jahrtausends. Die globale Mitteltemperatur der bodennahen Luftschicht hat sich zwischen 1850 und 2012 um 0,85 °C erhöht (s. Abb. 1), 2015 betrug diese Abweichung bereits 0,9 °C. Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre ist im April 2014 an der weltweit ältesten Messstation Mauna Loa (Hawaii) auf den in der Menschheitsgeschichte höchsten Wert von 401 ppm (parts per million) gestiegen. Vor Beginn der Industrialisierung betrug der CO₂-Gehalt lediglich 280 ppm (s. Abb.2).

Die Klimaerwärmung wird – auch in Deutschland – weitreichende Folgen für die Lebensbedingungen der Menschen haben. Unter WissenschaftlerInnen und KlimaexpertInnen gelten die Folgen einer globalen Erderwärmung bis 2 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau als gerade noch beherrschbar. Eine Erwärmung darüber hinaus hätte erhebliche Schäden für Mensch und Natur und extrem hohe wirtschaftliche

Kosten zur Folge. Die Reduzierung von Treibhausgasen in allen Ländern ist daher das zentrale Ziel aller Klimaschutzmaßnahmen. Da das Klima auf äußere Einflüsse mit Verzögerungen von einigen Jahrzehnten reagiert, wird eine globale Erwärmung um 2 Grad bis Mitte oder spätestens Ende dieses Jahrhunderts trotz der bereits eingeleiteten Klimaschutzmaßnahmen voraussichtlich nicht mehr zu verhindern sein. Daher müssen neben den Maßnahmen zur Verringerung der globalen Erwärmung und ihrer Folgen (Mitigation) zugleich Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) erfolgen.

„Es geht darum, das Unbeherrschbare zu vermeiden und das Unvermeidbare zu beherrschen.“

(Prof. Hans Joachim Schellnhuber, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung und Klimaschutzbeauftragter der Bundesregierung)

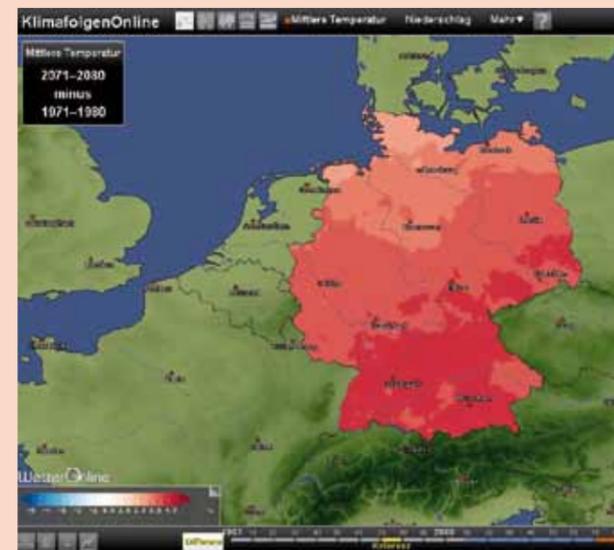


Abb. 3: Ein Vergleich der Jahresdurchschnittstemperaturen der 1970er Jahre mit denen, die für die 2070er Jahre in Deutschland erwartet werden, zeigt einen deutlichen Anstieg – im Durchschnitt eine Zunahme von 3,5 °C innerhalb von 100 Jahren. (Quelle: KlimafolgenOnline.de)

1.1 Der Klimawandel in Deutschland

Aufgrund einer immer größeren Datenfülle, verfeinerter Klimamodelle und leistungsfähigerer Computer sind inzwischen relativ verlässliche Aussagen über künftige klimatische Verhältnisse (sogar für einzelne Regionen Deutschlands) möglich. Das Umweltbundesamt fasst den Forschungsstand wie folgt zusammen: „Im Vergleich des möglichen Klimas der Jahre 2071 bis 2100 mit dem Zeitraum 1961 bis 1990 [Referenzzeitraum] zeigen die Klimamodelle, dass

- die Temperaturen in Deutschland regional und jahreszeitlich unterschiedlich im Mittelwert um etwa +3,5 Grad Celsius (Sommer: +1,5 Grad bis +5 Grad Celsius; Winter: +2 Grad bis +4,5 Grad Celsius) steigen,
- es weniger Frosttage, mehr heiße Tage und mehr Tropennächte geben wird sowie die Zahl und Dauer von Hitzewellen zunehmen werden,
- sich die sommerlichen Niederschläge um bis zu 30 Prozent verringern und gleichzeitig die Häufigkeit von Starkniederschlägen zunimmt,
- für den Gesamtniederschlag im Winter in den meisten Regionen Deutschlands eher mit einer Zunahme zu rechnen ist (circa minus vier Prozent bis plus 20 Prozent). Die stärkste Zunahme ist dabei für Norddeutschland zu erwarten. Für den äußersten Süden wird dagegen keine wesentliche Änderung, eher sogar eine leichte Abnahme, erwartet. Auch im Winter werden künftig häufiger starke Regenfälle zu verzeichnen sein.
- extreme Windgeschwindigkeiten zukünftig ebenfalls verstärkt auftreten werden.
- mit einem Rückgang der Gletscher und Schneebedeckung in den Alpen gerechnet werden muss,
- der Meeresspiegel mit im Mittel 30 Zentimeter deutlich höher liegen könnte.“ (UBA 2013)

Im Dezember 2008 hat die Bundesregierung die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Zur Weiterentwicklung der Strategie hat die Bundesregierung in 2011 einen mit den Bundesländern und den kommunalen Spitzenverbänden abgestimmten „Aktionsplan Anpassung“ vorgelegt. Der nationale Strategieprozess zur Anpassung soll dazu beitragen, die Voraussetzungen für die Identifizierung von Anpassungsbedarfen und die Entwicklung von Anpassungskonzepten und -maßnahmen auf der lokalen Ebene zu schaffen bzw. zu verbessern. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit steht seit 2009 im Dialog mit den Kommunen. Im Juli 2011 hat der Bundestag das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden und entsprechende Änderungen im Baugesetzbuch beschlossen (Bundesregierung 2011). Damit wurde das Ziel, den Klimaschutz und die Klimaanpassung durch die Bauleitplanung zu fördern, in die Grundsätze des § 1 des Baugesetzbuches aufgenommen. Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden (§ 1 a (5) BauGB). Über die Instrumente der Bauleitplanung besteht sowohl im Rahmen der vorbereitenden Planung (Flächennutzungsplan) als auch durch die verbindliche Planung (Bebauungsplan) die Möglichkeit, die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung über die zur Verfügung stehenden Darstellungen und Festsetzungen zu berücksichtigen, zum Beispiel durch Schaffung und/oder Erhaltung von Freiräumen bzw. Grün- oder Frischluftzonen, Bepflanzungen, Umfang und Anordnung von Bebauung einschließlich der Begrenzung/dem Ausschluss von bestimmten Nutzungen, Regelungen zur Ableitung, Begrenzung bzw. Versickerung von Niederschlagswasser etc.. Die Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung sind damit Teil der Abwägung öffentlicher und privater Belange, die bei Aufstellung der Bauleitpläne durchzuführen ist.

1.2 Der Klimawandel in der Region Hannover

An der Klimastation Hannover-Langenhagen des Deutschen Wetterdienstes liegen langjährige Messreihen seit 1936 vor. Aufgrund der langen Datenreihe können Trends zur Klimaentwicklung abgeleitet werden. So zeigen die Daten, dass Klimaänderungen in der Region Hannover bereits stattgefunden haben. Sowohl die Anzahl der Sommertage (Temperaturmaximum ≥ 25 °C) als auch die Anzahl der Hitzetage (Temperaturmaximum ≥ 30 °C) zeigen seit 1950 einen Trend zur Zunahme. Tropennächte (Temperaturminimum ≥ 20 °C) treten erst seit 1986 in einzelnen Jahren auf, scheinen seit 2007 aber häufiger zu werden.

Der Vergleich unterschiedlicher Zeitabschnitte der Temperaturdatenreihe 1950 bis 2013 zeigt, dass die Mitteltemperatur generell angestiegen ist. Beträgt die Temperatur im Zeitraum 1951 bis 1970 im Mittel 8,6 °C, so liegt sie im Zeitraum 1981 bis 2010 bei 9,6 °C, eine Erhöhung um 1 Grad Celsius. Der Klimawandel hat also bereits begonnen und er wird sich weiter fortsetzen.

Mit Hilfe von Modellen lassen sich Szenarien für zukünftige Klimaentwicklungen erstellen. Ausgehend vom internationalen Modell (ECHAM) und einer mittleren globalen Erwärmung von 2 Grad können künftige Veränderungen des Klimas infolge der globalen Erwärmung mit den nationalen Klimafolgen-Rechenmodellen (CLM, REMO) auf die Region Hannover übertragen werden. Danach ist für die Region Hannover von rund 3 Grad mittlerer Temperaturerhöhung bis zum Ende dieses Jahrhunderts auszugehen (Meteoterra/GEO-NET 2015).

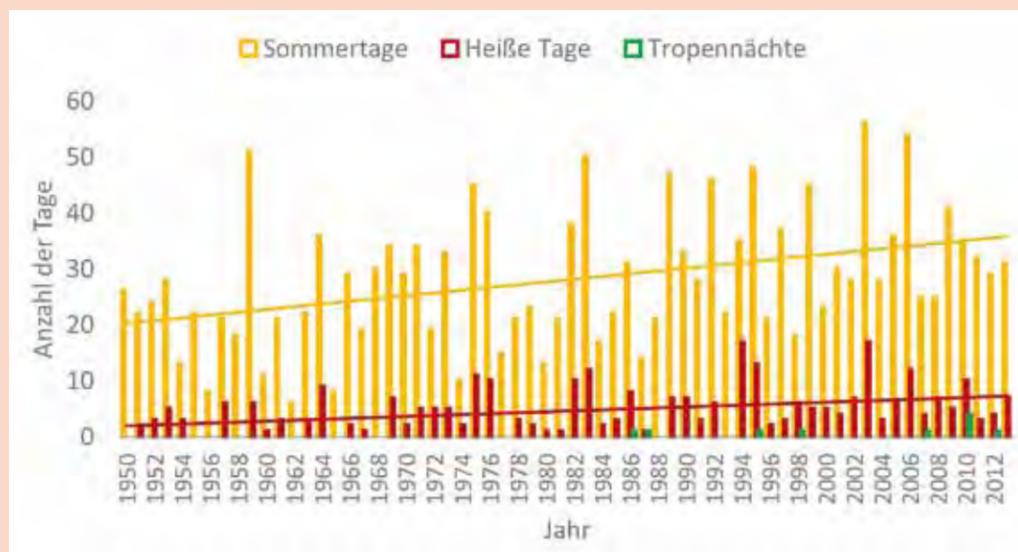


Abb. 4: Anzahl von Sommertagen (gelb), Hitzetagen (rot) und Tropennächten (grün) in Hannover-Langenhagen in den Jahren 1950 bis 2013
(Quelle: Meteoterra/GEO-NET, 2015)

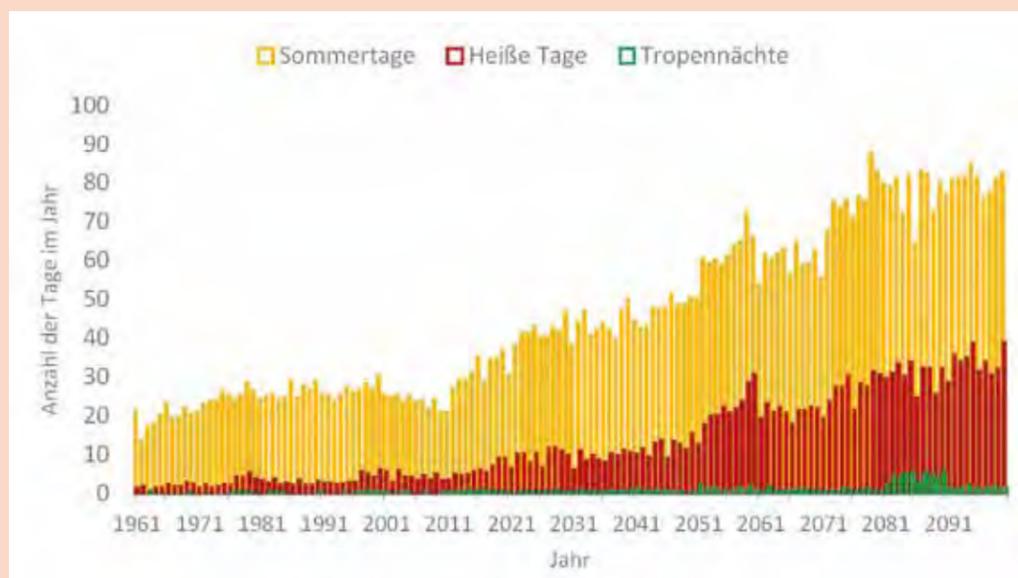


Abb. 5: Modellerte Anzahl von Sommertagen (gelb), Hitzetagen (rot) und Tropennächten (grün) für Hannover-Langenhagen im Zeitraum 1961 – 2100 (Datenbasis: WETTREG 2010, Szenario A1B, Mittel über zehn Modellläufe)
(Quelle: Meteoterra/GEO-NET, 2015)



Abb. 6: Blick von der Auestraße zum Schwarzen Bären in Hannovers Stadtteil Linden. Ein hoch versiegelter Stadtraum, dessen Klima deutlich von dem des grünen Umlandes abweicht.
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Der bereits in den Daten des Deutschen Wetterdienstes festgestellte Trend hinsichtlich der Sommertage und Hitzetage wird sich verstärkt fortsetzen. Sie werden – ebenso wie Tropennächte – immer häufiger. Hitzesommer wie 2003 (56 Sommer- und 17 Hitzetage) werden ab 2050 mit großer Wahrscheinlichkeit den Normalfall darstellen.

Auch wird sich die jährliche Niederschlagsverteilung verändern. So wird zum Beispiel die Auftrittshäufigkeit von trockenen (niederschlagsfreien) Tagen und mit ihr die Dauer von Trockenperioden im Laufe des 21. Jahrhunderts beständig zunehmen. Ebenfalls wird die Anzahl von Tagen mit geringem bis mäßigem Niederschlag abnehmen.

1.3 Das Stadtklima und Klimaprognosen für Hannover

In dicht bebauten Siedlungsgebieten wird der Klimawandel überlagert von den Effekten des Stadtklimas. Je nach Versiegelungsgrad und Größe der verdichteten Bebauung ist das Klima in den Städten im Vergleich zum Umland u. a. geprägt durch höhere Temperaturen („Wärmeinsel“), geringere relative Luftfeuchte, geringere mittlere Windgeschwindigkeiten, aber auch höhere Böigkeit des Windes. Die Stadtklimaeffekte mit Auswirkung auf die Gesundheit des Menschen werden durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden. So bedeutet die mittlere globale Erwärmung um 0,85 Grad Celsius zwischen 1850 und 2012 beispielsweise für die „Megacity“ Tokio eine Erwärmung um 3 Grad Celsius.

„Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich der Abwärme und Emission von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima.“
(Definition der Kommission Reinhaltung der Luft (KRaL) im VDI und DIN, 1988)

Der Klimawandel wird in innerstädtischen Verdichtungsräumen zu einer Erhöhung von Wärmebelastung und Hitzestress für die Bevölkerung führen. Nach der von der Landeshauptstadt in 2010 beauftragten Modellierung von meteorologischen Kenngrößen zum Klimawandel für das Stadtgebiet von Hannover ist bis zum Ende dieses Jahrhunderts mit einem erheblichen Anstieg der Zahl der heißen Tage mit einer Höchsttemperatur von mehr als 30 Grad und der Tropennächte mit Lufttemperaturen nicht unter 20 Grad zu rechnen. In der dicht bebauten und stark versiegelten Innenstadt wird sich die durchschnittliche Zahl der Hitzetage von 9,6 (Zeitraum 2001-2010) auf 21,9 im Zeitraum 2090 bis 2099 mehr als verdoppeln. Die durchschnittliche Anzahl der Tropennächte wird sich von 1,4 auf 9,8 Nächte deutlich steigern. Besonders in Stadtteilen mit Block- und Blockrandbebauung wird die Anzahl der Hitzetage und Tropennächte deutlich zunehmen. Beispielsweise wurde für den Stadtteil Vahrenwald eine Steigerung der Hitzetage von durchschnittlich 8,7 auf 19,1 und der Tropennächte von durchschnittlich 1,2 auf 9,2 für die o. g. Zeiträume berechnet (s. Abb. 5). Die Klimaprojektionen zeigen zudem, dass die Hitzeperioden länger andauern werden und ihr Beginn in das Frühjahr verschoben wird, in eine Jahreszeit, in der der menschliche Organismus noch nicht an die Hitze angepasst ist und deshalb sensibler auf Hitzebelastungen reagiert.



Abb. 7: Warme Sommertage genießen viele Menschen gern im Freien, z. B. im Straßencafé (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

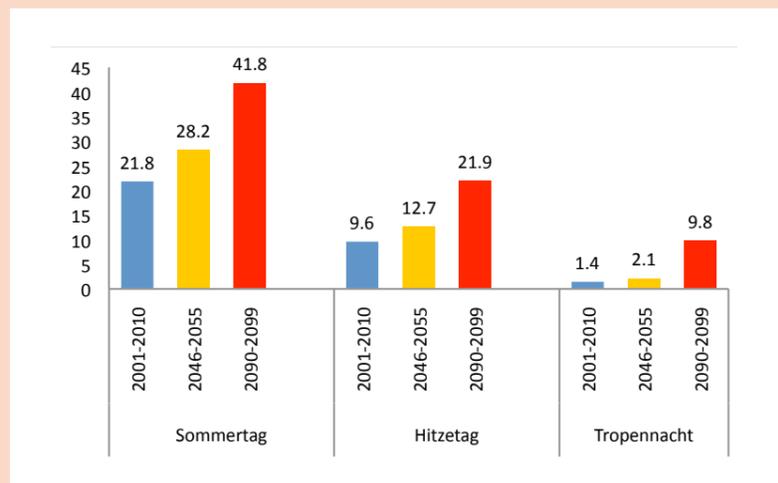


Abb. 8: Mittlere jährliche Häufigkeit klimatologischer Ereignisse in der Innenstadt von Hannover für die Zeithorizonte 2001 bis 2010, 2046 bis 2055 und 2090 bis 2099 (Datenquelle: GEO-NET 2011)

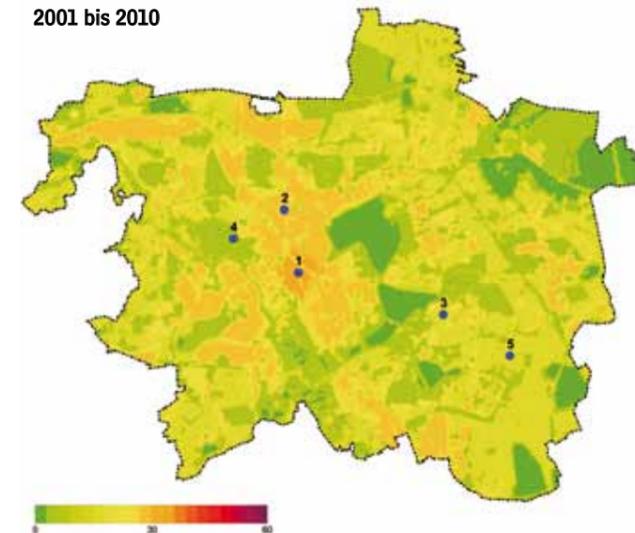
Betroffene des Hitzestresses werden vor allem ältere und geschwächte Menschen (aber auch Kleinkinder) sein. Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels und dem zu beobachtenden Trend, dass ältere Menschen aus dem Umland wieder in die Stadt ziehen (kürzere Wege, hohes Dienstleistungsangebot), wird die Zahl der betroffenen (hitzesensiblen) Menschen noch zunehmen. Folgen des Hitzestresses (insbesondere durch Tropennächte, da die nächtliche Erholungsphase nach einem Hitzetag fehlt) können gesundheitliche Beeinträchtigungen (z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen) sein, die unter Umständen auch zum Tode führen können. Während des Hitzesommers 2003 sind in Europa 55.000 zusätzliche Todesfälle verzeichnet worden, davon 7.000 in Deutschland. Nach einer Studie des Deutschen Wetterdienstes (2015) wird bis

zum Ende des Jahrhunderts mit einer Erhöhung der Todesrate aufgrund gefäßbedingter Herzkrankheiten um den Faktor 3 bis 5 gerechnet (DWD 2015).

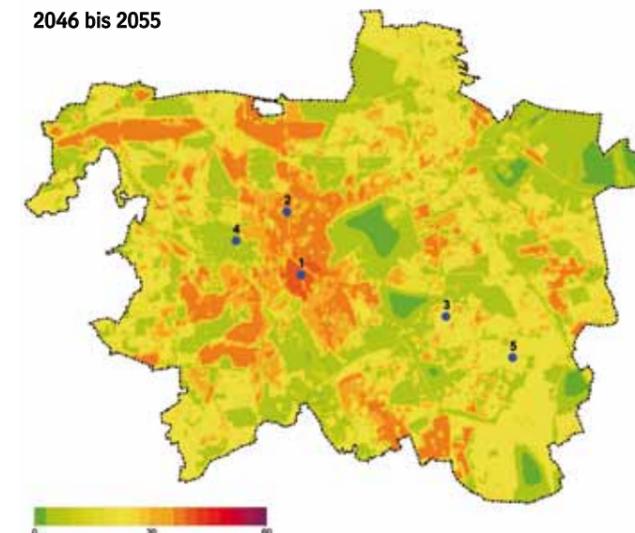
Neben einer erhöhten Gesundheitsgefährdung bewirken längere Hitzeperioden eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens (Lebensqualität) und der Leistungsfähigkeit der Stadtbevölkerung, wodurch die Produktivität und somit auch die städtische Wirtschaft beeinträchtigt werden können.

Mit der Klimaerwärmung kann auch einhergehen, dass Infektionskrankheiten zunehmen, die heute nur in heißeren Klimaten vorkommen bzw. über in diesen heißeren Klimaten sich wohlfühlende Wirtstiere verbreitet werden (z. B. Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und Lyme-Borreliose durch Zecken).

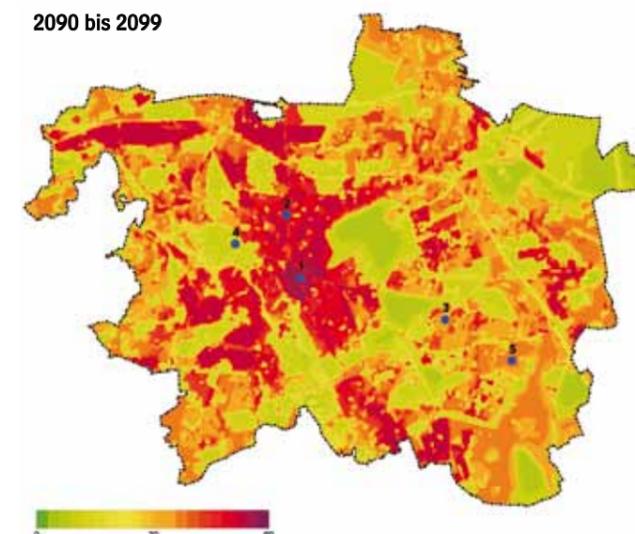
2001 bis 2010



2046 bis 2055



2090 bis 2099



- Referenzpunkte:
- 1) Innenstadt – Zentrumsbebauung
 - 2) Nordstadt – Block- und Blockrandbebauung
 - 3) Kirchrode – lockere Einzel- und Reihenhausbebauung
 - 4) Georgengarten – Parkfläche mit Bäumen und Gehölz
 - 5) Kronsberg – landwirtschaftlich genutzte Freifläche

Die Referenzpunkte stehen für unterschiedliche Baudichten bzw. Freiräume innerhalb der Stadt. Die Art der Baustruktur (Dichte, Bauvolumen) und der Anteil städtischer Grünflächen haben einen großen Einfluss auf die Höhe der Wärmebelastung im jeweiligen Stadtteil.

Abb. 9: Sommerliche Wärmebelastung unter dem Einfluss des Klimawandels in der Landeshauptstadt Hannover – Durchschnittliche Anzahl der Tage mit starker Wärmebelastung (Quelle: GEO-NET 2011)



Abb. 10: 1. Juni 2016: In Hannovers Innenstadt flüchten Passanten vor Starkregen und Gewitter. (Bildrechte: dpa)



Abb. 11: Sturzfluten machen das Autofahren an diesem Tag zu einem besonderen Erlebnis. (Bildrechte: dpa)

Eine weitere Folge des Klimawandels wird die Verschiebung der jährlichen Niederschlagsverteilung sein. Im Sommer werden die Niederschlagsmengen abnehmen, länger anhaltende Trockenphasen mit negativen Auswirkungen für die Stadtwälder, Grünflächen und die Gewässer werden häufiger auftreten. Durch Austrocknung des Oberbodens und höhere Erosionsgefahr sind auch vermehrt Probleme durch Staub möglich. Im Winter werden höhere Niederschläge erwartet, was die Gefahr von Hochwasserereignissen steigen lässt. Außerdem wird erwartet, dass die Häufigkeit und Intensität lokaler Starkregenereignisse deutlich zunehmen wird (IPCC 2014). Für eine dicht bebaute und versiegelte Stadfläche bedeutet das eine erhöhte Vulnerabilität (Verwundbarkeit) gegenüber diesen Klimaänderungen, z. B. durch Sturzfluten und Überflutungen mit entsprechender Gefahr für die Gebäude und die dazugehörige Infrastruktur wie Straßen und Kanalisation. Durch die Veränderung des Niederschlagsgeschehens können auch Hochwassersituationen in den Fließgewässern verschärft werden. Wenn während längerer Trockenphasen mit entsprechend niedriger Wasserführung in den Fließgewässern Starkregenereignisse auftreten, kann durch Mischwasserentlastungen¹ die Wasserqualität beeinträchtigt werden.

Des Weiteren sind stärkere Schwankungen des Grundwasserspiegels aufgrund der Verschiebung der jährlichen Niederschlagsverteilung zu erwarten. Auch werden die Sturmstärken zunehmen und – besonders in der Stadt mit Häufung von wertvollen Immobilien – entsprechende volkswirtschaftliche Schäden verursachen.



¹ In einer Mischwasserkanalisation wird häusliches, gewerbliches und industrielles Abwasser gemeinsam mit dem Niederschlagswasser zur Kläranlage geleitet. Bei extremen Niederschlagsereignissen, für die die Kanalisation und das Klärwerk nicht bemessen wurden, reicht die Größe dieses Kanalnetzes und die Leistung des Klärwerkes nicht aus, um das gesamte Mischwasser zur Behandlung zuzuführen. Deshalb wird ein Teil des mit Niederschlagswasser stark verdünnten Abwassers über eine Mischwasserentlastungsanlage in ein Fließgewässer geleitet (Mischwasserentlastung).

2 Die Anpassungsstrategie für Hannover

„Die Zukunftsfähigkeit unserer Städte hängt wesentlich von ihrer vorausschauenden Anpassung an den Klimawandel ab.“
(Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2010)

Obwohl die Klimasimulationen die schwerwiegendsten Veränderungen erst für die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts vorhersagen, müssen schon heute die Weichen zu einer klimaangepassten, nachhaltigen Entwicklung Hannovers gestellt werden. Denn die Folgen des Klimawandels sind bereits spürbar, z. B. anhand von Schäden durch Starkregenereignisse und sommerliche Trockenperioden, die Gegenmaßnahmen erfordern.

Die Anpassungsstrategie bezieht sich im Wesentlichen auf die künftigen Probleme durch

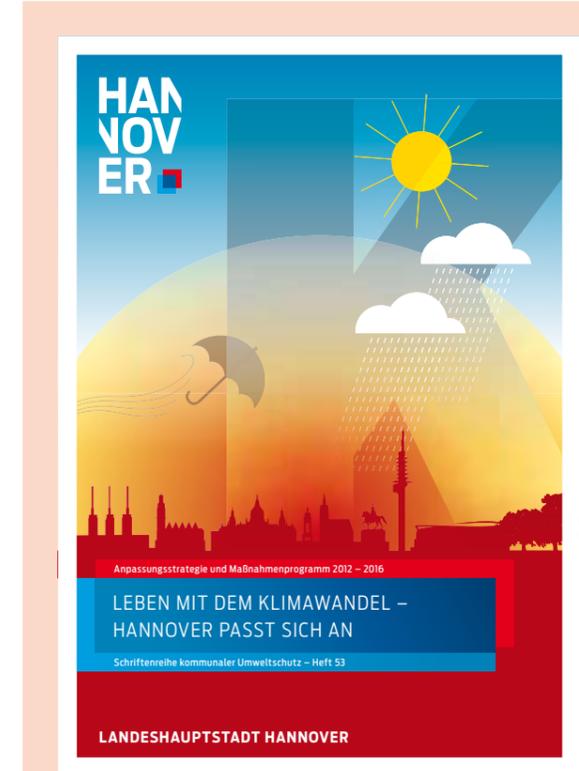
- Überwärmung der Stadt (Hitzewellen, Tropennächte),
- verändertes Niederschlagsverhalten (Starkniederschläge, Hochwassergefährdung),
- sommerliche Trockenperioden.

Die von der Stadtverwaltung erarbeitete Anpassungsstrategie setzt den Schwerpunkt auf acht Aktionen, die aus ihrer Sicht für die Stadt Hannover besonders wichtig sind. Sie sind eng an das „Positionspapier zur Anpassung an den Klimawandel“ der Fachkommission Umwelt des Deutschen Städtetages angelehnt, dass im Juni 2012 veröffentlicht wurde.

Bei der Auswahl von Maßnahmen sind die Vernetzungen und Wechselwirkungen der (Teil-) Systeme in der Stadt zu betrachten und mehrere positive Effekte zu koppeln. Ein besonders gutes Beispiel ist die Maßnahme „Dachbegrünung“, die zahlreiche positive Effekte vereint: Sie mindert die Aufheizung des Gebäudes, dient dem Rückhalt von Niederschlagswasser, der Befeuchtung und Kühlung der Umgebungsluft und ist Lebensraum für Insekten und andere Tiere. Zudem verringert das begrünte Dach die Wärmeverluste des Gebäudes und damit den Heizbedarf und die CO₂-Emissionen (ist damit nicht nur eine Maßnahme der Anpassung, sondern auch des Klimaschutzes) und erhöht die Lebensdauer des Daches.

2.1 Ziele der hannoverschen Anpassungsstrategie

Mit der Anpassungsstrategie sollen den Entscheidungsträgern die möglichen Folgen und Chancen des Klimawandels sowie geeignete Anpassungsoptionen bekannt gemacht werden, damit Anpassung in politischen und wirtschaftlichen Planungs- und Entscheidungsprozessen künftig verstärkt berücksichtigt werden kann. Insbesondere dort, wo es um mittel- bis langfristige Strukturentscheidungen (z. B. Raumnutzung) und Investitionsentscheidungen (z.B. Infrastruktur, Forstwirtschaft) geht, müssen die Folgen des Klimawandels



frühzeitig einkalkuliert werden. Die Anpassungsstrategie soll dazu beitragen, dass rechtzeitig Maßnahmen zur Minimierung der negativen Folgen des Klimawandels in der Stadt getroffen werden. Dabei stellt die Machbarkeit und Finanzierbarkeit der Maßnahmen eine wichtige Voraussetzung für ihre Umsetzung dar. Je später eingegriffen wird, desto aufwändiger und teurer wird die Maßnahme bzw. die Schadensbeseitigung sein.

Die Anpassungsstrategie verfolgt nicht die Erstellung eines vollständigen Anpassungsplanes, sondern gibt Handlungshinweise und nennt wichtige Bausteine zur Anpassung. Da die Veränderungen durch den Klimawandel nicht konkret vorhersagbar sind, muss die Anpassungsstrategie flexibel auf Veränderungen und neue Erkenntnisse reagieren können. Anpassungsmaßnahmen haben in der Regel eine Vielzahl von positiven Aspekten. Unabhängig von den zu erwartenden Klimaänderungen führen sie zur Schaffung von gesunden und angenehmen Lebensbedingungen und damit zu einer Steigerung der Lebensqualität in der Stadt Hannover.

„Ideales Stadtklima“ ist ein räumlich und zeitlich variabler Zustand der Atmosphäre in urbanen Bereichen, bei dem sich möglichst keine anthropogen erzeugten Schadstoffe in der Luft befinden und den Stadtbewohnern in Gegend eine möglichst große Vielfalt der urbanen Mikroklimata unter Vermeidung von Extremen geboten wird.
(Fachausschuss Biometeorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft)

2.2 Das Entstehen der Strategie

Seit dem Frühjahr 2009 beschäftigt sich der Bereich Umweltschutz der Stadt Hannover intensiv mit dem Thema „Klimawandel und Anpassung“. Anlass war u. a. der Beschluss der Deutschen Anpassungsstrategie durch die Bundesregierung im Dezember 2008. Zunächst wurde im November 2009 ein Thesenpapier „Anpassungsstrategien zum Klimawandel“ fertiggestellt. Es beschäftigt sich mit den möglichen Veränderungen in Hannover durch den Klimawandel, nennt Anpassungsmaßnahmen, die bereits Bestandteil des Verwaltungshandelns sind, und weitere Maßnahmen, die noch für notwendig erachtet werden. Als erste Schritte zu einer Anpassungsstrategie wurden vorge-

1. Erstellung eines Fachplans „Klima“ als Grundlage für andere Planungen
2. Durchführung eines Workshops zum Klimawandel und Anpassungsstrategien für Stadt- und GrünplanerInnen und andere Beteiligte
3. Auflegen von städtischen Förderprogrammen, z. B. für Dach- und Fassadenbegrünung
4. Bildung eines Netzwerkes von städtischen und externen Akteuren

Die fachbereichsübergreifende Erarbeitung der Anpassungsstrategie für Hannover begann im Frühjahr 2010 mit einem Einführungsseminar, an dem PlanerInnen der Stadtplanung, Grünflächenplanung und Stadtentwässerung sowie weiter interessierte MitarbeiterInnen der Stadtverwaltung teilnahmen. Bei dieser Fortbildung wurden Informationen über zu erwartende Klimaänderungen in Region und Stadt Hannover sowie

mögliche Anpassungsmaßnahmen zur Minderung der zu erwartenden Belastungen (z. B. Hitzewellen, Hochwasser) vermittelt. Im Anschluss an diesen Workshop wurden drei Arbeitsgruppen zu drei Aspekten des Klimawandels gebildet:

- Hitzewellen, Tropennächte – Auswirkung auf die menschliche Gesundheit
- Änderung der Niederschlagsverteilung, Zunahme von Starkniederschlägen – Folgen für die Stadtentwässerung, Umgang mit erhöhter Hochwassergefahr
- Zunahme sommerlicher Trockenperioden – Auswirkung auf land- und forstwirtschaftliche Flächen sowie Naturschutz (insbesondere Gewässerschutz)

Einen Überblick über die beteiligten Fachressorts der Arbeitsgruppen gibt nachfolgende Tabelle. Da das „Klima“ an der Stadtgrenze nicht endet, sind auch Fachstellen der Region Hannover eingebunden worden. (Die Abkürzung FB bedeutet Fachbereich, die Ziffern benennen die Organisationseinheiten.)

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen waren zentraler Bestandteil bei der Erarbeitung der Anpassungsstrategie für die Stadt Hannover. Mit der Bildung der Arbeitsgruppen entstand zugleich ein Netzwerk von städtischen und externen Akteuren, das im weiteren Verlauf der Entwicklung der Anpassungsstrategie noch erweitert wurde und sicherlich auch zukünftig noch erweitert werden wird.

Die „Anpassungsstrategie zum Klimawandel für die Landeshauptstadt Hannover“ wurde im April 2012 mit der Informationsdrucksache 0933/2012 der Öffentlichkeit bekannt gemacht.

2.3 Das Maßnahmenprogramm 2012 bis 2016

Im Januar 2012 wurde die Stadtverwaltung vom Rat der Landeshauptstadt Hannover beauftragt, ein auf fünf Jahre anzulegendes „Programm zur Minimierung der Folgen der Klimaerwärmung“ zu erarbeiten und umzusetzen mit dem Ziel, die Lebensqualität in der Stadt trotz der Klimaveränderung zu erhalten oder sogar zu verbessern. Zur Umsetzung erster Maßnahmen wurde das Programm für den Zeitraum 2012 bis 2016 mit insgesamt 1.050.000 Euro ausgestattet. Das daraufhin erarbeitete Maßnahmenprogramm wurde im Juli 2012 als Informationsdrucksache 1554/2012 dem Rat und der Öffentlichkeit vorgestellt.

Landeshauptstadt Hannover	
FB Büro Oberbürgermeister	15.2 Grundsatzangelegenheiten
FB Gebäudemanagement	19.02 Zentrale Ingenieuraufgaben
FB Planen und Stadtentwicklung	61.1 Stadtplanung
	61.4 Stadterneuerung und Wohnen
FB Tiefbau	66.3 Straßenerhaltung, Wasser- und Brückenbau
FB Umwelt und Stadtgrün	67.1 Umweltschutz
	67.2 Planung und Bau
	67.3 Öffentliche Grünflächen
	67.7 Forsten, Landschaftsräume und Naturschutz
Stadtentwässerung Hannover	68.1 Planung und Bau
Region Hannover	
FB Umwelt	36.02 Klimaschutz und Umweltmanagement
	36.09 Gewässerschutz (zentrale Aufgaben)
FB Gesundheit	53.06 Allg. Infektionsschutz und Umweltmedizin
FB Planung und Raumordnung	61.01 Regionalplanung

3 Die Aktionsfelder und Beispiele erster Anpassungsmaßnahmen



Abb. 12: Gründach in der Innenstadt von Hannover (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Die Anpassungsstrategie unterteilt sich in acht Aktionsfelder, die im Rahmen der Arbeitsgruppenphase (s. Pkt. 2.2) als besonders bedeutend definiert wurden:

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

Im Folgenden werden diese Aktionsfelder genauer vorgestellt, wobei zunächst jeweils auf die grundsätzliche Bedeutung eingegangen und im Anschluss der Umsetzungsstand konkreter Maßnahmen erläutert wird. Einige Maßnahmen sind bereits umgesetzt worden, andere befinden sich in der Umsetzung oder ihre Umsetzung steht kurzfristig bevor (Planung abgeschlossen). Teilweise war es erforderlich, einzelne Maßnahmen durch Förderprogramme zu unterstützen (z. B. durch das Dach- und Fassadenbegrünungsprogramm). Daneben gibt es weitere Maßnahmen, deren Umsetzung als

notwendig erachtet und für die Zukunft geplant wird. Nicht alle Anpassungsmaßnahmen sind im Rahmen des Maßnahmenprogramms 2012 – 2016 finanziert und durchgeführt worden, sondern wurden im Rahmen anderer Maßnahmen (z. B. Hochwasserschutz, Straßensanierung) finanziert.

3.1 Hochwasserschutz

3.1.1 Baulicher Hochwasserschutz

Hochwasserereignisse – gemeint sind damit Überflutungen durch Flusshochwasser (Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen werden im Aktionsfeld 2: Regenwassermanagement behandelt) – treten in den letzten Jahren immer häufiger auf. Grund dafür können die klimatischen Veränderungen sein. Die Wahrscheinlichkeit ist groß, dass Extremwetterlagen, die beispielsweise zu einem hundertjährigen Regenereignis führen, zukünftig häufiger auftreten als bisher. In der Stadt Hannover gibt es Hochwasserschutzanlagen wie Deiche, allerdings würden große Siedlungsflächen wie die Calenberger Neustadt und weite Teile Ricklingens bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis trotzdem überflutet werden. Die Stadt



Abb. 13: Mit dem Neubau der Benno-Ohnesorg-Brücke ist der Abflussquerschnitt um 21 Meter vergrößert worden. (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

hat daher im Jahr 2006 beschlossen, große Teile des Stadtgebietes vor einem hundertjährigen Hochwasserereignis zu schützen (LHH 2006). Dazu wurde das Maßnahmenprogramm Hochwasserschutz in Hannover mit einem Investitionsvolumen von etwa 30 Millionen Euro aufgestellt, das die Aufweitung des Abflussquerschnitts an der Ihme in der Calenberger Neustadt zwischen Legionsbrücke und Leinertbrücke sowie die Verlängerung der Deichanlagen in Ricklingen zum Inhalt hat. Teilmaßnahmen wie der Neubau der Benno-Ohnesorg-Brücke und die Neugestaltung des Ihmeufers (incl. Sanierung des ehemaligen Gaswerkstandortes an der Glocksee) zum neuen Ihmepark sind in 2012 abgeschlossen worden. Die Umsetzung der weiteren Maßnahmen (die Verlängerung des vorhandenen Deiches in Ricklingen sowie kleinere Verbesserungen an der Leine im Bereich der Königsworther Straße und in Linden-Nord) hat in 2012 begonnen und wird Ende 2016 abgeschlossen werden.

Die Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen bedeutet eine deutliche Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes und damit verbunden eine Erhöhung des Schutzniveaus für die Stadt Hannover.



Abb. 14: Der neue Deichkörper mit Deichverteidigungsweg im Stadtteil Ricklingen im Februar 2015. (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

3.1.2 Vorbeugender Hochwasserschutz

Der bauliche Hochwasserschutz stellt jedoch nur eine Komponente des Hochwasserschutzes dar, die Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung der Bevölkerung hinsichtlich vorbeugenden Hochwasserschutzes ist ebenso wichtig.

2015 ist bei der Landeshauptstadt Hannover eine zentrale Hochwasserschutzkoordinationsstelle zur Auswertung vergangener Hochwasserereignisse, zur Analyse von Schwachstellen, zur Optimierung des hannoverschen Hochwasserschutzsystems und zur Bevölkerungsinformation geschaffen worden. Durch diese bei der Stadtentwässerung angesiedelte Stelle werden die Planungen und Umsetzungen des Hochwasserschutzes für Hannover im fachübergreifenden Dialog koordiniert. Ziel ist es, mit allen Beteiligten den hannoverschen Hochwasserschutz an sich ändernde Rahmenbedingungen anzupassen und strategisch weiterzuentwickeln.

BürgerInnen, die in überschwemmungsgefährdeten Gebieten wohnen, müssen sich dieser Tatsache bewusst sein, damit sie eigenverantwortlich Vorsorgemaßnahmen treffen können, z. B. durch die Sicherung von Kellerräumen vor Überflutung und hochwassersichere Lagerung von Wertgegenständen. Zum vorbeugenden Hochwasserschutz gehört auch eine entsprechende Architektur (bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen). Umfangreiche Informationen dazu hat die Stadtentwässerung auf ihrer Internetseite (www.stadtentwaesserung-hannover.de) bereitgestellt.

Der Katastrophenschutz beinhaltet Hochwassermanagementpläne ebenso wie optimierte Frühwarnsysteme, automatisierte Pegelabfragen und Notfallübungen.



Abb. 15: Das naturnah gestaltete Gewässerbett des Robbruchgrabens oberhalb der Hollerithallee im Stadtteil Marienwerder (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

3.1.3 Fließgewässerrenaturierung

Durch Eingriffe des Menschen in das Einzugsgebiet der Gewässer oder in die Gewässer selbst sind die ursprünglich strukturreichen Fließgewässer stark verändert worden. Mit der Begradigung der Gewässer und der Nutzung der Auen gingen vor allem Überschwemmungsflächen verloren. Bei Hochwasserereignissen führt der Verlust dieser natürlichen Retentionsräume zu höheren Hochwasserspitzenabflüssen. Die Begradigung der Fließgewässer beschleunigt die Abflüsse und führt in den Unterläufen der Gewässer (und insbesondere in der Leine) zur Erhöhung des Hochwasserpegels. Zu den weiteren negativen Auswirkungen der menschlichen Eingriffe gehören der Verlust von Tier- und Pflanzenarten, die Verschlechterung der Wassergüte und die Veränderung der Grundwasserneubildung.

Seit 1996 besteht ein Ratsbeschluss, die hannoverschen Fließgewässer wieder naturnäher und strukturreicher zu gestalten. Das dafür entwickelte „Programm naturnahe Gewässergestaltung“ wird federführend durch die Stadtentwässerung umgesetzt. In das Programm wurden insgesamt 37 Fließgewässer aufgenommen. An der Mehrzahl der Gewässer wurden bereits Maßnahmen durchgeführt.

Zu den Umgestaltungsmaßnahmen gehören unter anderem die Anlage von Hochwasserprofilen mit abwechslungsreich gestalteten Böschungsneigungen und Bermen (horizontaler Absatz innerhalb einer Böschung) in Mittelwasserhöhe, die Schaffung von Ersatzauen durch die Anlage strukturreicher Gewässerrandstreifen und die Aufweitung der Abflussprofile sowie die Aktivierung von Überschwemmungsflächen durch den Abtrag von Deichen in der Leineau, wie z. B. im Bereich Stöcken erfolgt. Eine Aufweitung der Gewässerprofile wurde beispielsweise bei der Renaturierung der Fösse, des Hirtenbaches, des Laher Grabens und der Wietze umgesetzt. Diese Maßnahmen haben u. a. das Ziel, den Abfluss in den Fließgewässern zu verzögern und Hochwasserereignisse zu mildern.

3.2 Regenwassermanagement und Umgang mit Starkregenereignissen

„Der Tiefausläufer eines Tiefs über der Nordsee überquert Deutschland ostwärts und führt feuchte und zunächst noch milde Meeresluft heran. Dabei kommt es zu teils schauerartigem oder gewittrigem Regen. Besonders in der zweiten Tageshälfte können Schauer und GEWITTER auftreten die auch heftig sind, so dass lokal unwetterartiger STARKREGEN, HAGEL und STURMBÖEN nicht ausgeschlossen werden können. Auch in der Nacht zum Samstag bleibt das Wetter unbeständig mit Schauern und Gewittern, besonders im Süden und in der Mitte.“

(Wettervorhersage für Hannover vom 5.8.2011, DWD)

Auf unversiegelten, mit Vegetation bewachsenen Flächen kann ein großer Teil des Niederschlagswassers (zwischen)gespeichert werden. Ein Teil des Wassers versickert, ein Teil wird in der Vegetation zurückgehalten und verdunstet (Evaporation) oder wird nach Aufnahme durch die Pflanzen über die Blattoberflächen an die Atmosphäre abgegeben (Transpiration). Nur ein relativ kleiner Anteil des Niederschlagswassers fließt zeitverzögert oberflächlich ab.

Auf versiegelten Flächen, z. B. Straßen und Dächern, verdunstet nur ein sehr geringer Teil des Regenwassers, eine Versickerung findet nicht statt. Daher wird der größte Teil des Regenwassers ohne Zeitverzögerung oberflächlich abgeleitet.

Im Normalfall gelangt dieser Oberflächenabfluss durch die Kanalisation zur Kläranlage (Mischwasserkanalisation) oder in die Fließgewässer (Trennkanalisation bzw. Abschlag aus der Mischwasserkanalisation). Bei außergewöhnlich starken Niederschlägen, sogenannten Starkregenereignissen, für die das Kanalnetz aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht ausgelegt sein kann, können die Wassermengen jedoch nicht vollständig von der Kanalisation aufgenommen werden. Als Folge kann es zu Überstauungen des Kanalnetzes kommen.

Zusätzlich kann sich die Oberflächenabflusssituation dadurch verschärfen, dass sich Straßeneinläufe durch Treibgut (z. B. Laub) zusetzen bzw. dass das Fassungsvermögen des Straßeneinlaufquerschnitts für die anfallenden Wassermengen zu gering ist, wodurch das Regenwasser nicht aufgenommen werden kann und somit darüber hinweg schießt.

Um Oberflächenwasser zurückzuhalten und die Gefahr von Überflutungen zu vermeiden, trifft die Stadt Hannover bisher folgende Gegenmaßnahmen (LHH, 2000):

Über die Bauleitplanung:

- Festsetzung von Regenwasserversickerung
- Festsetzung von technischen Zwischenspeichern zur Drosselung des Abflusses
- Anlage von Regenrückhaltebecken
- Festsetzung von Dachbegrünung (vgl. Pkt. 3.4)

Seit 1993 ist die Regenwasserbewirtschaftung fester Bestandteil der städtebaulichen Planung. Im Bebauungsplanverfahren wird in einem mehrstufigen Verfahren geprüft, ob und wie der Untergrund für eine Regenwasserbewirtschaftung/Versickerung geeignet ist und welches Versickerungs-/Rückhaltesystem geeignet ist. Um eine Optimierung zu erreichen, sind folgende Prioritäten und Planungsvarianten (von „optimal“ – bei 1. – bis „sollte nach Möglichkeit vermieden werden“ – bei 6. –) verbindlich einzuhalten und werden systematisch geprüft:

1. (vollständige) Regenwasser-(RW) Versickerung in Mulden
2. (vollständige) RW-Versickerung in Mulden-Rigolen
3. RW-Ableitung in Mulden und Rückhaltung in Regenrückhaltebecken (trocken/nass)
4. RW-Ableitung über Mulden in Fließgewässer/Gräben
5. RW-Ableitung über Mulden in RW-Kanalisation
6. (möglichst nicht mehr) Ableitung des Regenwassers von Straßen- und Dachflächen in die Regenwasserkanalisation.

Auszug aus den ökologischen Standards, Landeshauptstadt Hannover 2009



Abb. 16: Eingeschränkte Funktion des Straßeneinlaufes durch Abschwemmungen von Pflanzenmaterial, hier auf dem Trampplatz vor dem Neuen Rathaus. (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Über sonstige Maßnahmen:

- Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser
- Indirekte Förderung der Entsiegelung privater Flächen durch Gebührensplittung
- Renaturierung von Fließgewässern (vgl. Pkt. 3.1.2)

Da aufgrund des Klimawandels zukünftig lokale Starkregenereignisse häufiger auftreten werden und während der Wintermonate höhere Niederschläge zu erwarten sind, werden weitere Maßnahmen/Strategien notwendig. Um auf die Folgen des Klimawandels angemessen und vorbeugend reagieren zu können, ist eine „wassersensible“ Planungskultur anzustreben. Innovative Lösungen und neue Bilder von „Wasser in der Stadt“ sind gefragt. Dazu gehört auch die Akzeptanz des Wassers an Orten, an denen es gewöhnlich nicht zu finden ist. Zur Vermeidung von Überflutungen und zur Entlastung der Kanalisation ist eine Regenwasserbewirtschaftung notwendig, die das Niederschlagswasser möglichst lange (schadlos) an der Oberfläche zurückhält. Folgende Maßnahmen werden daher geprüft:

- Stadtteile / Straßenbereiche (z. B. Senken) identifizieren, die im Falle eines Starkregens besonders überflutungsgefährdet sind.
- Entlastung dieser Bereiche durch Abhängen seitlicher (Kanal-)Zuläufe oder Anbindung dieser Gebiete an geringer belastete Kanäle / Gebiete.
- Schaffung zusätzlicher Versickerungsflächen (auch unabhängig von Bauleitplanverfahren).
- Gezielte Steuerung der Abflusswege des Regenwassers einschließlich entsprechender Gestaltung dieser Flächen (Notwasserwege) durch Einbeziehung der Starkregenereignisse in die Planung von Straßen, Wegen und Plätzen; Ausbau von Verkehrsflächen als Rückstauräume.
- Anpassung der Gestaltung von Straßenprofilen, Hochborden und Hauseingängen an eine bei Starkregenereignissen erforderliche Wasserabfuhr.
- temporäre Nutzung von Flächen mit geringem Schadenpotenzial wie Grünflächen, Parkplatzflächen etc. als Notüberlaufflächen (Mehrfach- und Zwischennutzung von Flächen).

- Rückhalt des Regenwassers durch technische Zwischenspeicher (Zisternen). Nutzung des Wassers zur Bewässerung öffentlicher Flächen während Trockenwetterperioden.
- Entsiegelung befestigter Flächen, insbesondere innerhalb hoch versiegelter Stadtteile und dauerhafte Begrünung dieser Flächen. (Beispiele: Entsiegelung nicht mehr benötigter/überdimensionierter Verkehrsflächen, Vergrößerung der Baumscheiben in der Innenstadt, Entsiegelung in Innenhöfen, Reduzierung der Verkehrsfläche am Hohen Ufer durch Anlage eines Grünzuges entsprechend dem Programm City 2020).

„Darüber hinaus richten Starkniederschläge insbesondere in Städten große Schäden an. Dabei sind Anpassungsmaßnahmen, welche auf eine „wassersensible“ Stadtgestaltung hinauslaufen, von großer Bedeutung. Wir empfehlen, dezentrale Regenwasserversickerung und Oberflächen so zu gestalten, dass sie unter normalen Wetterbedingungen für Freizeitaktivitäten genutzt werden können, im Ereignisfall aber dem Wasser-rückhalt dienen.“

(Jochen Flasbarth, UBA, Statement zur Pressekonferenz: „Anpassung an extremere Wetterereignisse im Klima morgen“ am 15. Februar 2011 in Berlin)

Tipp: In einem 10minütigen Film informiert die Stadtentwässerung Hannover interessierte Grundstückseigentümerinnen und Grundstückseigentümer umfassend über Maßnahmen, um das eigene Grundstück bzw. Haus vor Überflutungen durch extreme Regenereignisse zu schützen. Ein besonderes Thema ist dabei der Einbau einer Rückstausicherung.

Umsetzung des Maßnahmenprogramms

Mit Hilfe des Maßnahmenprogramms sind erste Entsiegelungsmaßnahmen finanziert worden. Nähere Erläuterungen dazu stehen in Kapitel 3.3 und 3.5. Daneben wurden Maßnahmen gefördert, die der Regenwasserrückhaltung bei Starkregenereignissen dienen. So wurde durch die Wiederherrichtung von verlandeten Gräben im Seelhorstwald neuer Retentionsraum geschaffen, der eine gleichmäßigere Wasserführung des Dreibirkenbaches / Seelhorstbaches zur Folge hat (siehe Abb. 17). Hochwasserspitzen werden so verringert. Das hat sowohl für die Siedlungsgebiete im Unterlauf als auch für die Gewässerökologie der Bäche positive Auswirkungen. Die Rückhaltung von Oberflächenwasser im Waldgebiet erspart zudem den Bau eines Regenrückhaltebeckens.

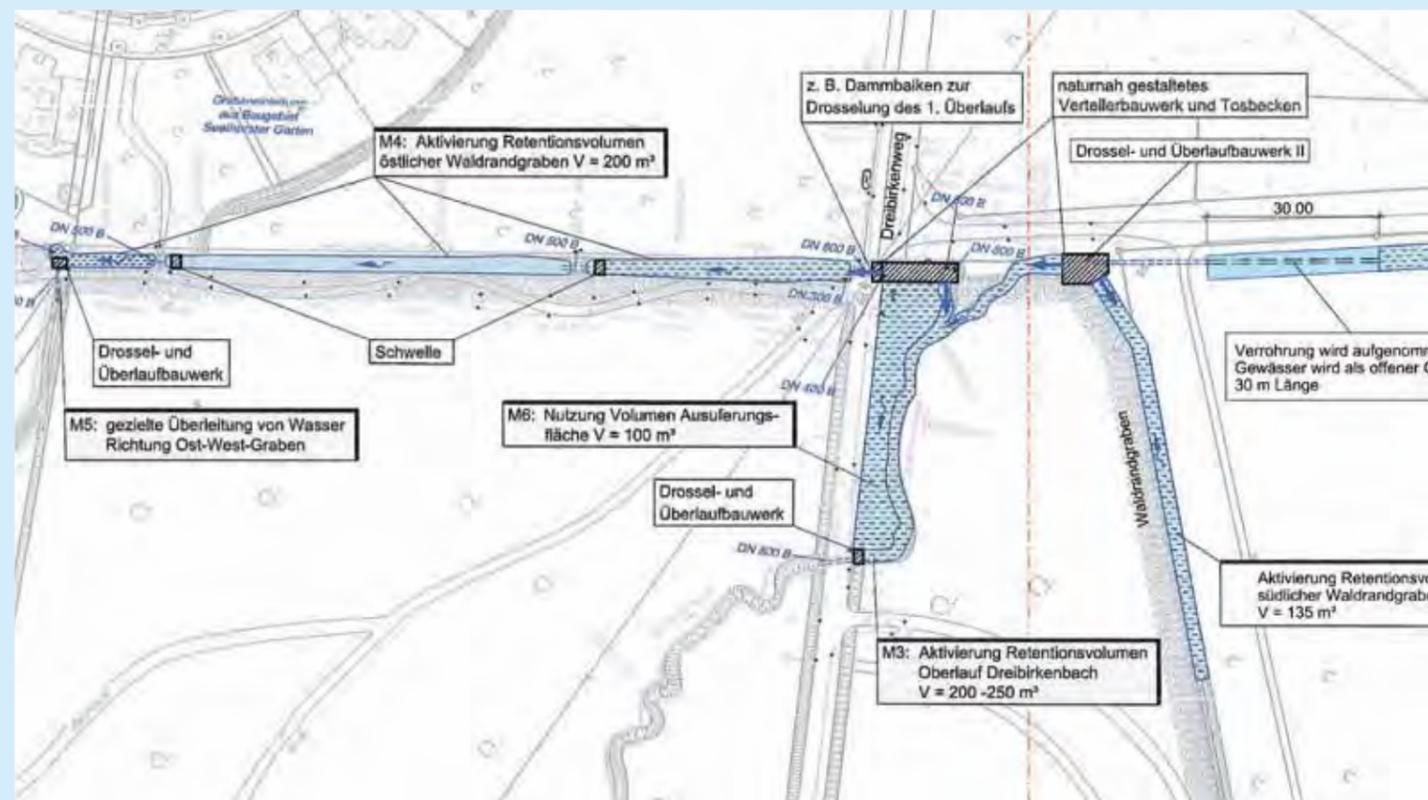


Abb. 17 : Ausschnitt aus dem Lageplan „Retentionsmaßnahmen Seelhorstwald“ (Plan: Stadtentwässerung Hannover)



Abb. 18: Die Busspur auf dem Friedrichswall wurde entsiegelt und in eine Rasenfläche verwandelt. Zusätzlich wurden am Rand der Fläche einige Bäume neu gepflanzt.
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

3.3 Vorsorgender Boden- und Grundwasserschutz

Die vielfältigen Funktionen des Bodens, die in § 2 Satz 2 des Bundesbodenschutzgesetzes beschrieben werden, müssen vor möglichen negativen Auswirkungen des Klimawandels geschützt und seine Ausgleichsfunktionen erhalten und verbessert werden. Naturnahe Böden mit fruchtbarer Humusaufgabe und vielfältigen Gemeinschaften von Bodenorganismen tragen erheblich zur Verbesserung des Stadtklimas bei. Durch die geringere Oberflächenerwärmung und höhere Verdunstung naturnaher Böden gegenüber versiegelten Flächen können die prognostizierten zunehmenden Hitzestaus lokal gemindert werden. Die Wasserspeicherfunktion naturnaher Böden trägt dazu bei, die Auswirkungen von Starkregenereignissen und sommerlichen Trockenperioden durch die zu erwartenden Veränderungen im Niederschlagsregime zu vermindern. Eine besondere Rolle spielen kohlenstoffreiche Böden (z. B. Moorböden und Grund- und Stauwasser beeinflusste Mineralböden), die im Hinblick auf ihre Funktion als Treibhausgasspeicher sehr bedeutsam sind. Die Zerstörung dieser Böden führt zu einem deutlichen Austrag an Kohlenstoffdioxid und anderer klimarelevanter Gase in die Atmosphäre und trägt somit in erheblichem Maße zum Fortschreiten des Klimawandels bei.

Trotz der Nutzung, Bewirtschaftung und Überplanung der Böden durch den Menschen müssen die Risiken von Bodenverdichtung, Wasser- und Winderosion, starker Veränderung des Bodenwasserhaushalts, abnehmender Humusgehalte und der Mobilisierung von Schadstoffen so weit wie möglich verringert werden. Ziel des zukünftigen Umgangs mit den städtischen Böden ist es, die Bodennutzung und Überplanung derart

zu steuern, dass die positiven klimatischen Auswirkungen der Böden erhalten bleiben und die Klimaänderungen sich möglichst geringfügig auf die natürlichen Funktionen der Böden auswirken können.

Zur Bewertung der Böden und ihrer Funktionen hat die Stadtverwaltung in 2009 eine digitale Bodenfunktionskarte erstellen lassen, die eine umfassende Bewertung der Schutzwürdigkeit der Böden im Stadtgebiet Hannovers ermöglicht. In einem weiteren Schritt soll eine Erfassung der Böden erfolgen, die als besonders klimawirksam eingestuft werden können. Klimawirksame Böden sind als Kohlenstoffspeicher von besonderer Bedeutung für den Klimaschutz (z. B. Moorböden) und für die Minderung der Auswirkungen des Klimawandels (z. B. Böden mit einem hohen Wasserspeicherpotenzial). Gleichzeitig können klimawirksame Böden aber auch sehr empfindlich auf die Auswirkungen des Klimawandels reagieren.

Das durch den Klimawandel veränderte Niederschlagsverhalten wird sich in jedem Fall auf die Grundwasserstände auswirken, die Grundwasserschwankungen werden zunehmen. Dadurch bedingt kann es in bestimmten Bereichen des Stadtgebietes im Sommer durch Austrocknung des Bodens zu Setzungen kommen, in den Wintermonaten hingegen zu „feuchten Kellern“. Erhöhte Grundwasserstände können aber auch dazu führen, dass bislang nicht grundwasserbeeinflusste Bodenhorizonte mit Schadstoffbelastungen (z. B. flächenhafte Auffüllungen im Innenstadtbereich) zumindest zeitweise Grundwasserkontakt bekommen und dadurch ein erhöhter Schadstoffaustrag ins Grundwasser erfolgt. Diese Aspekte gilt es sowohl bei der Flächenentsiegelung als auch im Rahmen des qualitativen Grundwassermonitorings, das seit 2003 betrieben wird, zu berücksichtigen.

Die Boden- und Grundwasserinformationen fließen in die Stellungnahmen zur Bauleitplanung ein.

Folgende weitere Maßnahmen werden geprüft:

- Erhalt von naturnahen Böden (und der auf ihnen wachsenden Vegetation) unter besonderer Berücksichtigung ihrer klimawirksamen Funktionen.
- Fortsetzung des Flächenrecycling: Rückführung von ehemaligen Industrie- und Gewerbeflächen in die Nutzung und Revitalisierung von Flächen durch Altlastensanierung, Wiederherstellung bzw. Verbesserung der Nutzungsfunktion (gute Beispiele sind das Ahrbergviertel und das Pelikanviertel).
- Entsiegelung von Flächen ohne Schadstoffbelastung und Wiederherstellung natürlicher Bodenfunktionen (vgl. Pkt. 3.2).
- Humusmehrende Bewirtschaftung/Bearbeitung kommunaler Grün-, Park- und Forstflächen.
- Alternative Bewässerungskonzepte für innerstädtische Grünflächen, wenn diese zum Erhalt ihrer Funktion während längerer Trockenperioden bewässert werden müssen. Trinkwasser und Grundwasser sollen so wenig wie möglich für die Bewässerung der Grünflächen eingesetzt werden.

Umsetzung des Maßnahmenprogramms

2013 konnte eine Verkehrsfläche von rund 4000 m² entsiegelt und anschließend begrünt werden. Es handelt sich dabei um die Busspur auf dem Friedrichswall, die zwischen Willy-Brandt-Allee und Lavesallee am Neuen Rathaus vorbeiführte (siehe Abb. 18). Weitere Entsiegelungen kleineren Umfangs erfolgten seit 2012 im Zusammenhang mit der Sanierung von Baumstandorten (siehe Pkt. 3.5).

3.4 Dachbegrünung

Begrünte Dächer stellen oft die kleinsten Grünflächen im Stadtgebiet dar. Gerade in dicht besiedelten und stark versiegelten Stadtteilen, mit Straßenzügen, in denen kein Platz mehr für Straßenbäume vorhanden ist, bleibt häufig nur die Möglichkeit, Dächer als Vegetationsfläche zu erschließen.

Dachbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst, ohne eine große Fernwirkung zu erzielen. Die thermischen Effekte liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Die Vegetationsschicht und deren Verdunstung vermindern das Aufheizen der Dachflächen bei intensiver Sonneneinstrahlung im Sommer und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Dies führt zu einer ausgeglichener Klimatisierung der Räume und senkt den Heizenergiebedarf.

„Während Kiesdächer und schwarze Bitumenpappe sich auf etwa 50 °C bis über 80 °C aufheizen, betragen die maximalen Temperaturen bei bepflanzten Dächern etwa 20 °C bis 25 °C.“
(Städtebauliche Klimafibel Stuttgart)

Neben diesen klimatischen Effekten können Dachbegrünungen auch die Luftqualität im Stadtgebiet verbessern, da sie Luftverunreinigungen (vor allem Feinstaub) binden und herausfiltern.

Ein weiterer positiver Effekt ist der Regenwasserrückhalt, indem 70 (extensive Begrünung) bis 90 Prozent (intensive Begrünung) der Niederschläge in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben werden (Sieker u. a., 2002). Dies trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Verbleibende Abflüsse werden in der Substratschicht zwischengespeichert und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben. Spitzenabflüsse (bei Starkregenereignissen) werden durch begrünte Dächer gegenüber unbegrünten Dachflächen um etwa 50 Prozent reduziert.

Zudem bieten Dachbegrünungen Lebensraum für zahlreiche Pflanzen und Tiere und erhöhen somit die biologische Vielfalt gerade in stark besiedelten städtischen Quartieren. Für den Menschen erzielen sie durch die Verbesserung des Arbeits- und Wohnumfeldes eine nicht zu unterschätzende Wohlfahrtswirkung.

Ein weiterer entscheidender Vorteil der Dachbegrünung liegt in der Verlängerung der Lebensdauer der Dachabdichtung. Sie ist wirksam geschützt vor UV-Strahlung, Hagelschlag, Hitze und Kälte. Temperaturbedingte Spannungen werden abgebaut.

Gründächer schließen die Installation von Photovoltaik nicht aus. Ganz im Gegenteil: Durch eine Dachbegrünung wird der Wirkungsgrad der Anlage erhöht, denn die Leistung der Module verringert sich um ca. 0,5 % pro Grad Celsius Aufheizung. Da auf begrünten Dachflächen in der Regel 35° C nicht überschritten werden, bleiben die Module auf dem Gründach kühler und damit ein hoher Leistungsgrad erhalten. Die Verwaltung strebt daher im eigenen Bestand an, auf Flachdächern parallel extensive Dachbegrünung und Photovoltaikanlagen zu verwirklichen und berät Dritte entsprechend. Einschränkungen bestehen durch die erforderliche Akzeptanz der erhöhten Kosten und aufgrund statischer Verhältnisse, wenn diese eine Doppelnutzung gewichtsmäßig nicht zulassen.

Der Werkhof Stammestraße – ein Musterbeispiel für die Kombination von Dachbegrünung mit einer Photovoltaikanlage

Als Ausgleichsmaßnahme für zusätzliche Versiegelungen sowie als Beitrag zum nachhaltigen ökologischen Bauen wurde beim Neubau im Jahr 2007 auf dem Sozialgebäude des städtischen Werkhofs Stammestraße 102 eine extensive Dachbegrünung aufgebracht. Die mit einer Substratschicht von mindestens 7 cm bedeckte Fläche umfasst ca. 1.300 m² (siehe Abb. 19). Durch die Dachbegrünung kann mehr als die Hälfte der Niederschlagsmengen zurückgehalten werden. Ein Großteil dieses Wassers verdunstet, der Rest fließt zeitverzögert ab, wird in einer Zisterne zwischengespeichert und in der Waschhalle als Brauchwasser zum Reinigen der Betriebsfahrzeuge und Arbeitsmaschinen genutzt.

Die Photovoltaikanlage besteht aus 120 Polykristallinen Solarmodulen mit einer Leistung von 24,6 kWp auf einer Fläche von 200 m². Im Jahr 2014 lag der Ertrag dieser Anlage bei ca. 17.327 kWh.

Im Stadtgebiet werden seit Einführung der „Leitlinien für den Umgang mit Dachbegrünung in Bebauungsplänen“ im Juni 1994 bei Neubauvorhaben im Rahmen der Bauleitplanung Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festgeschrieben und im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung als Maßnahme zur Eingriffsminderung angerechnet. Grundsätzlich festgesetzt wird die Dachbegrünung für Tiefgaragen in allen Baugebieten, sowie für alle Flachdächer mit einer Neigung von weniger als 20 Grad in Gewerbe-, Industrie- und Sondergebieten und Blockinnenbereichen, die von der umliegenden Bebauung einsehbar sind. Für Flachdächer in Kerngebieten und Garagenanlagen/Gemeinschaftsgaragen wird die Festsetzung einer Begrünung im Einzelfall geprüft. Die aktuelle Kartierung der Gründächer im Jahr 2016 hat ergeben, dass über diese Festsetzungen oder freiwilligen Leistungen 3.131 Dächer mit einer einer Gesamtfläche von rund 836.200 m² begrünt worden sind. Die Gründächer sind vor allem in Gewerbegebieten zu finden, in Wohngebieten sind meist die Tiefgaragen und Einzelgaragen begrünt. Dabei nehmen Anzahl und Größe der Gründächer von der Innenstadt in die Außenbereiche zu. Das größte Gründach hat eine Fläche von 9.645 m².



Abb. 19: Auf dem Dach des Werkhofes Stammestraße wurde zusätzlich zur Dachbegrünung eine Photovoltaikanlage installiert.

(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Von diesen Gründachflächen fließen (bezogen auf den jährlichen Gesamtniederschlag in Hannover) gegenüber herkömmlichen (versiegelten) Flachdächern ca. 300.000 m³ weniger Niederschlagswasser pro Jahr in die städtische Kanalisation ab. Diese auf den Gründächern zurückgehaltene Wassermenge verdunstet und trägt so zur Verbesserung des Bioklimas in der Stadt bei.

Eine indirekte Förderung der Dachbegrünung besteht in Form der gesplitteten Abwassergebühr: Für Haus- und GrundstückseigentümerInnen, die - z. B. durch die Begrünung von Dachflächen - das auf ihrem Grundstück anfallende Regenwasser zurückhalten und bewirtschaften, reduziert sich laut § 4 (3) der Gebührensatzung der Stadtentwässerung Hannover die Niederschlagswassergebühr für die begrünte Fläche um 50 Prozent, was zurzeit 0,34 Euro/m²/Jahr entspricht.

Umsetzung des Maßnahmenprogramms

Da der o.g. Anreiz offensichtlich nicht ausreichte, um Haus- und GrundstückseigentümerInnen zu einer Begrünung von Dächern privater Häuser im Bestand zu animieren, wurde 2012 vom BUND Region Hannover und der Stadt Hannover das Modellprojekt „Mehr Natur in der Stadt: Dach- und Fassadenbegrünung“ entwickelt, das nun eine direkte Förderung anbietet.

Das Projekt startete zunächst im Stadtteil Linden, der durch einen hohen Versiegelungsgrad bei gleichzeitig hoher Bevölkerungsdichte geprägt ist. Hier wurden Gebäudebesitzer im Rahmen einer Kampagne intensiv über die Vorteile einer Dach- und Fassadenbegrünung und die von der Stadt bereitgestellten Fördermöglichkeiten informiert. Nach einem Jahr wurde das Projekt auf das gesamte Stadtgebiet erweitert. Gefördert werden bis zu einem Drittel der förderfähigen Kosten einer Maßnahme. Bei Dachgrößen bis 250 m² sind das maximal 3.000 Euro, bei einer Dachgröße über 250 m² maximal 10.000 Euro. Neben der Dachbegrünung wird auch die Fassadenbegrünung bis zu einem Drittel der Kosten gefördert. Das sind maximal 3.500 Euro bei der Begrünung an mehrschichtigen Außenwandkonstruktionen (Wärmedämmverbundsystem, vorgehängte Fassaden) und maximal 500 Euro bei allen anderen Fassadenbegrünungen.

Bis Anfang August 2016 wurden insgesamt 10.000 m² Dachbegrünung gefördert. Es handelte sich dabei um die Dächer von Garagen, Schuppen, Anbauten, Wohnhäusern, Gewerbebauten und Tiefgaragen. Für Fassadenbegrünung wurden bisher 20 Projekte gefördert. Da die Stadt mit gutem Beispiel voran gehen will, werden auch Dächer städtischer Gebäude begrünt. So haben die neue Feuerwache am Weidendamm, der neue Anbau des Jugendtreffs in Anderten und die neue Volkshochschule am Hohen Ufer 2014 bzw. 2015 Gründächer erhalten, die aus Mitteln des Programms zur Anpassung an den Klimawandel finanziert wurden. Weitere Dachflächen städtischer Gebäude, die für eine Begrünung geeignet sind, wurden bereits ermittelt. Dazu gehören die sanierungsbedürftigen Flachdächer der IGS Linden und das Dach des geplanten Mensaaubaus der Grundschule Stammestraße. Die Gesamtdachfläche dieser städtischen Gebäude beträgt rund 8.200 m².



Abb. 20: Gründach auf einem Gebäude der Tierärztlichen Hochschule in Hannover (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün)

3.5 Klimaangepasste Vegetation

Vegetation hat einen großen Einfluss auf das Stadtklima und wirkt sich positiv auf ihre Umgebung aus. Ein über Grünflächen strömender Luftkörper nimmt deren Eigenschaften an. Die Luft wird gereinigt, die Feuchte der Luft wird aufgrund der Verdunstung der Pflanzen erhöht und die Temperatur wird abgesenkt. Verlagert sich der Luftkörper dann z. B. auf Grund von Flurwinden in ein angrenzendes Wohngebiet, werden seine positiven Eigenschaften weiter getragen, das wärmebelastete Wohngebiet wird gekühlt.

Großkronige Bäume sind klimawirksame Elemente innerhalb einer Stadt. Insbesondere ihre kühlende Wirkung im Sommer und ihre Funktion als Schattenspender sind zur Minderung des Hitzestresses von besonderer Bedeutung.

Die Pflanzen sind aber selbst vom Klimawandel betroffen. Sommerliche Hitze- und Trockenperioden führen zu Beeinträchtigungen: Sie vertrocknen oder werfen ihre Blätter ab. Dadurch wird ihre bioklimatische Funktion (Kaltluftbildner, Luftbefeuchter) stark eingeschränkt. So mussten in Hannover bereits Rotbuchen gefällt werden, die durch mehrjährigen „Klimastress“ geschädigt wurden. Neupflanzungen benötigen viele Jahre, bis sie die beseitigten Bäume in ihren Funktionen gleichwertig ersetzen können.

Hinsichtlich der Ersatzpflanzungen müssen die durch den Klimawandel veränderten Bedingungen berücksichtigt werden. Daher werden besonders in den wärmebelasteten, stark verdichteten Stadtquartieren folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Neupflanzung von Bäumen in den öffentlichen Freiräumen nach Empfehlungen der Klima-Arten-Matrix (KLAM) für Stadtbäume und Waldbäume (Roloff, Bonn, Gillner 2008) sowie der GALK-Liste „Straßenbäume“ (Arbeitskreis Stadtbäume der Gartenamtsleiterkonferenz). Dabei erfolgt auch eine Erprobung neuer trockenoleranter und winterharter Arten und Sorten (siehe Anhang 2).

- Ausweisung von thermischen Belastungszonen in der Stadt zum Zweck angepasster Artenwahl bei Straßen- und Stadtplatzbäumen (vgl. Aktion 7). In stärker belasteten Zonen kann ein bevorzugtes Anpflanzen nichtheimischer Gehölzarten sinnvoll sein. In landschaftlich geprägten Stadträumen bleibt der Vorrang zum Anpflanzen heimischer Gehölzarten bestehen.
- Standortsanierungsmaßnahmen durch Vergrößerung, Vertiefung und Substrataustausch bei vorhandenen Baumscheiben. Diese dienen der Erhöhung des Wurzelvolumens, der Verbesserung der Wasserspeicherkapazitäten und zur besseren Belüftung des Wurzelraums und auch der Stabilität der Bäume, damit diese widerstandsfähiger gegenüber Stürmen sind.
- Jeder neugepflanzte Straßenbaum erhält einen ausreichend großen Wurzelraum mit wasserspeicherfähigem Substrat (möglichst 12 m³ oder mehr). Dort wo keine Salzfrachten zu erwarten sind, wird das Oberflächengefälle der Nebenanlagen zum Stamm hin ausgerichtet, so dass Regenwasser im Bereich der Baumscheibe gesammelt und versickert wird.
- Für notwendige Bewässerungsmaßnahmen werden Alternativen zum Trinkwasser gesucht (vgl. Aktion 2). So gibt es beispielsweise im nördlichen Stadtgebiet zwei Entnahmestellen am Mittellandkanal, aus denen zur Bewässerung nahegelegener Grünflächen Wasser entnommen wird. Die Nutzung von Wasser aus Regenrückhaltebecken während längerer Trockenphasen wird (im Einzelfall) geprüft.



Abb. 21: Die Baumscheibe der Platane am Kröpcke wurde im Rahmen der Sanierung mit verdichtungsresistentem, „strukturstablem“ Substrat versehen.
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Umsetzung des Maßnahmenprogramms

„Bäume verdunsten durch die Blätter Wasser, die dabei frei werdende Verdampfungswärme kühlt die Luft um die Bäume herum ab. So bewirken bereits 6 Bäume in einer 500 m langen, 10 m breiten Straßenschlucht, dass bei Sommer-temperaturen von 35 Grad die Lufttemperatur um 5 Grad gesenkt wird.“

(Guido Halbig, DWD – Berlin 7. Juni 2010)

Erste Maßnahmen sind 2012/13 in der Philipsbornstraße durchgeführt worden. Im südlichen Abschnitt befand sich eine Reihe mit Straßenbäumen bestehend aus Spitz- und Bergahorn. Die meisten Baumstandorte entlang der Straße wurden in ihrer vormaligen Ausprägung als ungeeignet für ein nachhaltiges Baumwachstum eingestuft. Die hier wachsenden Straßenbäume waren zu einem hohen Anteil geschwächt, teils absterbend bzw. bereits gefällt. Der Bestand drohte sich in den kommenden Jahren weiter aufzulösen. Eine aufwändige Standortsanierung im desolatesten südlichen Abschnitt, vor der denkmalgeschützten Fassade der Conti-Tec AG, unter Erhaltung des bereits stark geschädigten Baumbestandes, war aufgrund seiner schlechten Entwicklungsprognose nicht mehr sinnvoll. An allen übrigen Baumstandorten waren Sanierungsmaßnahmen zur Stützung und Erhaltung des vorhandenen Baumbestandes erforderlich.

Die Grünflächenverwaltung führte deshalb ab 2012/2013 eine Grunderneuerung des Baumbestandes in der südlichen Philipsbornstraße durch. Bei erhaltenswerten Bäumen wurden die Wurzelräume saniert und wo immer möglich erweitert. Bei der Neubeplantzung mit zwei an das Stadtklima angepassten Arten (Ginkgo und Gleditschie) waren ein vollständiger Substrataustausch sowie die Herstellung von Tiefenschachtungen und Wurzelbelüftungsgräben notwendige vor-

bereitende Arbeiten (siehe Abb. 22). Die Kosten pro Standortsanierung an bestehenden Bäumen betragen 1250 Euro pro Baum und für Standortvorbereitung und Neupflanzung 3500 Euro pro Baum. Dieses Projekt hat jetzt Leitbildcharakter dafür, wie man mit abgängigen, und deshalb ihre klimatische Funktionen kaum noch erfüllenden Straßenbaumbeständen zukünftig umgeht. 2012 ist bereits eine Baumsanierung in der Innenstadt am Kröpcke erfolgt (siehe Abb. 21). Die Platane an der Kröpckeuhr verfügte bisher über einen relativ kleinen unbefestigten Wurzelraum. Im Zuge der Sanierung des Betondeckels der U-Bahn-Station Kröpcke konnte der Wurzelraum für die Platane deutlich erweitert werden. Der Einbau neuen Substrates in Kombination mit Baumdünger, Bodenverbesserungsmitteln und Dränleitungen verbessert die Standortbedingungen deutlich. Da die Maßnahme in den laufenden Bauprozess integriert werden konnte, wurde sie relativ kostengünstig ohne zusätzliche Bauzeitenverzögerungen realisiert.

In 2014 wurden in einem bisher unbegrünten Abschnitt der Sallstraße zur Beschattung der Fußwege und Fahrbahnen insgesamt 14 Bäume beidseitig der Straße gepflanzt (siehe Abb. 24). Diese werden sich positiv auf das Temperaturfeld der Straße auswirken. Die Beschattung durch die Bäume kann die Temperaturen in Bodennähe an einem sonnigen Sommertag im Vergleich zu einer nicht beschatteten Straße um bis zu 12 °C senken.

Zukünftig wird sich der Blick der Stadtverwaltung verstärkt auf Einzelbaumstandorte und kleinere Baumbestände in den stark verdichteten und im Sommer überwärmten Innenstadtbezirken und zentrumsnahen Wohnbezirken richten. Diese eher auf kleinräumige Verbesserungen angelegten Maßnahmen sollen durch eine Erfolgskontrolle bzw. ein sich nach der Sanierung anschließendes Monitoring des Baumwachstums evaluiert werden. Bei positiven Ergebnissen könnten solche Maßnahmen auch in der Zukunft als effektive lokale Verbesserungsmaßnahmen empfohlen werden.

3.6 Klimaangepasste Stadtplanung und klimaangepasstes Bauen

„Bauen in mittlerer Dichte, einschließlich begrünter Bereiche, Wasserflächen und Bereiche mit gemischter Nutzung reduzieren die Treibhausgase und tragen zur Anpassung bei.“

(Klima-Bündnis, AMICA-Projekt, 2007)

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.

Die zu erwartenden klimatischen Veränderungen erfordern für die Planung sowie den Bau von Gebäuden und die Gestaltung von Freiräumen ein Überdenken der herkömmlichen Praxis und teilweise die Integration neuer, an die veränderten Verhältnisse angepasster baulicher Standards.

Insbesondere das räumliche Ineinandergreifen von Freiflächen und bebautem Bereich, also die Stadtstruktur in ihrer Gesamtheit, kann negative Auswirkungen des Klimawandels abpuffern. Inwieweit die vorhandenen Strukturen hinreichend sind und ob an einzelnen Stellen Ergänzungen erforderlich werden, um den Wohnstandort Hannover lebenswert zu erhalten, muss bei allen Neuplanungen sowie den Überplanungen des Bestandes sorgfältig geprüft werden.

Wesentlich für eine klimaangepasste Stadtplanung sind auch die Berücksichtigung der sich mit dem Klima verändernden Bedürfnisse und Lebensrhythmen der Bevölkerung sowie die aktive Einbeziehung der Bewohnerinnen und Bewohner in die Entwicklung und Umsetzung klimaangepasster Verhaltensweisen.



Abb. 23: Diese Lindenallee in Herrenhausen bietet während sommerlicher Hitzewellen Schatten und Kühle.

(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen verschiedener Ebenen zusammengestellt. Generell gilt, dass etliche gerade der sehr konkreten Maßnahmen nicht flächendeckend, sondern nur punktuell, am richtigen Ort, eingesetzt werden sollten, da sie dann bereits optimal wirksam werden und/oder flächendeckend einfach zu teuer bzw. nicht praktikabel sind. Abgeprüft werden sollte in jedem Fall, ob die Einbeziehung einer Maßnahme z. B. bei Planungsvorhaben jeweils sinnvoll ist.



Abb. 22: Sanierung einer Baumscheibe in der Philipsbornstraße
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

3.6.1 Maßnahmen für Gebäude

Bei Maßnahmen zur Klimaanpassung für Gebäude ist zwischen Bestandsgebäuden und Neubau zu unterscheiden. Eine zukunftsorientierte Planung kann für den Neubau Materialien und Konstruktionen einbeziehen, die geeignet sind, klimatische Veränderungen für den Menschen möglichst verträglich aufzufangen. Für die Auswahl der Maßnahmen kann auch auf die Erfahrungen aus anderen Breitengraden, deren Klima unseiner zukünftigen ähnlich ist, zurückgegriffen werden. Der größte Teil der Stadt besteht jedoch aus bereits vorhandenen, älteren Gebäuden. Diese können in den meisten Fällen entsprechend ertüchtigt werden, wenn sie, z. B. im Rahmen ohnehin anstehender Erhaltungsmaßnahmen, einer umfassenden Sanierung und Modernisierung auch unter Klimaanpassungsgesichtspunkten unterzogen werden. Einige wenige Maßnahmen, die z. B. die Gebäudestellung und -ausrichtung betreffen, sind jedoch nicht mehr nachzurüsten. Schon aus Gründen der Nachhaltigkeit ist die Erhaltung des Bestandes stets anzustreben, in Einzelfällen kann jedoch die Kosten-Nutzen-Relation auch einen Abriss und Neubau an gleicher Stelle erforderlich machen.

Sonnenschutz

Bei der Planung von Gebäuden ist es sinnvoll, zukünftig stärker auf die Verfügbarkeit von Schatten im und am Gebäude zu achten. So kann einer Aufheizung der Innenräume entgegengesteuert und die Aufenthaltsqualität optimiert werden. Die Sonneneinstrahlung kann durch integrierte bauliche Schattenspenden (Arkaden, Sonnensegel, Pergolen, Laubengänge) sowie bauliche Anlagen an Fassaden und Fensterflächen minimiert werden.

Hierfür ist eine Südausrichtung der Hauptfensterfläche von Gebäuden gegenüber der Ost/West-Ausrichtung von Vorteil, da die senkrechter stehende Süd-Sonne einen geringeren Verschattungsaufwand erfordert. Grundsätzlich muss der sommerliche Wärmeschutz² bei der zukünftigen Gebäude- bzw. Fenstergestaltung stärker berücksichtigt werden. Darüber hinaus können schattenspendende Laubbäume vor den Gebäuden im Sommer Schatten bieten und im Winter (nach dem Blattwurf) durch ihre Transparenz trotzdem für Lichteinfall sorgen. Dabei ist verstärkt darauf zu achten, dass die Bäume in der Nähe von Gebäuden sturmfest sind und auch mit den veränderten Witterungsbedingungen der Zukunft zurechtkommen (vgl. Aktion 5). Bei der Wahl des Pflanzortes und der jeweiligen Baumart kommt es darauf an, den Verschattungsbedarf mit der wachsenden Notwendigkeit der Sonnenenergienutzung in Einklang zu bringen. Denn für die heute schon möglichen und zukünftig zu erwartenden energieeffizienten Bauweisen haben sowohl die aktive als auch die passive Nutzung der Sonnenenergie eine besondere Bedeutung. Die aktive Nutzung der Sonnenenergie über Solaranlagen zur Stromerzeugung oder Wärmegewinnung (für Heizung und Warmwasser) erfolgen über Anlagen auf Dächern und Fassaden. Sie ist besonders in verdichteten städtischen Siedlungsgebieten von besonderer Bedeutung, da andere Formen der erneuerbaren Energien nur bedingt in Frage kommen. Die Wärmegewinne durch passive Nutzung der Sonneneinstrahlung (Gewächshausprinzip) decken bei energieeffizienten Bauweisen einen Teil des Wärmebedarfs ab. Eine Orientierung hierfür geben die Anforderungen an die Passivhausbauweise.



Abb. 24: Neue Straßenbäume in der Sallstraße
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)



Abb. 25: Sonnenschutz durch Arkade (Bildmitte), Sonnenschirme (Hintergrund) und Sonnenblende (linker Bildrand, Mitte).
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Baumaterial/Dämmung

Eine energieoptimierte Bauweise ist neben ihrem Beitrag zum Klimaschutz und zur Nachhaltigkeit auch geeignet, ein trotz Klimawandel behagliches Innenraumklima zu erzeugen. Die Verwendung von Materialien, die Energie speichern, kann dafür sorgen, dass die Innentemperatur über den Tagesverlauf geringeren Schwankungen unterliegt. Für eine gute Wärme-/Kälte-dämmung sind daher massive Materialien an der Innenschicht von Gebäuden sinnvoll. An der Außenseite reicht die Verwendung von leichten Dämmmaterialien aus.

Großflächige Glasarchitektur ist im Sinne einer Energieeffizienz zu hinterfragen und erfordert vor allem hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes eine sorgfältige Planung.

Der Bestand an Gebäuden muss sukzessive (nach und nach) einer energetischen Sanierung unterzogen werden. Der Sanierungsbedarf ist in Abhängigkeit von der Entstehungszeit der Quartiere und Gebäude sehr unterschiedlich. Während gerade ältere Gebäude der Gründerzeit oder der 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts häufig bereits über gute Ausgangsbedingungen (z. B. Außenwanddicke, verwendete Materialien) verfügen und nur an bestimmten Schwachpunkten (z. B. Fenster, Dachdämmung) optimiert werden müssen, sind die Gebäude aus den 50er und 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts häufig einer sehr viel umfassenderen Sanierung zu unterziehen. Auch die energetisch unzureichenden Glasfassaden im Bürobestand der 80er und 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts erfordern erhöhte Aufwendungen, um aktuelle energetische Standards und ein gutes Innenraumklima zu erreichen. Bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden ist es wichtig, stadtgestalterische und Denkmalgesichtspunkte frühzeitig zu integrieren.

Wegen der zu erwartenden häufigeren Extremwetterereignisse sollte mehr Achtsamkeit auf die Windsicherheit von Fenstern und Dächern gelegt werden. In gefährdeten Lagen sollten hagelresistente Materialien bevorzugt verwendet werden.

Klimatisierung

Auch bei zunehmenden Temperaturen sollte sowohl in Privat- als auch in Büro- und öffentlichen Gebäuden auf eine klassische Klimatisierung mit aktiver Kühlung möglichst verzichtet werden. Diese hat den Nachteil, dass sie mit einem erheblichen energetischen und damit klimaschädlichen Mehraufwand als unerwünschte Nebenwirkung einhergeht und so zu einer zusätzlichen Aufheizung der Stadt führt. Stattdessen sollten zunächst passive Maßnahmen wie besserer Wärmeschutz durch die Gebäudehülle (insbesondere Dachdämmung) und vor allem die Vermeidung und Reduzierung von inneren Wärmequellen (künstliche Beleuchtung – Tageslichtnutzung, technische Geräte, Standby etc.) beachtet werden. Dies kann wirkungsvoll ergänzt werden durch eine optimierte Nachtauskühlung (möglichst freie Lüftung in der Nacht) und eine außen liegende temporäre Verschattung. Weitere Informationen sind in Anhang I zusammengestellt.

Auf der Basis einer sehr effizienten Geräteausstattung sind in den meisten Fällen je nach Nutzung der Gebäude Strategien zur passiven Sommerkühlung in hochenergieeffizienten Gebäudestandards wie Passivhäusern ausreichend.

Bei der Notwendigkeit aktiver Kühlung bei besonderen Nutzungsanforderungen (Hygiene, Sicherheitstechnik, nicht reduzierbare innere Wärmelasten, Rechtsvorschriften etc.) oder steigenden Anforderungen durch veränderte klimatische Randbedingungen bietet das Passivhauskonzept mit sehr geringem Aufwand die zusätzliche, sehr sparsame aktive Kühlmöglichkeit der Frischluftkühlung über die ohnehin vorhandene Lüftungsanlage für den Sommer, die ausgezeichnete Behaglichkeitsbedingungen in den Räumen ermöglicht.

² Der sommerliche Wärmeschutz ist bereits fester Anforderungsbestandteil der Energieeinsparverordnung und Passivhausprojektierung.



Abb. 26: Trammplatz vor dem Neuen Rathaus – an heißen Tagen bieten Brunnen in der Stadt eine willkommene Abkühlung
(Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

Fassadengestaltung/ -farbe

Helle Oberflächen an Fassade und Dach führen durch den Albedo-Effekt (Reflexionsvermögen) zu einer wesentlich geringeren Erwärmung sowohl der einzelnen Gebäude als auch der Stadt insgesamt. Durch die Reflexion des Lichtes wird sehr viel Energie gar nicht erst von den Gebäuden aufgenommen. Dunkle Materialien nehmen dagegen sehr viel Energie auf und geben sie dann sukzessive an die nähere Umgebung ab. Zukünftig wird die Stadtverwaltung daher sowohl bei Neubauten als auch bei der Sanierung von Fassaden neben gestalterischen Aspekten das Reflexionsvermögen der verwendeten Materialien berücksichtigt werden.

Dach- und Fassadenbegrünung

Durch eine Dachbegrünung kann das Stadtklima positiv beeinflusst werden. Dächer sind bisher vielfach ungenutzte Flächenreserven für die Schaffung von Grünflächen (vgl. 3.4). Auch die Begrünung von Hausfassaden wirkt – ähnlich wie die Dachbegrünung – positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Fassadenbegrünungen verbessern die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude, indem sie die Temperaturextreme im Jahresverlauf abmildern. Neben diesen klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch die Luftqualität verbessern, da sie Stäube und Luftschadstoffe binden. Zudem stellen sie Lebensräume für die urbane Fauna bereit und mindern die Lärmbelastung, da eine begrünte Wand den Schall weniger reflektiert als eine glatte Wand.

Ausrichtung und Stellung von Gebäuden

Neben den Aspekten der Verschattung ist für eine ausreichende Luftbewegung auch eine optimale Gebäudestellung bei der Neuplanung eines Baugebietes zu berücksichtigen. Ausrichtung, Höhe und Form von Ge-

bäuden sind ausschlaggebend für gute Beschattungsmöglichkeiten und ausreichende Luftbewegung. Dies ist mit den für den Klimaschutz erforderlichen energieeffizienten Bauweisen wie Passiv- oder Nullenergiehäuser in Einklang zu bringen.

3.6.2 Maßnahmen für Freiräume und Stadtstruktur

Der hohe Anteil an Grünflächen in Hannover und insbesondere ihre gut vernetzte Struktur leisten einen wesentlichen Beitrag zur heutigen und zukünftigen Klimatauglichkeit der Stadt. Je nach Ausprägung und Lage der Grün- und Freiflächen sind ihre Bedeutung und ihre positive Wirkung unterschiedlich zu bewerten. Hannover besitzt ein abgestuftes System wohnungsnaher, stadtteil-/quartiersnaher und übergeordneter Grünräume. Größere Flächen wie die Leine- und Wietzeau, Georgengarten, Kleingarten- und Friedhofsflächen haben eine hohe klimaökologische Wirksamkeit als Ausgleichsräume, die bei lang anhaltenden Wetterlagen auch dauerhaft spürbar und nachweisbar ist. Kleinere Grünflächen können diese Wirkung unterstützen, wenn sie in Nachbarschaft zu den kaltluftproduktiveren (großen) Grünflächen lokalisiert sind. Kleinere innerhalb der Bebauung gelegene Grünflächen (z. B. Stadtplätze, Innenhöfe) wirken aufgrund der geringen Kaltluftproduktion zwar nicht kühlend auf die benachbarten Siedlungsflächen, stellen aber innerhalb von Belastungsbereichen wichtige „Klimaoasen“ (bioklimatische Komfortinseln) dar. Um gerade in der heißesten Jahreszeit ihre Funktion als Ausgleichsfaktor gut erfüllen zu können, sind Begrünungselemente, die auch bei lang anhaltender Trockenheit grün bleiben, wie z. B. Bäume und Sträucher generell von höherer Bedeutung als Flächen mit lediglich oberflächennah wurzelnden Pflanzen, die ohne künstliche Bewässerung schnell trocken und staubig werden können.

Freiräume

Für die Weiterentwicklung der Freiräume strebt die Stadt Hannover an, Außenanlagen an Gebäuden und versiegelte Freiflächen so weit wie möglich zu entsiegeln und Versickerungsflächen gestalterisch einzubeziehen. Schattenspendendes Grün, z. B. großkronige Laubbäume und Pergolen sowie bauliche Schattenspendler, z. B. Arkaden, Laubgänge und Sonnensegel können die Aufenthaltsqualität im Freien steigern. Hierbei ist neben den eigentlichen Grünanlagen auch die Beschattung von Straßen, Wegen, Parkplätzen, Haltestellen und die Begrünung von privaten und öffentlichen Grundstücken (z. B. Innenhöfe) durch Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern anzustreben, da dies insgesamt für eine Reduzierung der Aufheizung und eine verbesserte Aufenthaltsqualität sorgt.

Bei der Pflanzenwahl sind dauerhaft grüne Bodendecker zu bevorzugen und nicht nur Rasenflächen anzulegen. An stark frequentierten und genutzten Flächen ist es sinnvoll, das vorhandene Grün auch bei lang anhaltender Hitze durch zusätzliches Wässern zu erhalten. So kann Staub gebunden und die Fläche nutzbar gehalten werden. Öffentliche und private Zisternen erleichtern die Bewässerung.

Wasserspiele und generell bewegtes Wasser verursachen zwar höhere Kosten, können aber an ausgewählten Orten sehr viel zur lokalen Abkühlung und Befeuchtung der Luft beitragen. Stehendes Wasser ist wegen der negativen Begleiterscheinungen („Mückenplage“ und Gefahr der Übertragung von Infektionskrankheiten, Fäulnisprozesse bei sinkendem Wasserspiegel etc.) möglichst zu vermeiden.

Auch in Freiräumen kann der Albedo-Effekt z. B. durch helle Bodenbeläge genutzt werden, um eine Aufheizung der versiegelten Flächen zu reduzieren. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass von den Bodenbelägen keine unerwünschte Blendwirkung ausgeht.

Stadtstruktur

Die Stadt der kurzen Wege ist gerade in Zeiten des Klimawandels weiterhin wesentliches Ziel der Stadtplanung. Kompakte Baustrukturen zugunsten des Erhalts direkt benachbarter Freiräume sind speziell in den bereits verdichteten Lagen geeignet, eine klimagerechte Stadtstruktur zu entwickeln, Alternativen zum motorisierten Verkehr aufzuzeigen und attraktiv zu machen und damit der Aufheizung entgegenzuwirken.

Wichtig ist dabei natürlich besonders der Erhalt von Kaltluft bildenden Freiflächen, Frischluftschneisen und des abgestuften Grünsystems aus wohnungsnahen, stadtquartiersnahen und übergeordneten Grünflächen. Ein großräumiger Zusammenhang zwischen städtischem und regionalem Freiraumverbund sollte gesichert werden, da diese wichtige Kaltluftlieferungsgebiete für die Stadt Hannover darstellen.

Eine Analyse vorhandener und voraussichtlich neu entstehender „Hot Spots“ vorausgesetzt, kann die Anlage neuer Grünflächen notwendig sein, um einer Überhitzung der dicht bebauten Stadtfächen entgegen zu wirken. Eine Vernetzung der neuen Grünflächen mit vorhandenen sichert dabei die Entwicklung einer klimaangepassten Stadtstruktur.

Es ist sinnvoll, eine kompakte, Flächen sparende Siedlungsentwicklung mit einem Freiraumstrukturkonzept zu verbinden, das die Siedlungsentwicklung im Innenbereich auf eine angemessene bauliche Dichte begrenzt. Eine Nachverdichtung soll weiterhin Priorität vor einer ungebremsten Außenentwicklung haben.

„Frischluff ist eine nicht ersetzbare Lebensgrundlage für den Menschen. Anders als Wasser kann sie in der Regel nicht durch eine Fernleitung in Siedlungsgebiete gepumpt werden, sondern muss vor Ort entstehen und die Wirkräume auch erreichen können.“

(Gunther Wetzel im UVP-Report 22, Ausgabe 5, 2008)



Abb. 27:
Die Ihme und ihre grünen Ufer bilden eine wichtige Frischluftschneise für Hannover.
(Foto: Karl Johaentges)



Abb. 28: Visualisierung eines Baufeldes in Hilligenwöhren, Bothfeld
(Plan: Architekten blauraum, Hamburg)

3.6.3 Hilligenwöhren – ein klimaangepasstes Wohnquartier

Ein gutes Beispiel für die Klimaanpassung ist das Neubauprojekt Hilligenwöhren. Auf der ehemals ackerbaulich genutzten Fläche wird in den kommenden Jahren im Stadtteil Hannover-Bothfeld ein neues Wohnquartier entstehen. Der Anlass für die Entstehung des Wohnquartiers ist das „Wohnkonzept Hannover 2025“. Durch das stetige Wachstum der Stadt Hannover muss dem vorherrschenden Wohnungsmangel entgegen gewirkt werden. Aus diesem Grund wurde die Wohnbauflächeninitiative gestartet, indem im städtischen Raum neues Bauland geschaffen wurde. Die Firmengruppe Gundlach erwarb 2012 das ca. 4,5 ha große Gebiet, auf dem etwa 250 Wohneinheiten entstehen sollen.

Auf Initiative der Stadt wurde das Verbundprojekt „Klimaangepasstes, nachhaltiges Wohnen und Leben im Quartier“, kurz „KlimaWohL – Hilligenwöhren“ in Hannover-Bothfeld gestartet. Der Titel, sowie der Projektinhalt sollen zum Ausdruck bringen, dass klimaangepasstes Wohnen und Leben als Bedürfnis verstanden wird und von den zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern des neuen Quartiers gelebt werden soll.

Die Schaffung eines klimaangepassten Quartiers bedeutet, dass vorab viele verschiedene Aspekte und Maßnahmen berücksichtigt werden müssen. Eine der Maßnahmen, die beim Pilotprojekt KlimaWohL-Hilligenwöhren angewendet wird, ist die Funktionserhaltung von zwei Kaltluftschneisen, die von Norden nach Süden verlaufen. Ebenso gehört die Verwendung von klimawandelangepassten Gehölzarten dazu. Des Weiteren werden Gebäudebegrünungen auf Dächern und Fassaden vorgesehen, und das Regenwassermanagementkonzept setzt fest, dass das Regenwasser ausschließlich auf dem Projektgebiet versickert werden soll und

im Falle von Starkregenereignissen Notwasserwege und Notüberlaufflächen zur Verfügung stehen. Zudem wird viel Wert auf Baumaterial aus nachwachsenden Rohstoffen gelegt, und die Bauphase soll möglichst abfallarm sein. Die Schaffung von Klima-Komfortinseln, wie ein beschatteter Quartiersplatz, Hausgärten und Mietergärten, gehören ebenso zu den Maßnahmen wie energieeffizientes Bauen und der Einsatz von regenerativen Energien. Dazu gehört die Berücksichtigung von Standorten für carsharing-Angebote inklusive Elektro-Mobile und Fahrradverleihmöglichkeiten. Des Weiteren wird bei dem Pilotprojekt auf soziale Strukturen und auf die Demografie eingegangen. Das Quartier soll für alle Altersklassen und soziale Schichten Wohnmöglichkeiten bieten. Dabei wird eine gute Mischung von günstigem Wohnraum, Eigentum und Wohnräume für Senioren vorgesehen, zudem soll es Begegnungsmöglichkeiten für Bewohnerinnen und Bewohner geben.

Die Besonderheit des Projektes ist nicht nur die enge Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand (Stadt Hannover) und einem privaten Investor (Gundlach). Das Pilotprojekt wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) als kommunales Leuchtturmvorhaben ausgewählt zum Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen und wird finanziell gefördert.

Die Förderung des Projektes hat eine Laufzeit von drei Jahren (März 2016 bis Februar 2019). Die Zielsetzungen für das Pilotprojekt sind, die zuvor genannten Klimaanpassungsmaßnahmen aktiv und systematisch zu testen und daran ein Modell auszuarbeiten, welches wegbegleitend für weitere Projekte dienen kann. Dies soll nicht nur für die Landeshauptstadt Hannover beispielhafte Impulse geben, sondern auch anderen Kommunen zur Verfügung stehen.



Abb. 29: Startveranstaltung des Architektenwettbewerbs
(Foto: Gundlach GmbH & Co. KG)

Als Ergebnis soll ein „Hannover-Modell“ entstehen, welches die Erarbeitung von Informations-, Beratungs- und Vernetzungstools vorsieht und zielgruppenspezifische und prozessbezogene Gestaltungshinweise aufweist, indem die verschiedenen Klimaanpassungsmaßnahmen Anwendung finden. Dabei sollen Akteure aus verschiedenen Bereichen (Planung, Verwaltung, Politik, Öffentlichkeit etc.) zusammen geführt werden. Das im Projekt erarbeitete Modell soll nicht nur die Bauphase bei Neubauprojekten berücksichtigen, sondern bereits in der Konzeptionsphase und anschließend ebenso in der Nutzungsphase Anwendung finden.

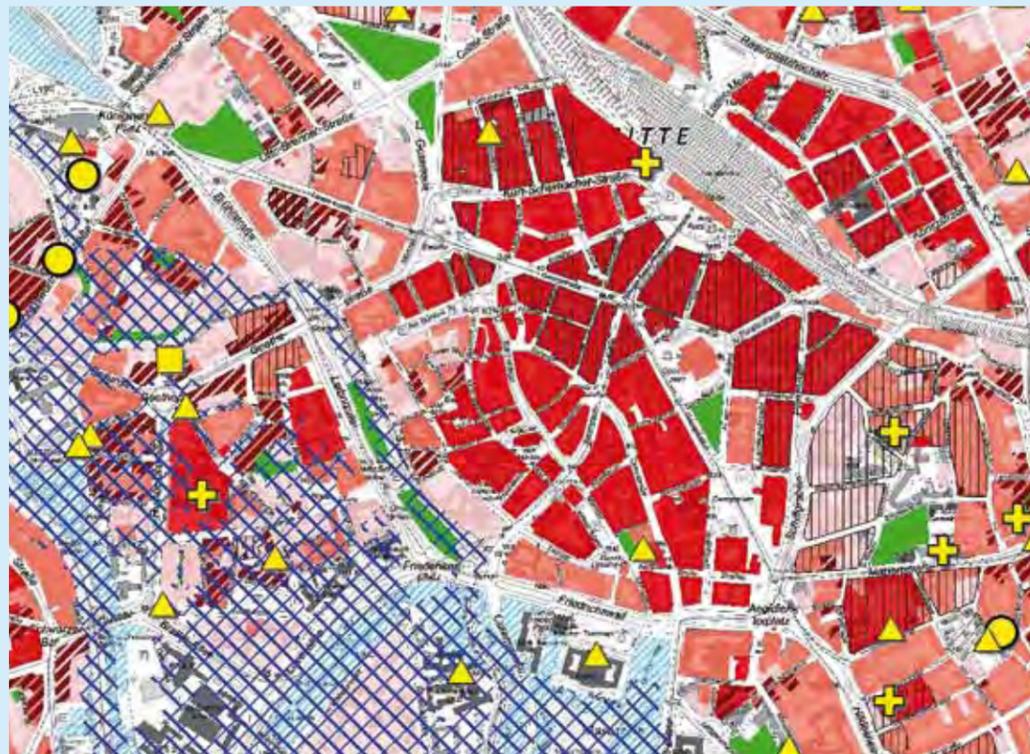


Abb. 30: Ausschnitt aus der Fachkarte Klimaanpassung (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün, LHH)

3.7 Fachkarte Klimaanpassung

Um die Stadtentwicklung in Richtung einer „klimaanangepassten“ Stadt zu lenken, müssen die Aspekte des Klimawandels bereits im Vorfeld von Planungen, z. B. Bebauungsplanungen und Stadtentwicklungsplanungen, zur Kenntnis genommen und in die Planungen integriert werden. Darum hat die Verwaltung auf Grundlage der Klimafunktionskarte der Stadt Hannover eine „Fachkarte Klimaanpassung“ im Maßstab des Flächennutzungsplans erstellt. Sie soll als Entscheidungsunterstützungstool zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und als Grundlage für alle klimarelevanten Planungen dienen. Die Fachkarte ist im Dezember 2013 veröffentlicht worden.

Die Fachkarte Klimaanpassung enthält nachfolgend genannte für die Planungen bedeutsame Informationen. Die Grundlage dafür bilden in den Fachbereichen vorliegende Datensammlungen und Planwerke, beispielsweise die Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen für die Stadt Hannover (2006) und die Karte der sommerlichen Wärmebelastung unter dem Einfluss des Klimawandels in der Landeshauptstadt Hannover (2011).

Kaltluftliefergebiete und wichtige Kaltluftleitbahnen

Kaltluft entsteht auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Wiesen, Acker), in größeren Parkanlagen und Wäldern sowie im Bereich von Kleingartenanlagen und Friedhöfen. Auf diesen Flächen kühlen sich die Oberfläche und somit auch die darüber liegenden Luftmassen insbesondere bei guten nächtlichen Ausstrahlungsbedingungen rasch ab. Diese Kaltluft kann über Kalt-

luftleitbahnen über größere Strecken in die erwärmte Innenstadt transportiert werden. Die Wirksamkeit des Kaltluftliefergebietes steigt mit dessen Größe. Kaltluftleitbahnen haben insbesondere dann eine hohe Bedeutung, wenn sie das Vordringen von Kaltluft in den Innenstadtbereich zu den bioklimatisch höher belasteten Gebieten begünstigen. Eine Bebauung innerhalb der Leitbahnen würde deren Funktion stark einschränken.

Klimakomfortinseln

Auf diesen Flächen bildet sich ebenfalls Kaltluft. Sie sind allerdings kleiner als 20.000 m². Die kleinste in der Fachkarte dargestellte Klimakomfortinsel ist 180 m² groß. Bei diesen Inseln handelt es sich um öffentliche Plätze, begrünte Spiel- und Sportplätze, große Innenhöfe, kleinere Freiflächen wie Felder und Brachen, kleinere Friedhofsanlagen und größere Gärten. Sie entfalten aufgrund ihrer geringeren Größe nicht die klimatische Fernwirkung eines Kaltluftentstehungsgebietes, spielen aber dennoch eine wichtige Rolle als bioklimatische Komfortinseln in der Stadt. Diese Funktion üben sie vor allem dann aus, wenn sie ein Mosaik unterschiedlicher Mikroklimata (beschattete und besonnte Bereiche, Wasserflächen) aufweisen. Ihre Wohlfahrtswirkung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Fläche selbst. Da sie in der Regel keine eigenen Kaltluftströme ausbilden, wirken sie nicht in die angrenzende Bebauung hinein. Diese Grünflächen treten als Kühlinseln innerhalb der aufgeheizten Bebauung auf und bieten den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt insbesondere an Hitzetagen angenehme Aufenthaltsbereiche. Trotz geringerer Kaltluftproduktion sind sie daher – gerade im verdichteten und stark versiegelten Innenstadtbereich – von Bedeutung. Eine Überbauung dieser Flächen würde zur Erhöhung der Wärmebelastung führen. Einzelne Wärmeinseln würden zu größeren Wärmeinseln verschmelzen.

Bioklimatisch höher belastete Siedlungsräume

Unter dem Begriff „Bioklima“ wird die Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf den menschlichen Organismus gefasst. Die wichtigsten meteorologischen Größen sind dabei Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlung. Sie beeinflussen u. a. die sogenannte „gefühlte Temperatur“. In der Stadt wird das Bioklima maßgeblich durch die Bebauung geprägt. Das Wort „Wärmeinsel“ beschreibt die im Mittel höhere Temperatur in einer dicht bebauten Stadt gegenüber dem Umland. Sie entsteht durch einen Wärmeüberschuss infolge einer dichten Bebauung und einem hohen Versiegelungsgrad, weil der Austausch von Luftmassen reduziert ist, weniger Verdunstungskälte auftritt und der Grad der Wärmespeicherung in Gebäuden entsprechend hoch ist. Der Temperaturunterschied zum Umland kann nachts in Hannover bis 8 °C betragen. Insbesondere in hochsommerlichen Nächten verursacht die Wärmeinsel erhöhte Wärmebelastungen für die Menschen und führt zu einer Einschränkung der Lebensqualität. In der Fachkarte sind die Gebiete ausgewiesen, die aktuell eine höhere bioklimatische Belastung während sommerlicher Wärmeperioden aufweisen. Diese Gebiete verfügen zum einen über eine dichte Bebauung und hohe Versiegelung, zum anderen werden sie während nächtlicher Wärmebelastungen nicht mehr durchlüftet. Aufgrund von Hindernissen oder größerer Entfernung zu begrünten Freiflächen erreichen die nächtlich gebildeten Kaltluftströme diese Gebiete nicht.

Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung bis Mitte des Jahrhunderts

Mit dem Klimawandel wird die sommerliche Wärmebelastung für die Bevölkerung besonders in den Städten deutlich zunehmen. Im Sinne einer Vulnera-

bilitätsanalyse („Verwundbarkeitsanalyse“) weist die Fachkarte Bereiche in der Stadt aus, in denen bis Mitte des Jahrhunderts eine merklich Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung auftreten wird. Die Abstufung erfolgt in den Kategorien mäßige, hohe und sehr hohe Zunahme.

Standorte empfindlicher Nutzungen

Bestimmte Bevölkerungsgruppen sind besonders von der innerstädtischen Wärmebelastung betroffen. Dazu gehören ältere und geschwächte Menschen, Kranke und auch Kleinkinder. Schülerinnen und Schüler können während Hitzeperioden hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit im Unterricht beeinträchtigt sein. Für diese Bevölkerungsgruppen bzw. deren spezifische Einrichtungen gilt eine besondere Vorsorge, insbesondere wenn sie sich innerhalb der Gebiete mit höherer bioklimatischer Belastung oder in Gebieten mit hoher und sehr hoher Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung befinden. Die Planung neuer Standorte z. B. von Kindertagesstätten sollte ebenfalls darauf Rücksicht nehmen.

Als Standorte mit empfindlichen Nutzungen werden Schulen, Kindertagesstätten und Krankenhäuser sowie Seniorenwohnanlagen und städtischen Alten- und Pflegezentren ausgewiesen.

Siedlungsbereiche mit überdurchschnittlich hoher Einwohnerdichte

Grundlage für die Bewertung der Einwohnerdichte ist die Summe der Bewohnerinnen und Bewohner pro Blockfläche. Der Mittelwert für Hannover beträgt 170 Einwohnerinnen und Einwohner pro Hektar. Ein Wohnbereich mit überdurchschnittlich hoher Einwohnerdichte wurde mit mehr als 340 Einwohnern pro Hektar definiert. Dort, wo Wohnbereiche mit hoher Einwohnerdichte sich mit den Gebieten mit höherer bioklimatischer Belastung oder den Gebieten mit hoher und sehr hoher Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung decken, ist die Anzahl der von Wärmebelastung Betroffener besonders hoch. In diesen Wohnbereichen sind Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung, z. B. Begrünung, Beschattung etc., besonders wichtig.

Überschwemmungsgebiete

Dargestellt werden die in der Stadt Hannover gesetzlich festgesetzten und die vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebiete. In diesen Gebieten sind u. a. die Bestimmungen des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu beachten.

Mit diesen Themen ist die Fachkarte keineswegs abgeschlossen. Sie bleibt für weitere Themen, die die Klimaanpassung betreffen, offen. Diese werden nach und nach eingepflegt werden. So ist beispielsweise die Ausweisung thermischer Belastungszonen für die städtische Vegetation (insbesondere für die Straßenbäume) und die Ausweisung von Siedlungsbereichen, die bei Starkregenereignissen besonders gefährdet sind, geplant.

3.8 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Die Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit dient nicht nur zur Information der Bevölkerung über die möglichen Folgen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen der Stadt Hannover, sondern auch der Bewusstseinsbildung, dass eine Änderung der Lebens- und Konsumstile im privaten Bereich zukünftig notwendig wird, damit Klimaschutz und Klimaanpassung erfolgreich sein können.

Die *Anpassungsstrategie zum Klimawandel für die Landeshauptstadt Hannover* wurde am 12. Mai 2012 und am 1. Juni 2014 beim „Autofreien Sonntag“ mit einem Informationsstand der Öffentlichkeit mittels Poster zu den Klimafolgen und den entsprechenden Anpassungsmaßnahmen vorgestellt.

Zur Information für die Bürgerinnen und Bürger hat die Stadtverwaltung mehrere Flyer und Broschüren zur Klimaanpassung herausgegeben:

- Flyer „Große Hitze, was tun?“
Verhaltenstipps für heiße Tage
- Broschüre zum Umgang mit Boden bei Baumaßnahmen (Informationen für Bauwillige)
- Flyer „Machen Sie Ihr Haus zukunftsfähig! Städtische Förderprogramme für Hauseigentümer/innen“
- Informationsblatt „Grüne Wände für Hannover – besseres Klima durch Fassadengrün“

Gemeinsam mit der Volkshochschule Hannover hat die Stadtverwaltung im Frühjahr 2013 eine Vortragsreihe zum Thema Klimawandel gestartet, die die unterschiedlichen Auswirkungen der Erderwärmung und mögliche Anpassungsmaßnahmen thematisiert. Bisher sind folgende Teilaspekte des Klimawandels betrachtet worden:

- Mehr Wasser in der Stadt?
Neue Perspektiven für die Planung. (22. März 2013)
- Gesunder Boden – Gutes Klima.
Einfluss von Klimaveränderung auf Böden. (5. Dezember 2013)
- Gefährdet der Klimawandel mein Haus?
Extremwetterereignisse und Risikoversorge. (24. April 2014)
- Klima, Wetter, Hitze. Was erwartet uns in Zukunft?
Einfluss von Klimaveränderungen auf Wetter und Wohlbefinden. (18. September 2014)
- Klimawandel und urbane biologische Vielfalt (15. April 2015)
- Stadtbäume im (Klima-) Wandel (23. November 2015)
- Starkregen, Hochwasser ... wohin mit der Flut? (22. März 2016)

Abb. 31: Ankündigungsflyer für einen Vortrag in der Volkshochschule Hannover. Beworben wurde dieser (und die anderen Vorträge) auch über die Webseite der Landeshauptstadt Hannover und über das Fahrgastfernsehen in den Stadtbahnen.



4 Forschung

Zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist teilweise eine gutachterliche Begleitung erforderlich. Zum einen werden Untersuchungen notwendig, um Daten für die Fachkarte Klimaanpassung zu erheben (z. B. zur Ausweisung klimarelevanter Böden), zum anderen sollen durch Modellrechnungen und Messkampagnen die Wirksamkeit von Maßnahmen überprüft und optimiert werden. Insbesondere trifft dies auf die Planung neuer Bebauungsgebiete zu. Möglichst in einer frühen Planungsphase wird mittels Klimafunktionskarte und in einigen Fällen mittels gesonderter Klimamodellrechnung geprüft, ob die Bebauung negative Auswirkungen auf Kaltluftentstehungsgebiete, Kaltluftleitbahnen und die bioklimatische Situation angrenzender Baugebiete hat. Zudem lassen sich aus der Modellierung Empfehlungen ableiten, wie die bioklimatische Situation im Baugebiet durch eine veränderte Planung optimiert werden kann. Diese Klimamodellierungen sind bisher u. a. für die Baugebiete Zero:E-Park (Wettbergen), Büntekamp, Wasserstadt Limmer, Am Marstall, Fuhsestraße, Klagesmarkt und Hilligenwöhrn durchgeführt worden.

Die GIS-basierte Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen für die Stadt Hannover (Klimafunktionskarte) wurde im Jahr 2006 erstellt. In den vergangenen Jahren haben sich die Daten zur Landnutzung und der Stand der Technik bei der Erstellung von Klimaanalysen deutlich weiterentwickelt. Die Stadtverwaltung hat deshalb die klimaökologischen Funktionen und Prozesse im Zeitraum 2015/16 mit einer aktualisierten Datenbasis und dem verbesserten FITNAH-Klimamodell erneut berechnen lassen. Dabei wurde auch eine nutzerorientierte Planungskarte Klima entwickelt, die den heutigen Erfordernissen der Berücksichtigung des Schutzgutes Klima in der räumlichen Planung gerecht wird. Zentrales Element ist dabei die Anpassung an den Klimawandel mit dem Themenkomplex „Städtische Hitzebelastung“ (Urban Heat). Die Klimaanalyse wurde von der GEO-NET Umweltconsulting GmbH Hannover durchgeführt, die mit dem Meteorologischen Institut der Universität Hannover (Prof. Groß) eine Arbeitsgemeinschaft bildet.

4.1 Klimauntersuchung eines urbanen Raumes am Beispiel der Landeshauptstadt Hannover

Bei der „Untersuchung zum Stadtklima mit dem besonderen Aspekt der unterirdischen Tunnelsysteme des öffentlichen Nahverkehrs am Beispiel der Landeshauptstadt Hannover“ handelt es sich um ein gemeinsames Vorhaben des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz, des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Landeshauptstadt Hannover. Das Projekt ist thematisch ausgerichtet auf die Themen Gesundheitsvorsorge im Zuge der



Abb. 32: Mobile Klimastation des Deutschen Wetterdienstes in Bremen (Foto: DWD)

Klimaanpassung, nachhaltige Stadtentwicklung und vorbeugender Katastrophenschutz. Generell soll dabei der Frage der Auswirkungen des Klimawandels in Verbindung mit Auswirkungen längerer Hitzeperioden und den sich daraus ergebenden Erfordernissen für die zukünftige Stadt- und Verkehrsentwicklung nachgegangen werden. Dabei interessieren nicht nur die Verhältnisse im direkten belebten „Oberflächenbereich“, sondern es soll auch eine Betrachtung des unterirdisch gelegenen Lebensraums der Tunnel und Bahnhöfe des öffentlichen Nahverkehrs mit seinen modifizierten Klimabedingungen erfolgen.

Das geplante Messprogramm sieht vor, drei Straßenbahnzüge mit meteorologischer Messsensorik im Außenbereich und eine Bahn zusätzlich im Innenbereich auszurüsten. Im Innenbereich sollen die Wärmestrahlung, Lufttemperatur sowie die relative Luftfeuchte für eine Dauer von mindestens drei Jahren entlang von Bahntrassen und im Tunnel und unterirdischen Stationen erfasst werden. Ergänzt werden diese Profilmessungen mit der Bahn durch zwei oberirdische temporäre Messstationen des Deutschen Wetterdienstes, an denen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit ebenfalls über mindestens drei Jahre erfasst werden. Ferner runden Profilmessungen mit einem entsprechend instrumentierten Fahrzeug während ausgewählter Wetterlagen das Messkonzept ab.

Neben diesem Untersuchungsprogramm ist auch die Errichtung einer zum DWD-Stadtklimamessnetz gehörenden Station „Hannover“ geplant. Sie soll über einen möglichst langen Zeitraum Klimadaten aus dem dicht bebauten Innenstadtbereich liefern.

4.2 Verdichtung des Grundwasser-Messnetzes

Seit Anfang der 2000er Jahre hat sich gezeigt, dass zumindest in manchen der regelmäßig abgelesenen Grundwassermessstellen immer wieder erhöhte Grundwasserstände auftraten. Diese überschritten die bis dato zugrunde gelegten prognostizierten höchsten Grundwasserstände, die sich aus den Messreihen bis Ende der 1970er Jahre ergaben. Die Klimamodelle prognostizieren für den norddeutschen Raum ein zukünftig deutlich verändertes Niederschlagsverhalten. Im Sommer ist demnach mit 10 – 20 % geringeren durchschnittlichen Niederschlagsmengen zu rechnen, im Winter dagegen ist eine Zunahme um 15 – 25 % zu erwarten. Außerdem soll der Anteil an Starkniederschlägen zunehmen. Das veränderte Niederschlagsverhalten wird sich in jedem Fall auf die Grundwasserstände auswirken, die Grundwasserschwankungen werden sich verstärken. Dadurch kann es in bestimmten Bereichen des Stadtgebietes im Sommer durch Austrocknung des Bodens zu Setzungen kommen, in den Wintermonaten hingegen zu „feuchten Kellern“. Eine weitere Folge kann ein erhöhter Schadstoffaustrag in das Grundwasser sein (vgl. 3.3).

Aus diesen Gründen wurde 2013 eine neue Grundwasserkarte erarbeitet, die sowohl die mittleren als auch die höchsten zu erwartenden Grundwasserstände auf der Basis der aktuellen Daten darstellt. Diese Karte ist

nicht nur eine wichtige planerische Grundlage für die Stadt, sondern ebenso für Bauwillige, Architektinnen und Architekten etc., die anhand des zu erwartenden höchsten Grundwasserstandes die Anforderungen an die Bausubstanz festlegen können. Außerdem stellt sie eine unverzichtbare Grundlage für umweltgeologische Fragestellungen dar und durch eine regelmäßige Aktualisierung wird es zukünftig möglich sein, langfristige Veränderungen des städtischen Grundwasserhaushalts zu erkennen.

Im Rahmen der Aktualisierung hat sich ergeben, dass das momentan aktive Grundwassermessnetz in bestimmten Bereichen lückenhaft ist, wodurch eine hinreichend genaue Interpolation der Wasserstandsdaten nicht möglich ist bzw. zu nicht plausiblen Ergebnissen führt. Insgesamt wurden über 40 Bereiche identifiziert, in denen Kenntnislücken vorhanden sind. Diese Lücken gilt es bis fünf Jahre vor der nächsten Aktualisierung zu schließen, die für 2022/2023 vorgesehen ist. Nur so kann sichergestellt werden, dass bis dahin eine ausreichend belastbare Datenbasis zur Verfügung steht. In einigen der Bereiche konnten existierende inaktive Grundwassermessstellen mit relativ geringem Aufwand reaktiviert werden. In anderen Bereichen ist die Einrichtung neuer Grundwassermessstellen erforderlich. Etwa 2/3 der Lückenschlüsse konnten bisher realisiert werden. Um Extremereignisse an den Grundwasserständen sicher erfassen zu können, werden verstärkt Datenlogger eingesetzt.

4.3 Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und das Überflutungsverhalten in Siedlungsgebieten

Wie beschrieben haben die Auswirkungen des Klimawandels in der kommunalen Praxis mittlerweile einen hohen Stellenwert erreicht. Zentrale Aspekte sind die steigende Erwärmung sowie die Entwicklung von Überflutungsrisiken von Gewässern und Kanalisationen infolge häufigerer Starkniederschläge. Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung der Landeshauptstadt Hannover ist im Projekt „Wasserhaushalt siedlungsgeprägter Gewässer (WaSiG) – Planungsinstrumente und Bewirtschaftungskonzepte“ für den Zeitraum von 2015 bis 2018 als Partner fest eingebunden. In diesem Verbundprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) werden übertragbare Kenntnisse über mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und das Überflutungsverhalten in Siedlungsgebieten mit Bewirtschaftungsmaßnahmen gewonnen. Die Ermittlung der Akzeptanz seitens der Bevölkerung und der kommunalen Akteure sowie die Integration neuer Maßnahmen in die kommunalen Planungs- und Verwaltungsabläufe sind weitere wichtige Bausteine, die derzeit erarbeitet werden.



Die Auswirkungen und die Resilienz der (naturnahen) dezentralen Regenwasserbewirtschaftung werden im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels u. a. am Beispiel des EXPO 2000-Projektes „Wasserkonzept für das Siedlungsgebiet Hannover-Kronsberg“ analysiert. Dieser als EXPO 2000-Projekt für nachhaltiges Bauen entwickelte neue Stadtteil Kronsberg verfügte schon damals flächendeckend über die unterschiedlichsten Einrichtungen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, die jetzt nach mehr als 15 Jahren ganzheitlich überprüft werden können.

Für die wachsende Landeshauptstadt Hannover haben diese Untersuchungen eine aktuelle Bedeutung, da derzeit z. B. von der Verwaltung mit externer Unterstützung ein Funktionsplan für die 50 Hektar große südliche Erweiterung dieses Stadtteils aufgestellt wird. Ziel ist nach derzeitigem Stand, hier etwa 3.500 Wohneinheiten für ca. 8.000 Bewohner zu schaffen.

Von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung wird u. a. hier nicht nur ein abflussdämpfender Effekt erwartet, sondern auch ein positiver Effekt auf das Stadtklima, wenn die Verdunstung nennenswert erhöht werden kann. Hinsichtlich der dafür notwendigen Anpassung der Infrastruktur gibt es jedoch noch Fragestellungen, für die in den letzten Jahren bereits erste Antworten und Handlungsansätze definiert worden sind.

Die Mitwirkung der Bürgerschaft bei Meinungsbildungsprozessen in der Kommunalpolitik und bei Planungsprozessen hat einen hohen Stellenwert in den Kommunen erreicht. Zusätzlich zu den formalen Beteiligungsverfahren dienen Umfragen, Planungsworkshops und andere offene Foren auch hier der bürgernahen Stadtentwicklung.

Von sehr hoher Bedeutung für die künftige planerische Praxis sind die Ergebnisse zur Akzeptanz der Bewirtschaftungsmaßnahmen, die Resilienz der Maßnahmen bei einem Klimawandel sowie die Kosten und der Betrieb. Hier werden im Verbund mit den anderen Partnern wesentliche Beiträge zu den Grundlagen kommunaler Planungspraxis erarbeitet.



Abb. 33: Gelebte Anpassung – Hochwasser am Ihmezentrum 2013 (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün)

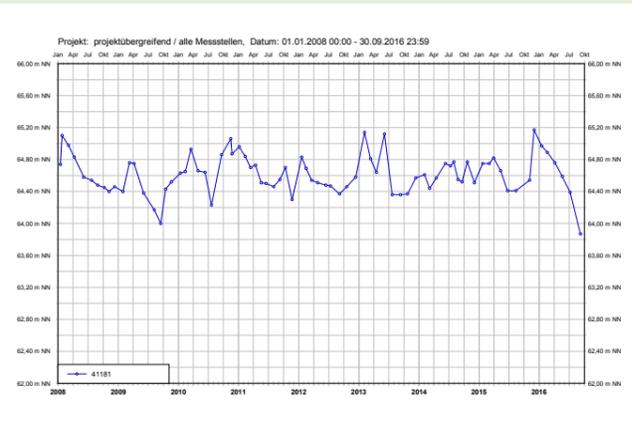


Abb. 32: Grundwassermessstelle der Landeshauptstadt Hannover mit Grundwasserganglinie (kleine Grafik) (Foto: FB Umwelt und Stadtgrün)



4.4 Vorhersagen von urbanen Sturzfluten

Aufgrund der Extremregenereignisse der letzten Jahre in der Bundesrepublik Deutschland und nicht zuletzt aufgrund der Weiterentwicklung der digitalen Hilfsmittel, ist das Forschungsfeld im Bereich von Sturzfluten und Überflutungsvorsorge gewachsen. Richtlinien und Empfehlungen für die kommunale Bearbeitung des Themas Überflutungsvorsorge sind von Fachverbänden und verschiedenen Städte oft in Zusammenhang mit Forschungsprojekten ausgearbeitet worden.

Zurzeit nimmt die Stadtentwässerung Hannover an dem Forschungsprojekt EVUS „Echtzeitvorhersage für urbane Sturzfluten und damit verbundene Wasserkontamination“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) teil. Das Projekt ist Mitte 2015 mit einer Laufzeit von 3 Jahren gestartet. Als Output aus dem Projekt erwarten wir genauere Kenntnisse von Prozessen, die im Falle eines Extremregenereignisses in Hannover auftreten können. Diese Erkenntnisse sollen, soweit übertragbar und brauchbar, in einem Überflutungsvorsorgekonzept für Hannover mit eingearbeitet werden.

Auszug aus der Projektbeschreibung:

Urbane Sturzfluten werden von lokalen und schnellen Unwetterereignissen mit sehr starken Niederschlagsraten verursacht, die zum Versagen des Entwässerungssystems einer Stadt führen. Solche Ereignisse haben ein hohes Schadenspotenzial und werden, mit der zu erwarteten Zunahme von Extremereignissen, in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Kaskadierende (auf einander folgende) Schadensereignisse während einer urbanen Sturzflut können durch die ungewollte Freisetzung von schädlichen Substanzen entstehen. Die Transportzeiten zu kritischen Stellen im urbanen Wassersystem und zu Leckagestellen in den Untergrund sind während einer Überflutung kurz. Dies kann eine Gefährdung für die Qualität von Grundwasser und Oberflächenwasser darstellen. Frühwarnsysteme erfordern die Vorhersage von Niederschlag und damit verbundenen Strömungs- und Transportszenarien. Solche Vorhersagesysteme stellen, vor allem wegen der notwendigen möglichst langen Vorhersagezeit, eine große Herausforderung dar. In dem EVUS-Projekt wird die Erstellung eines solchen Vorhersagesystems für die Stadt Hannover geplant. Die Vorhersage beinhaltet Niederschlagsvorhersage, Vorhersage von Strömung und Transport im Kanalsystem, auf der Oberfläche und im Untergrund des Stadtgebiets und eine schnelle Schadensvorhersage. Für die Strömung werden zwei Modelle mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad aufgesetzt. Es wird ein sogenanntes physikalisch basiertes Modell verwendet, das die physikalischen Prozesse der Strömung vollständig abbildet, um mögliche Strömungsszenarien zu berechnen. Wegen der Komplexität solcher Modelle können sie nicht zur Echtzeitvorhersage verwendet werden. Daher wird aus den Szenarien mit physikalisch basierten Modellvorhersagen ein vereinfachtes Datenbank-Metamodell entwickelt, das eine Echtzeitvorhersage mit einer Rechenzeit von Minuten erlaubt. Die Strömungssimulationen werden mit einem Überflutungsschadensmodell kombiniert um kritische Orte zu identifizieren, an denen die Strömung besonders gut wiedergegeben werden sollte. Für die Modellentwicklung und Validierung wird eine Befragung durchgeführt. Crowdsourcing Methoden (die „Weisheit der Vielen“ mit Hilfe des Internets nutzen) werden verwendet, um möglichst viel Echtzeitinformation für die Kalibrierung und Steuerung der Strömungs- und Transportmodellierung und eventuell für die Niederschlagsvorhersage nutzen zu können. Zu diesem Zweck soll eine Anwendung entwickelt werden, mit der Informationen zur Überflutung mit Smartphones kommuniziert werden kann. Zur Visualisierung der Vorhersagen, sowie zur direkten Anpassung von Beobachtungen wird eine webbasierte Benutzeroberfläche entwickelt.

5 Literatur

- **Arbeitskreis Stadtbäume** der Gartenamtsleiterkonferenz (2016): GALK-Liste der Straßenbäume, Stand 15.2.2016
- **Deutscher Städtetag**, Fachkommission Umwelt (2012): Positionspapier zur Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte
- **Deutscher Wetterdienst (DWD)** (2015): Klimawandel könnte künftig mehr Hitzetote fordern; Pressemeldung vom Juli 2015
- **Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V.** (Hrsg.), beauftragt vom BMBF (2014): Perspektive Erde, Forschung zum globalen Wandel, Heft 02/2014
- **GEO-NET** (2006): Erstellung einer GIS-basierten Karte der klima- und immissionsökologischen Funktionen für die Stadt Hannover unter Verwendung des 3D Klima- und Ausbreitungsmodells FITNAH
- **GEO-NET** (2006): Karte der sommerlichen Wärmebelastung unter dem Einfluss des Klimawandels in der Landeshauptstadt Hannover
- **Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm / Harald Welzer** (2013): Zwei Grad mehr in Deutschland. Wie der Klimawandel unseren Alltag verändern wird. Frankfurt am Main
- **IPPC** (2013): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2013: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauweris, Y.Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim, Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, Bern/Bonn/Wien, 2014.
- **IPPC** (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32
- **Landeshauptstadt Hannover (LHH)** (2000): Naturnaher Umgang mit Regenwasser, Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz, Heft 30, 2000
- **Landeshauptstadt Hannover (LHH)** (2006): Beschlussdrucksache 1242/2006, „Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen in der Landeshauptstadt Hannover“
- **Landeshauptstadt Hannover (LHH)** (2007): Beschlussdrucksache 1440/2007, „Ökologische Standards beim Bauen im kommunalen Einflussbereich“
- **Landeshauptstadt Hannover (LHH)** (2012): Informationsdrucksache 0933/2012, „Anpassungsstrategie zum Klimawandel für die Landeshauptstadt Hannover“
- **Landeshauptstadt Hannover (LHH)** (2012): Informationsdrucksache 1554/2012 „Programm zur Minimierung der Folgen der Klimaerwärmung“
- **Meteoterra/GEO-NET** (2015): Grundlagen und Empfehlungen für eine Klimaanpassungsstrategie der Region Hannover
- **Morice, C.P., Kennedy, J.J., Rayner, N.A. and Jones, P. D.** (2012): Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset. Journal of Geophysical Research, 117 (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming>)
- **Roloff, Bonn, Gillner** (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM), Dresden
- **Sieker, Friedhelm u. a.** (2002): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten, 2., neu bearb. Auflage – Renningen-Malsheim
- **Stadtentwässerung Hannover** (2012): Konzept zur Stabilisierung des Wasserhaushalts im Seelhorstwald, Endbericht
- **Umweltbundesamt (UBA)** (2013): Welche Klimaänderungen sind für Deutschland zu erwarten? <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien/erwartete-klimaaenderungen>
- **Umweltbundesamt (UBA)** (2016): Chronik weltweiter Temperaturen, Niederschläge und Extremereignisse seit 2010 (Hintergrund // Mai 2016)
- **Swiss Academy of Science, Deutsche IPCC Koordinierungsstelle, Umweltbundesamt** (Hrsg.) (2013): IPCC 2013. Klimaänderung 2013: Wissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

6 Anhang

6.1 Umgesetzte Maßnahmen aus dem „Programm zur Minimierung der Folgen der Klimaerwärmung“

Maßnahmen

Regenwassermanagement / Bodenschutz

Entsiegelung und Begrünung Busspur Friedrichswall (ca. 4.000 m²)
 Entsiegelung von Straßenseitenraum für Baumstandorte in der Phillipsbornstraße
 Sanierung von Baumstandorten
 Schaffung neuen Retentionsraumes im Seelhorstwald
 Bau neuer Grundwassermessstellen

Dachbegrünung

Projekt „Mehr Natur in der Stadt: Dach- u. Fassadenbegrünung“
 (Förderung von 10.000 m² Dachbegrünung und 20 Projekten zur Fassadenbegrünung)

Dachbegrünung städtischer Gebäude (8.200 m²)

- Volkshochschule am Hohen Ufer
- Feuerwache am Weidendamm
- IGS Linden
- Jugendtreff Anderten
- Grundschule Stammestr.
- Grundschule Tiefenriede
- Gymnasium Lutherschule
- Kita Oststadtkrankenhaus

Stadtbäume

Baumscheibensanierung und Neupflanzung Philipsbornstraße (23 Ginko, 27 Gleditschie, 250 Liguster)
 Baumpflanzung Sallstraße (14 Bäume)
 Baumsanierung Platane an der Kröpkeuhr

Klimamodellierung im Rahmen der Bauleitplanung

Klagesmarkt
 Am Marstall
 Büntekamp
 Fuhsestraße
 Wasserstadt Limmer
 Steintor
 Hilligenwöhren

Forschung für eine klimaangepasste Stadtentwicklung

Konzept klimaangepasste Siedlung Hilligenwöhren
 Vulnerabilitätsanalyse
 Aktualisierung der Klimaanalyse 2006
 Projekt mit dem Deutschen Wetterdienst Stadtklimauntersuchung

Öffentlichkeitsarbeit

Informationsblätter und Broschüren:

- Infoblatt Große Hitze! Was tun?
- Broschüre Bodenschutz auf Baustellen
- Infoblatt Förderprogramme für Hauseigentümer
- Infoblatt Fassadengrün

Vortragsreihe „Hannover im Klimawandel: Folgen und Anpassung“ zu den Themen:

- Wasser
- Boden
- Schäden durch Unwetter
- Hitzebelastungen
- Artenvielfalt
- Stadtbäume
- Starkregen und Hochwasser

Informationsstände auf den Autofreien Sonntagen, Regionsentdeckertag, Tag des Wassers, Tag des Bodens

Umweltbildung

Kooperation mit Janun: KlimaSchutzModule für Schulklassen

6.2 Verfahrenshinweis Sonnenschutz / Nachtlüftung

Problemstellung / Spannungsfeld

Dieser Verfahrenshinweis bietet Entscheidungshilfen für die Vermeidung von Überhitzungen in Schulen, Kitas, Verwaltungsgebäuden, Heimen, Horten usw., er ist sowohl für die Sanierung wie auch für den Neubau anwendbar.

Das bei unseren Gebäuden vorhandene Spannungsfeld mit den Eckpunkten:

- Einige Gebäude heizen sich im Sommer zu sehr auf,
- Die Luftqualität soll zwischen 1000 und 2000 ppm CO₂ gehalten werden,
- Energieeffizienz, wir wollen nicht zum Fenster raus heizen,

erfordert einen vielschichtigen Lösungsansatz. Ein entscheidender Faktor für ein gut funktionierendes Gebäude ist die Vermeidung von Wärmeeinträgen im Sommer.

Begriffsdefinitionen

Sonnenschutz: Reduziert den Energieeintrag durch die Sonneneinstrahlung und mindert gleichzeitig die Blendung durch das Sonnenlicht.

Blendschutz: Verhindert Blendung durch das Sonnenlicht, wie sie z.B. durch zu hohe Leuchtdichten auf hellen Flächen oder Spiegelungen auf glänzenden Oberflächen (z.B. Bildschirme) entstehen kann.

Sonnenschutz

ist nur erforderlich für süd- sowie ost-/westorientierten Räumen (siehe Arbeitshilfe 3)

1. Bei Südost- bis Südwestausrichtung sollte ein außenliegender statischer Sonnenschutz eingesetzt werden. Bei fehlender natürlicher Beschattung durch Bäume und Bauten etc. kann eine zusätzliche Sonnenschutzverglasung, beispielsweise mit einem g-Wert von 34% und einem innenliegenden Blendschutz (Vorhang) erforderlich sein.
2. Lässt sich kein statischer Sonnenschutz verwirklichen, ist die nächste Wahl der außenliegende dynamische Sonnenschutz mit beweglichen Außenjalousien, Außenrollos oder ein Zwischenscheibensonnenschutz (Jalousie). Diese Systeme werden vollautomatisch betrieben und arbeiten ab einer Globalstrahlung von 200W/m². Der Nutzer hat jedoch die Möglichkeit, manuell einzugreifen. Die elektrische Variante hat den Vorteil, dass sie witterungsgesteuert eingefahren werden kann, bei Zwischenscheibensonnenschutz nicht erforderlich. Gegenüber dem statischen Sonnenschutz ist ein erhöhter Wartungsaufwand zu berücksichtigen. Ein weiterer Blendschutz ist hier nicht erforderlich. Sonnenschutzverglasung ist nicht erforderlich.
3. Sind die außenliegenden Systeme nicht anwendbar, beispielsweise an denkmalgeschützten Gebäuden, kommt eine Sonnenschutzverglasung mit innenliegendem Sonnen- / Blendschutz zum Einsatz.

Luftqualität

Der Sonnenschutz kann noch so gut sein; im Laufe der warmen Jahreszeit heizt sich das Gebäude auf, die Raumtemperaturen schaukeln sich hoch, ein Grund hierfür sind die inneren Lasten. Mit Sonnenschutz wird dieser Vorgang nur verlangsamt, aber nicht verhindert. Um erträgliche Raumtemperaturen halten zu können, muss in den kühleren Nachtstunden mit natürlicher Lüftung die Wärme abgeführt werden. Während der Raumnutzung (z.B. Unterricht) sollte eine CO₂-Konzentration in der Raumluft von 1.500 ppm nicht überschritten werden. Dies entspricht einer Mindestraumluftqualität von IDA 3 nach DIN EN 13779. Kurzzeitige Überschreitungen sind jedoch gesundheitlich unbedenklich (die maximale Arbeitsplatzkonzentration für eine 8 h-Exposition beträgt 5.000 ppm). Untersuchungen haben ergeben, dass dies mit Stoßlüftung in den Pausen und zusätzlich einem 5 – minütigen Lüftungsgang während der Unterrichtsstunde erreicht werden kann.

Natürliche Lüftung

Vorteile

- Kein Energiebedarf für die Luftförderung
- Geringer Wartungsaufwand
- Einfache Technik
- Kein (kaum) Kanalnetz erforderlich

Nachteile

- Die für die Nachtlüftung vorgesehene Fenster benötigen einen elektrischen Öffnungs-Schließ-Mechanismus
- Eingeschränkte Regelbarkeit
- Gefahrenpotential Witterung z.B. Schlagregen
- Gefahrenpotential Einbruch
- Wärmerückgewinnung nur eingeschränkt möglich
- Zugerscheinungen
- Eindringen von Vögeln und Kleintieren

Realisierung

Nachfolgende Konzepte sind denkbar, die einfachste Lösung, Nr. 1, wird angestrebt. Ist sie nicht umsetzbar, wird Nr. 2 geprüft, dann Nr. 3 usw. bis letztlich die für das Bauvorhaben passende Lösung gefunden ist.

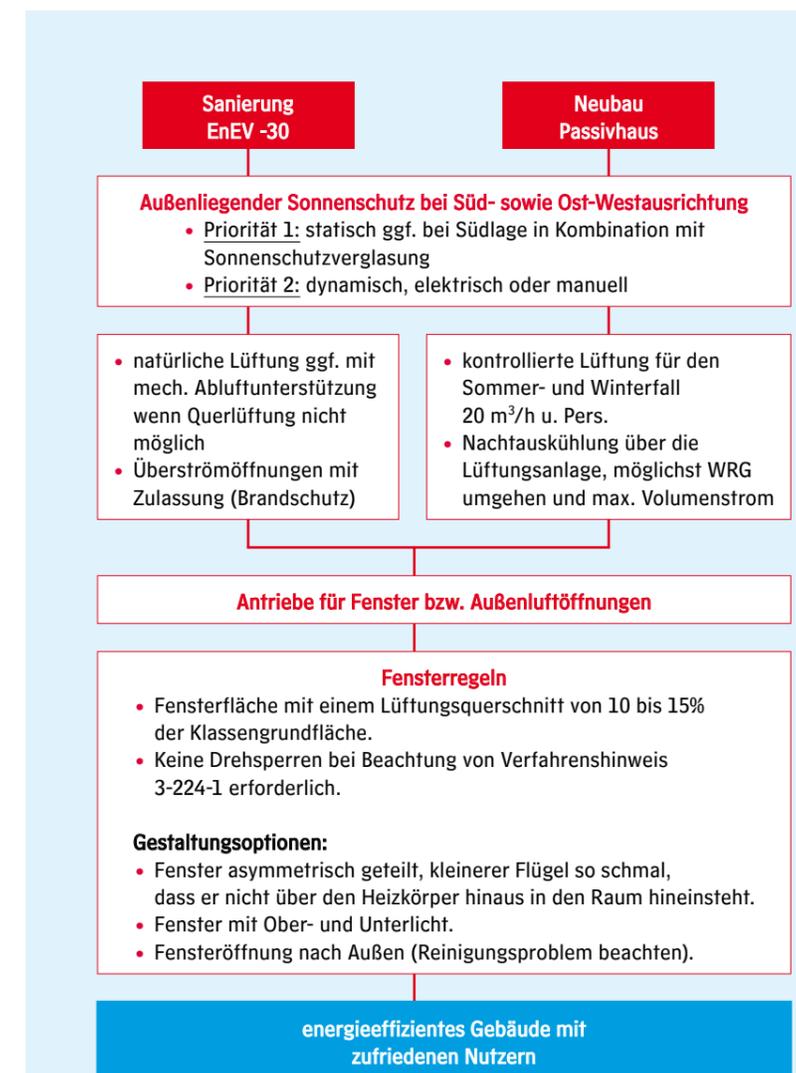
1. Querlüftung, Raumweise, mit Oberlichtern und / oder Lüftungsflügeln
 - Nachweis Luftwechsel mit phpp – Rechenmodul (Temperaturdifferenz für Nachtlüftung: 1K, für Sommerlüftung ganztags: 4 K; Windgeschwindigkeit für Nachtlüftung: 1 m/s, für Sommerlüftung ganztags: 1 m/s), (durch Hochbauplaner bzw. Energieberater).
 - Einbruchsicherheit
 - Regelungskonzept

2. Querlüftung, Raumverbund, mit Oberlichtern und/ oder Lüftungsflügeln, Schächten und Überströmungen, ohne Ventilator.
 - Nachweis Luftwechsel mit Simulationsrechnung (durch Hochbauplaner bzw. Energieberater)
 - Einbruchsicherheit
 - Brandschutzkonzept
 - Telefonieschalldämpfer
 - Regelungskonzept
3. Lüftung mit Außenluft über Oberlichter oder Lüftungsflügeln, Abluft ventilatorgestützt, ggf. mit Überströmungen. Bei einer Lösung mit zentraler Abluft und dezentraler Außenluft ist über den Einsatz einer Wärmerückgewinnung für die Brauchwasserbereitung oder Heizungsunterstützung nachzudenken.
 - Nachweis Luftwechsel mit Simulationsrechnung (durch Hochbauplaner bzw. Energieberater)
 - Einbruchsicherheit
 - Brandschutzkonzept
 - Telefonieschalldämpfer
 - Regelungskonzept
4. maschinelle Lüftungsanlage, bei Neubau phpp – Konform, bei Sanierung mit WRG und Bypass.
 - Nachweis Luftwechsel (Nachtlüftung) (durch Hochbauplaner bzw. Energieberater)
 - Regelungskonzept

Außerdem sind folgende Punkte zu beachten

- Brandschutz: Für die Überströmung der Abluft in den Flur Überströmelemente mit Zulassung, beispielsweise BSK mit Auslösung über Rauchmelder verwenden.
- Außenluftnachströmung über Fenster oder Außenluftelemente in der Fassade, elektrische Stellantriebe für Fenster und Außenluftelemente erforderlich.
- Intelligente Regelung erforderlich, Wind-Regensensoren, Globalstrahlung, Innen- und Außen-temperaturen, Bedarfstaster, „Heizung aus wenn Fenster auf“
- Nachtlüftung mit mindestens 4-fachem Luftwechsel lässt sich in der Regel in Schulen mit der ggf. vorhandenen RLT Anlage realisieren. (Die Luftmenge „Schule“ ergibt sich dabei wie folgt:
- Luftmenge 20 ... 25 m³/h u. Schüler ergibt bei 30 Schülern 600 ... 750 m³/h u. Klassenraum, bei 60 m², 3 m Höhe und n = 4-1 ergeben sich 720 m³/h d.h. Anlage reicht für Nachtlüftung.

- Kommen raumlufttechnische Anlagen zum Einsatz, so sind Außenluftfraten ausreichend, die die maximale CO₂-Konzentration in der Raumluft auf 1.500 ppm begrenzen. Hierzu kann die RLT-Anlage auch mit einer Fensterlüftung in den Pausen kombiniert werden. Dies führt zu Außenluftfraten zwischen 20 und 30 m³/P * h, entsprechend einer Luftqualität von IDA 3 (mittlere Raumluftqualität) nach DIN EN 13779. Innere Lasten: Verlegung von zu kühlenden Einrichtungen in nördlich orientierte Außen- oder Kellerräume.
- Aktivierung von Speichermasse ohne die akustischen Belange zu vernachlässigen.
- Bauphysik, Vermeidung von Bauschäden



6.3 Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM)

Einstufung wichtiger Baumarten nach ihrer Eignung für eine Verwendung im Stadtbereich bei prognostiziertem Klimawandel (fett: heimische Arten)
(Auszug aus der Liste von ROLOFF, BONN und GILLNER, 2008)



1.1 Bäume, die nach der Bewertung in beiden Kategorien (Trockentoleranz, Winterhärte [Frostempfindlichkeit, Frosthärte, Spätfrostgefährdung]) als **sehr geeignet** eingestuft werden

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Acer campestre</i> L. subsp. <i>campestre</i>	Feld-Ahorn
<i>Acer negundo</i> L. subsp. <i>negundo</i>	Eschen-Ahorn
<i>Acer x zoeschense</i> Pax	Zoeschener Ahorn
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Grau-Erle
<i>Cladrastis sinensis</i> Hemsl.	Chinesisches Gelbholz
<i>Fraxinus pallisiae</i> Wimott ex Pallis	Behaarte Esche
<i>Juniperus communis</i> L.	Gewöhnlicher Wacholder
<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.	Westliche Rotzeder
<i>Juniperus virginiana</i> L.	Rotzeder
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	Gemeine Hopfenbuche
<i>Phellodendron sachalinense</i> (Fr. Schmidt) Sarg.	Sachalin-Korkbaum
<i>Pinus heldreichii</i> H. Christ	Panzer-Kiefer
<i>Pinus nigra</i> Arnold subsp. <i>nigra</i>	Schwarz-Kiefer
<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>sylvestris</i>	Wald-Kiefer
<i>Prunus avium</i> (L.) L. var. <i>avium</i>	Vogel-Kirsche
<i>Quercus bicolor</i> Willd.	Zweifarbige Eiche
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx. var. <i>macrocarpa</i>	Klettenfrüchtige Eiche
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Gemeine Robinie
<i>Robinia viscosa</i> Vent.	Klebrige Robinie
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	Echte Mehlbeere
<i>Sorbus badensis</i> Düll.	Badische Eberesche
<i>Sorbus x thuringiaca</i> (Ilse) Fritsch	Thüringer Mehlbeere
<i>Tilia mandshurica</i> Rupr. et Maxim.	Mandschurische Linde
<i>Ulmus pumila</i> L. var. <i>pumila</i> (<i>U. mandschurica</i> Nakai)	Sibirische Ulme

1.2 Bäume, die nach der Bewertung in der Kategorie Trockentoleranz als **sehr geeignet** eingestuft werden, und in der Kategorie Winterhärte mit **geeignet** bewertet werden

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Acer opalus</i> Mill. subsp. <i>opalus</i>	Schneeballblättriger Ahorn
<i>Acer rubrum</i> L.	Rot-Ahorn
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Drüsiger Götterbaum
<i>Carya tomentosa</i> (Lam. ex Poir.) Nutt.	Spottnuss
<i>Catalpa speciosa</i> (Warder ex Barney) Engelm.	Prächtiger Trompetenbaum
<i>Cedrus brevifolia</i> (Hook.f.) Henry	Zypern-Zeder
<i>Cedrus libani</i> A.Rich. subsp. <i>libani</i>	Libanon-Zeder
<i>Celtis caucasica</i> Willd.	Kaukasische Zürgelbaum
<i>Celtis occidentalis</i> L. var. <i>occidentalis</i>	Amerikanischer Zürgelbaum
<i>Cupressus arizonica</i> Greene var. <i>arizonica</i>	Arizona-Zypresse
<i>Diospyros lotus</i> L.	Lotuspflaume
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche
<i>Fraxinus quadrangulata</i> Michx.	Blau-Esche
<i>Ginkgo biloba</i> L. Ginkgo	Fächerbaum
<i>Gleditsia japonica</i> Micq.	Japanische Gleditschie
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	Amerikanische Gleditschie
<i>Maackia amurensis</i> Rupr. et Maxim. var. <i>amurensis</i>	Asiatisches Gelbholz
<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch Virginische	Hopfenbuche
<i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl.	Bunges Kiefer
<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex C. Lawson	Gelb-Kiefer
<i>Pinus rigida</i> Mill.	Pech-Kiefer
<i>Platanus x hispanica</i> Münchh. (P. x <i>acerifolia</i> Ait.)	Ahornblättrige Platane
<i>Populus alba</i> L.	Silber-Pappel
<i>Quercus cerris</i> L.	Zerr-Eiche
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	Scharlach-Eiche
<i>Quercus frainetto</i> Ten.	Ungarische Eiche
<i>Quercus macranthera</i> Fisch. et C.A. Mey. ex	Hohen. Persische Eiche
<i>Quercus montana</i> Willd. (<i>Q. prinus</i> L.)	Kastanien-Eiche
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm.	Gelb-Eiche
<i>Quercus pubescens</i> Willd. subsp. <i>pubescens</i>	Flaum-Eiche
<i>Sophora japonica</i> L.	Japanischer Schnurbaum
<i>Sorbus domestica</i> L.	Speierling
<i>Sorbus latifolia</i> (Lam.) Pers.	Breitblättrige Mehlbeere
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	Elsbeere
<i>Thuja orientalis</i> L.	Morgenländischer Lebensbaum
(<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco)	Lebensbaum
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	Silber-Linde

2.1 Bäume, die nach der Bewertung in der Kategorie Trockentoleranz als **geeignet** eingestuft werden, und in der Kategorie Winterhärte mit **sehr geeignet** bewertet werden

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Acer buergerianum</i> Miq.	Dreispißiger Ahorn
<i>Acer platanooides</i> L.	Spitz-Ahorn
<i>Aesculus x carnea</i> Hayne	Rotblühende Kastanie
<i>Alnus x spaethii</i> Callier Spaeths	Erle
<i>Betula pendula</i> Roth	Sand-Birke
<i>Carpinus betulus</i> L.	Gewöhnliche Hainbuche
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall var. <i>pennsylvanica</i>	Grün-Esche, Rot-Esche
<i>Malus tschonoskii</i> (Maxim.) C.K. Schneid.	Woll-Apfel
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.	Serbische Fichte
<i>Populus x berlinensis</i> (K. Koch) Dippel	Berliner Pappel
<i>Populus tremula</i> L.	Zitter-Pappel
<i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) Pers.	Schwedische Mehlbeere
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Winter-Linde
<i>Tilia x euclora</i> K. Koch	Krim-Linde

2.2 Bäume, die nach der Bewertung in beiden Kategorien (Trockentoleranz, Winterhärte) als **geeignet** eingestuft werden

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Alnus cordata</i> (Loisel.) Desf.	Herzblättrige Erle
<i>Carya ovata</i> (Mill.) K. Koch	Schuppenrinden-Hickory
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Essbare Kastanie
<i>Celtis bungeana</i> Blume	Bungens Zürgelbaum
<i>Corylus colurna</i> L.	Baum-Hasel
<i>x Cupressocyparis leylandii</i> Dallim.	Leylandzypresse
<i>Diospyros virginiana</i> L.	Persimone
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv.	Guttaperchabaum
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Gemeine Esche
<i>Gymnocladus dioica</i> (L.) K. Koch	Amerikanischer Geweihbaum
<i>Nyssa sylvatica</i> Marshall	Wald-Tupelobaum
<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	Amur-Korkbaum
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	Rumelische Kiefer
<i>Platanus occidentalis</i> L.	Amerikanische Platane
<i>Pyrus communis</i> L.	Kultur-Birne
<i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd.	Wild-Birne
<i>Quercus imbricaria</i> Michx.	Schindel-Eiche
<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Sumpf-Eiche
<i>Quercus robur</i> ssp. <i>sessiliflora</i> (Salisb.) A. DC. (<i>Q. petraea</i> (Matth.) Liebl.)	Trauben-Eiche
<i>Quercus rubra</i> L.	Rot-Eiche
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Japanische Ulme
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb. Ex Murray)	Makino Japanische Zelkove

**LANDESHAUPTSTADT HANNOVER
DER OBERBÜRGERMEISTER**

**WIRTSCHAFTS- UND UMWELTDEZERNAT
FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN
BEREICH UMWELTSCHUTZ**

Arndtstraße 1
30167 Hannover
67.1@hannover-stadt.de

Texte:

Dirk Schmidt und
Caroline Bank, Elisabeth Kirscht, Susanne Luft,
Jens Pohl, Jennifer Schneider, Norbert Voßler,
Ingrid Weitzel, Hans-Otto Weusthoff, Monika Winnecke

Redaktion:

Silke Beck, Dirk Schmidt

Fotos:

dpa, DWD (Deutscher Wetterdienst),
Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Fotolia,
Gundlach GmbH Co. KG, Karl Joaentges

Gestaltung:

Visuelle Lebensfreude, Hannover

Druck:

unidruck GmbH & Co. KG
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Verantwortlich i. S. d. Redaktion:

Karin van Schwarzenberg

Stand:

Februar 2017
2. geänderte Auflage