

Anpassungsstrategie zum Klimawandel –

Informationen zu den Folgen des Klimawandels für die Stadt Hannover und die daraus resultierenden notwendigen Anpassungsmaßnahmen

Anlass

Das Klima ändert sich weltweit, es wird im Durchschnitt wärmer. Der überwiegende Anteil an der Erderwärmung wird durch die Aktivitäten des Menschen verursacht. Diese spätestens seit dem vierten IPCC-Bericht (2007) in Expertenkreisen anerkannte Tatsache 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 jedoch 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 zum Klimaschutz zugleich Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) erfolgen.

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 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 beschlossen¹. 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 somit sowohl im Rahmen der vorbereitenden Planung (Flächennutzungsplan) als auch durch die verbindliche Planung (Bebauungsplan) die Möglichkeit, den Belangen des Klimaschutzes über die zur Verfügung stehenden Darstellungen und Festsetzungen im Verhältnis zu den übrigen öffentlichen und privaten Belangen flankierend Rechnung zu tragen, z. B. durch Schaffung/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 Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung sind damit Teil der Abwägung öffentlicher und privater Belange, die bei Aufstellung der Bauleitpläne durchzuführen ist.

Mögliche Folgen des Klimawandels 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

¹ Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden, BGBl. I vom 29.07.2011, S. 1509 - Artikelgesetz u. a. zur Änderung des Baugesetzbuches

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 Stadtklimaefekte mit Auswirkung auf die Gesundheit des Menschen werden durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden. So bedeutet die mittlere globale Erwärmung um 0,8 Grad Celsius im letzten Jahrhundert 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 (KRdL) im VDI und DIN, 1988)

Ausgehend vom internationalen Modell (ECHAM) und einer mittleren globalen Erwärmung von 2 Grad können die Folgen des Klimawandels mit den nationalen Klimafolgen-Rechenmodelle (CLM, REMO) auf die Region Hannover übertragen werden. Danach ist für die Region Hannover von 3 Grad mittlerer Temperaturerhöhung bis zum Ende dieses Jahrhunderts auszugehen (Prof. Dr. G. Groß, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover). Das führt in innerstädtischen Verdichtungsräumen zu einer Erhöhung von Wärmebelastung und Hitzestress für die Bevölkerung. Nach der von der Landeshauptstadt in 2010 beauftragten *Modellierung von meteorologischen Kenngrößen zum Klimawandel für das Stadtgebiet von Hannover* ist in Hannover 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 versiebenfachen (Steigerung von 1,4 auf 9,8 Nächte). Auch 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. Die Klima-projektionen 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.

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 u. U. auch zum Tode führen können. Während des Hitzesommers 2003 sind in Europa 55.000 zusätzliche Todesfälle verzeichnet worden, davon 7.000 in Deutschland. 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 einher gehen, 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).

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, andere städtische 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. Vor allem aber werden lokale Starkregenereignisse zunehmen. Für eine dicht bebaute und versiegelte Stadtfläche 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 (z. B. Straßen, Kanalisation). Die Ableitung des Niederschlagswassers über die Kanalisation in die Flüsse führt dort zu erhöhter Hochwassergefahr. Bei Mischwasserkanalisation (Gemisch aus häuslichem oder industriellem Abwasser mit Niederschlagswasser) besteht zudem die Gefahr der Beeinträchtigung der Wasserqualität.

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.

Die Anpassungsstrategien beziehen sich im Wesentlichen auf die künftigen Probleme durch

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

„Die Zukunftsfähigkeit der Städte hängt von erfolgreichen Anpassungsmaßnahmen ab“
(Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung)

Beteiligte der Verwaltung

Bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien geht es vor allem darum, die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels frühzeitig in Planungs- und Entscheidungsprozesse einzubeziehen, insbesondere dort, wo es um mittel- bis langfristige Strukturentscheidungen (z. B. Raumnutzung) und Investitionsentscheidungen (z. B. Infrastruktur, Forstwirtschaft) geht. Fachliche Ziele und Planungen müssen um den Aspekt der Klimafolgenbetrachtung ergänzt werden. Dieses betrifft zahlreiche Fachstellen innerhalb der Stadtverwaltung. Daher wurden fachübergreifende Arbeitsgruppen zur Erarbeitung von Anpassungsstrategien eingerichtet. Da „Klima“ an der Stadtgrenze nicht endet, sind auch Fachstellen der Region Hannover eingebunden worden. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die beteiligten Fachressorts.

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
FB 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

Ziele der hier vorgelegten Klimafolgen-Anpassungsstrategien

Mit dieser Abhandlung sollen den Entscheidungsträgern die möglichen Folgen und Chancen des Klimawandels sowie geeignete Anpassungsoptionen bekannt gemacht werden, damit Anpassung in politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen künftig verstärkt berücksichtigt werden kann. Anpassungsstrategien sollen gewährleisten, 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 meist 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)*

Maßnahmen / Aktionen

Obwohl die Klimasimulationen die schwerwiegendsten Veränderungen erst für die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts vorhersagen, müssen schon heute die Weichen zu einer klimangepassten, 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.

Beispiele raumwirksamer Maßnahmen zur Anpassung (Adaptation) an den Klimawandel sind das Freihalten von wichtigen Kaltluftentstehungsgebieten sowie der Frischluft-, Kaltluft- und Belüftungsbahnen innerhalb der Stadt. Des Weiteren sind kurzfristig Notwasserwege im Siedlungsbereich sowie Vorrang- und Vorbehaltsflächen für den Hochwasserschutz festzulegen. Diese Freiflächen können durchaus mehreren Funktionen dienen. So kann eine Grünfläche als Kaltluftbildner oder Kaltluftleitbahn dienen und zugleich als Rückhalteraum für Niederschläge genutzt werden.

In bebauten Gebieten ist die Tag- und Nachttemperatur im Vergleich zum Umland höher. Gründe dafür liegen in der verstärkten Aufnahme solarer Strahlungswärme von Gebäuden und versiegelten Flächen am Tag und deren Abgabe in der Nacht und in der Reduzierung der Durchlüftung aufgrund von baulichen Hindernissen und der Abnahme der Windgeschwindigkeit durch z. B. erhöhte Geländerauhigkeit. Eine verminderte Durchlüftung führt zur Erhöhung von Luftschadstoffkonzentrationen. In der Folge ergeben sich für empfindliche Personengruppen nicht nur durch die Hitze selbst, sondern auch durch erhöhte Luftschadstoffkonzentrationen gesundheitliche Belastungen. Diese können durch den Erhalt von klimatisch positiv wirkenden Flächen vermindert oder vermieden werden.

Innerstädtische hoch verdichtete Bereiche mit hohem Versiegelungsgrad, in denen es kaum Freiflächen mit positiv klimatischer Wirkung gibt, können nur durch bauliche Veränderungen und Begrünungsmaßnahmen gegen übermäßige Überhitzung geschützt werden. Dieses

kann durch entsprechende Fassadengestaltung (Verschattungselemente und Begrünung), Baumpflanzungen in Straßen und auf Plätzen, Rasengittersteine auf Parkplätzen und „grüne“ Schienentrassen für Straßenbahnen etc. erreicht werden. Die Begrünung trägt gleichzeitig zur städtebaulichen Aufwertung der Stadträume bei.

„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 Sommertemperaturen von 35 Grad die Lufttemperatur um 5 Grad gesenkt wird.“ (Guido Halbig, DWD – Berlin 7. Juni 2010)

Viele Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel lassen sich auch mit Hilfe der Bauleitplanung umsetzen. Die Bauleitplanung hat die Aufgabe, eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung herbeizuführen, mit der soziale, wirtschaftliche und umweltschützende Anforderungen in Einklang zu bringen sind. Bei der dazu erforderlichen Abwägung der unterschiedlichen Belange ist der Belang des Klimaschutzes neben anderen Belangen zu berücksichtigen. Auch hinsichtlich des besonderen Städtebaurechtes hat der Gesetzgeber die bestehenden Instrumente um die Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen ergänzt.

Es können Zielkonflikte auftreten zwischen der bevorzugten Entwicklung kompakter baulicher Strukturen im Innenbereich der Stadt einerseits und der andererseits vorhandenen Notwendigkeit, auch innerhalb verdichteter Bereiche ausreichend Grün- und Freiflächen zu erhalten oder deren Anteil zu erhöhen. Dieser Zielkonflikt muss in jedem Einzelfall zugunsten eines nachhaltigen Ergebnisses geprüft und planerisch gelöst werden. Eine klimaangepasste Nachverdichtung soll weiterhin Priorität vor einer ungebremsten Außenentwicklung haben, die Siedlungsentwicklung ist jedoch auch in Stadtlagen auf eine angemessene bauliche Dichte zu begrenzen.

Die von der Stadtverwaltung erarbeitete Anpassungsstrategie setzt den Schwerpunkt auf acht Aktionen, die aus ihrer Sicht für die Stadt Hannover von besonderer Wichtigkeit sind. Sie sind stark an das als Entwurf vorliegende „Positionspapier zur Anpassung an den Klimawandel“ der Fachkommission Umwelt des Deutschen Städtetages angelehnt, das voraussichtlich im Juni 2012 veröffentlicht werden wird.

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.

Das nachfolgend vorgestellte Aktionsprogramm der Stadtverwaltung beinhaltet Maßnahmen, die sich bereits in der Umsetzung befinden oder deren Umsetzung kurzfristig bevorsteht (Planung abgeschlossen) und nennt weitere Maßnahmen, deren Umsetzung als notwendig erachtet wird. Teilweise wird es erforderlich sein, einzelne Maßnahmen durch Förderprogramme zu unterstützen (z. B. Dachbegrünungs- und Entsiegelungsprogramm).

Aktion 1: Hochwasserschutz

- **Bauliche Maßnahmen**

Hochwasserereignisse treten in den letzten Jahren immer häufiger auf. Grund dafür können die klimatischen Veränderungen sein. Die Wahrscheinlichkeit ist groß, dass Extremereignisse, beispielsweise hundertjährige Ereignisse, zukünftig häufiger auftreten als bisher.

In der Stadt Hannover besteht ein Schutz vor Hochwasser, allerdings werden große Siedlungsflächen wie die Calenberger Neustadt und weite Teile Ricklingens bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis überflutet. Die Stadt hat daher im Jahr 2006 beschlossen (BDS 1242/2006), große Teile des Stadtgebietes vor einem hundertjährigen Hochwasserereignis zu schützen. Dazu wurde ein Maßnahmenprogramm entwickelt, das die Aufweitung des Abflussquerschnitts an der Ihme in der Calenberger Neustadt zwischen Legionsbrücke und Leinertbrücke sowie die Verlängerung der Deichanlagen in Ricklingen vorsieht. Das Gesamtprogramm hat ein Investitionsvolumen von etwa 30 Millionen Euro. Teilmaßnahmen wie der Neubau der Benno-Ohnesorg-Brücke und die Sanierung des ehemaligen Gaswerkstandortes an der Glocksee sind im Herbst 2011 abgeschlossen worden. Die Umsetzung der weiteren Maßnahmen ist für 2012 und 2013 geplant.

Nach der Umsetzung des Maßnahmenprogramms wird der technische Hochwasserschutz und damit verbunden das Schutzniveau für die Stadt deutlich verbessert sein. Der technische Hochwasserschutz stellt jedoch nur eine Komponente des Hochwasserschutzes dar, die Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung der Bevölkerung, der vorbeugende Hochwasserschutz und nicht zuletzt der Katastrophenschutz sind ebenfalls zu beachten. BürgerInnen, die in überschwemmungsgefährdeten Gebieten wohnen, müssen dieses wissen, damit sie eigenverantwortlich Vorsorgemaßnahmen treffen können, z. B. Sicherung von Kellerräumen vor Überflutung, hochwassersichere Lagerung von Wertgegenständen. Zum vorbeugenden Hochwasserschutz gehört auch eine entsprechende Architektur (bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen). Der Katastrophenschutz beinhaltet Hochwasserrisikomanagementpläne ebenso wie optimierte Frühwarnsysteme, automatisierte Pegelabfragen und Notfallübungen.

- **Fließgewässerrenaturierung**

Durch Eingriffe des Menschen in das Einzugsgebiet der Gewässer oder in die Gewässer selbst sind die ursprünglich strukturreichen Fließgewässer stark verändert worden. Zu den negativen Auswirkungen der menschlichen Eingriffe gehören der Verlust von Tier- und Pflanzenarten, die Verschlechterung der Wassergüte, die Veränderung der Grundwasserneubildung und die Reduzierung von Überschwemmungsflächen.

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 Aktivierung von Überschwemmungsflächen durch Schleifung von Deichen in der Leineau.

Aktion 2: Regenwassermanagement

Auf unversiegelten, mit Vegetation bewachsenen Flächen wird das Niederschlagswasser zum größten Teil (zwischen)gespeichert. 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 kleiner Anteil des Niederschlagswassers fließt zeitverzögert oberflächlich ab. Auf versiegelten Flächen (Straßen, Dächer) wird der größte Teil des Regenwassers ohne Zeitverzögerung oberflächlich abgeleitet und gelangt über die Kanalisation in den Vorfluter (Trennkanalisation) oder die Kläranlage (Mischwasserkanalisation). Nur ein kleiner Teil des Regenwassers kann verdunsten, eine Versickerung findet nicht statt.

Bei Starkniederschlägen kann es deshalb in den dicht bebauten Stadtteilen Hannovers, deren Versiegelungsgrad bei über 60 % liegt, zu Überflutungen kommen, da die Trennkanalisation die Wassermengen nicht vollständig aufnehmen kann. Die Kanäle selbst sind zwar überwiegend ausreichend dimensioniert, doch können die Abläufe die Wassermengen aufgrund von Verschmutzungen (z. B. durch Laub) oder aufgrund der Abflussgeschwindigkeiten bei Starkregen („Flutwelle“) nicht immer vollständig fassen. Im Innenstadtbereich mit Mischwasserkanalisation ist die Überflutungsgefahr in der Regel geringer, da für den Fall extremer Regenereignisse Notüberläufe in die Leine bestehen. Jedoch führt die Ableitung von verunreinigtem Mischwasser zu Wassergüteproblemen in der Leine.

*„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)*

Um Oberflächenwasser zurückzuhalten und die Gefahr von Überflutungen in den Stadtteilen zu vermeiden, trifft die Stadt Hannover bisher folgende Gegenmaßnahmen²:

Über die Bauleitplanung:

- Anlage von Regenrückhaltebecken
- Festsetzung von Regenwasserversickerung
- Festsetzung von technischen Zwischenspeichern zur Drosselung des Abflusses
- Festsetzung von Dachbegrünung (vgl. Aktion 4)

Über sonstige Planungen:

- Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser
- Indirekte Förderung der Entsiegelung privater Flächen durch Gebührensplitting
- Renaturierung von Fließgewässern (vgl. Aktion 1)

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 überprüft:

² Naturnaher Umgang mit Regenwasser, Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz, Heft 30, 2000

- Stadtteile / Straßenbereiche (z. B. Senken) identifizieren, die besonders gefährdet sind. Diese werden in der Fachkarte Klimaanpassung dargestellt (vgl. Aktion 6).
- Entlastung dieser Bereiche, durch Abhängen seitlicher (Kanal-)Zuläufe oder Anbindung dieser Gebiete an geringer belastete Kanäle / Gebiete.
- Mehrfachnutzung von Grün- oder Verkehrsflächen als Rückstaumöglichkeit überprüfen, temporäre Nutzung von Grünflächen als Stauraum vorsehen (Mehrfach- und Zwischen-nutzung von Flächen).
- Schaffung weiterer 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.
- Anpassung der Gestaltung von Straßenprofilen, Hochborden und Hauseingängen an eine bei Starkregenereignissen erforderliche Wasserabfuhr.
- Entsiegelungsprogramm für öffentliche Flächen, insbesondere innerhalb hoch versiegel-ter Stadtteile und dauerhafte Begrünung dieser Flächen. Vorstellbar wäre, jedes Jahr einen bestimmten Etat für die Entsiegelung auf städtischen Grundstücken und Rückbau von Verkehrsflächen vorzusehen. Überdimensionierte Verkehrsflächen bieten ein großes Potenzial für Entsiegelungs- und Durchgrünungsmaßnahmen. (Beispiele: Vergrößerung der Baumscheiben in der Innenstadt, Entsiegelung in Innenhöfen, Reduzierung der Verkehrsfläche am Hohen Ufer durch Anlage eines Grünzuges entsprechend dem Programm City 2020). Die Erstellung eines Katasters für Flächen mit Entsiegelungspotenzial könnte als hilfreiche Grundlage dienen. Hierin würden alle flächenbezogenen Informationen einfließen, wie aktuelle und historische Nutzungen, bekannte oder vermutete Bodenbelastungen, Grundwasserflurabstände etc..
- Rückhalt des Regenwassers durch technische Zwischenspeicher (Zisternen). Nutzung des Wassers zur Bewässerung öffentlicher Flächen während Trockenwetterperioden.

*„Darüber hinaus richten **Starkniederschläge** insbesondere **in Städten** große Schäden an. Dabei sind Anpassungsmaßnahmen, welche auf eine „wassersensible“ Stadtgestaltung hinaus laufen, 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 Wasserrückhalt dienen.“*
(Jochen Flasbarth, UBA, Statement zur Pressekonferenz: „Anpassung an extremere Wetterereignisse im Klima von morgen“ am 15. Februar 2011 in Berlin)

Aktion 3: Vorsorgender Boden- und Grundwasserschutz

Die vielfältigen Funktionen des Bodens (siehe § 2 Bundesbodenschutzgesetz) müssen vor möglichen negativen Auswirkungen des Klimawandels geschützt und seine Ausgleichsfunktionen erhalten und verbessert werden. Naturnahe Böden mit fruchtbarer Humusauflage 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 hydromorphe 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. Aktion 2).
- Humusmehrende Bewirtschaftung/Bearbeitung kommunaler Grün-, Park- und Forstflächen.
- Entwicklung eines kommunalen Grundwasser-Managements zur gezielten Anreicherung, Zwischenspeicherung oder auch Abpumpung. Hierfür ist zunächst eine aktuelle Auswertung der vorhandenen Grundwasserstandsdaten sowie der daraus abzuleitenden Höchst- und Tiefststände erforderlich (Aktualisierung der Baugrunderkarte Teil C).
- Alternative Bewässerungskonzepte für innerstädtische Grünflächen zur Erhaltung der Grünfunktionen während Trockenwetterperioden (Substitution von Grund-, Trinkwasser und Wasser aus oberirdischen Gewässern).

Aktion 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 ausgeglichenen 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 von Dachbegrünungen 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 werden³. 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 % 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.

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 wird daher zukünftig im eigenen Bestand anstreben und gegenüber Dritten entsprechend beraten, auf Flachdächern parallel Grasdächer und Photovoltaikanlagen zu verwirklichen. Einschränkungen bestehen durch die erforderliche Akzeptanz der erhöhten Kosten und aufgrund statischer Verhältnisse, wenn diese eine Doppelnutzung gewichtsmäßig nicht zulassen.

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. Die Leitlinien gelten 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. Zudem sind in Neubaugebieten aufgrund der ökologischen Standards (DS 1440/2007) vermehrt Gründächer zu finden, einige beruhen auch auf freiwilligen Leistungen.

³ Friedhelm Sieker u. a., 2002: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten, 2., neu bearb. Auflage – Renningen-Malsheim

Eine Kartierung der Gründächer im Jahr 2010 hat ergeben, dass über diese Festsetzungen über 2.200 Dächer mit einer Gesamtfläche von ca. 640.000 m² begrünt wurden. 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. Von diesen Gründachflächen fließen (bezogen auf den jährlichen Gesamtniederschlag in Hannover) gegenüber herkömmlichen (versiegelten) Flachdächern ca. 250.000 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.

Bisher gibt es eine indirekte Förderung 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 %, was zurzeit 0,34 €/m²/Jahr entspricht.

Dieser Anreiz reicht aber offensichtlich nicht aus, um Haus- und GrundstückseigentümerInnen zu einer Begrünung von Dächern privater Häuser im Bestand zu animieren.

Ein Beispiel für Fördermöglichkeiten bietet das vom BUND und der Stadt Hannover in 2012 geplante Modellprojekt „Mehr Grün in der Stadt“. Es beinhaltet eine Kampagne zur Fassaden- und Dachbegrünung im Stadtteil Linden, der durch einen hohen Versiegelungsgrad bei gleichzeitig hoher Bevölkerungsdichte geprägt ist. Durch Aktionen und Aufklärungsmaßnahmen sollen in erster Linie private HauseigentümerInnen zu Begrünungsmaßnahmen animiert und finanziell unterstützt werden. Die im Modellgebiet Linden gemachten Erfahrungen können später auf andere Stadtteile übertragen werden.

Aktion 5: Klimaangepasste Vegetation

Die Grünflächen in der Stadt üben im Hinblick auf den Klimawandel wichtige Funktionen aus. Sie wirken sich auf ihre Umgebung klimatisch positiv 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.

Grünflächen sind aber selbst vom Klimawandel betroffen. Sommerliche Hitze- und Trockenperioden beeinträchtigen die Pflanzen. 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. Zukünftig sind Gehölzsorten zu pflanzen, die besser an sommerliche Trockenperioden angepasst sind. Die Anpassungsstrategie der Stadtverwaltung beinhaltet folgende Maßnahmen:

- Neupflanzung von Bäumen nach Empfehlung der Klima-Arten-Matrix (KLAM) für Stadtbäume (ROLOFF, BONN, GILLNER 2008, (s. Anhang 2). Erprobung neuer trockentoleranter und winterharter Arten in Hannover. Nach Auswertung der ersten Erfahrungen wird sich entscheiden, ob die Notwendigkeit besteht, für Hannover eine eigene Liste geeigneter Baumarten für zukünftige Neupflanzungen zu erstellen.
- Ausweisung von thermischen Belastungszonen in der Stadt zum Zweck angepasster Artenwahl bei Straßenbäumen (vgl. Aktion 7). In diesen Zonen kann das Anpflanzen

nichtheimischer Gehölzarten sinnvoll sein. In landschaftlich geprägten Stadträumen bleibt der Vorrang zum Anpflanzen heimischer Gehölzarten bestehen.

- Vergrößerung, Belüftung und Substrataustausch bei vorhandenen Baumscheiben zur Erhöhung der Wasserspeicherkapazitäten des Wurzelraums (Belüftung und Austausch laufen)
- Jeder neugepflanzte Baum erhält einen ausreichend großen Wurzelraum mit wasserspeicherfähigem Substrat. Das Oberflächengefälle wird zum Stamm hin ausgerichtet, so dass Oberflächenabflüsse im Bereich der Baumscheibe gesammelt und versickert werden können.
- Für notwendige Bewässerungsmaßnahmen werden Alternativen zum Trinkwasser gesucht (vgl. Aktion 2).

Aktion 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.

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. unpraktikabel sind. Abgeprüft werden sollte in jedem Fall, ob die Einbeziehung einer Maßnahme z. B. bei Planungsvorhaben jeweils sinnvoll ist.

• **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 unserem 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 unter Klimagesichtspunkten 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 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 Schattenspende (Arkaden, Sonnensegel, Pergolen, Laubgänge) 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 Wärmeschutz⁴ bei der zukünftigen Gebäude- bzw. Fenstergestaltung stärker berücksichtigt werden. Darüber hinaus können schattenspendende Laubbäume vor den Gebäuden im Sommer Schatten bieten und im Winter 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 solarer Gewinne eine besondere Bedeutung. Eine Orientierung hierfür geben die Anforderungen an die Passivhausbauweise.

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 eine Amplitudendämpfung über den Tagesverlauf bewirken. Für eine gute Wärme-/Kälte-Dämmung sind daher massive Materialien an der Innenschicht von Gebäuden sinnvoll. An der Außenseite kann die Verwendung von leichten Dämmmaterialien ausreichen.

Großflächige Glasarchitektur ist zu hinterfragen und sollte nur bei energetisch optimierten Lösungen Planungsziel sein.

Der Bestand an Gebäuden muss sukzessive 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.

⁴ Der sommerliche Wärmeschutz ist bereits fester Anforderungsbestandteil für EnEV und Passivhausprojektierung.

Bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden ist es wichtig, stadtgestalterische und Denkmalgesichtspunkte frühzeitig zu integrieren.

Die zu erwartenden häufigeren Extremwetterereignisse sollten zu besonderer Achtsamkeit hinsichtlich der Windsicherheit von Fenstern und Dächern anhalten. Hagelresistenten Materialien ist besonders in gefährdeten Lagen der Vorzug zu geben.

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, da diese mit einer zusätzlichen Aufheizung der Stadt und mit einem erheblichen energetischen und damit klimaschädlichen Mehraufwand als unerwünschte Nebenwirkungen einhergeht. Stattdessen sollten zunächst passive Maßnahmen wie besserer Wärmeschutz durch die Gebäudehülle und vor allem die Vermeidung und Reduzierung von inneren Wärmequellen (künstliche Beleuchtung – Tageslichtnutzung, technische Geräte, Standby...) 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 1 zusammengestellt.

Auf der Basis einer sehr effizienten Geräteausstattung sind in den meisten Fällen 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...) 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.

Fassadengestaltung/ -farbe

Helle Oberflächen an Fassade und Dach führen durch den Albedo-Effekt (Reflexionsvermögen) zu einer wesentlich geringeren Erwärmung sowohl der Stadt insgesamt als auch der einzelnen Gebäude. 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 sollte 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. Aktion 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 Gebäuden 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.

- **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, Georgengärten, 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 sollten Außenanlagen an Gebäuden und versiegelte Freiflächen weitgehend entsiegelt und Versickerungsflächen gestalterisch einbezogen werden. Schattenspendendes Grün, z. B. großkronige Laubbäume und Pergolen sowie bauliche Schattenspender, z. B. Arkaden, Laubengänge 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, 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. 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 Stadtflächen 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.

„Frischluft 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)

Aktion 7: Fachkarte Klimaanpassung

Um die Stadtentwicklung in Richtung einer „klimaangepassten“ 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 wird die Verwaltung auf Grundlage der Klimafunktionskarte der Stadt Hannover eine „Fachkarte Klimaanpassung“ im Maßstab des Flächennutzungsplans erstellen. Sie soll als Entscheidungsunterstützungstool zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und als Grundlage für alle klimarelevanten Planungen dienen. Die Fachkarte wird spätestens Ende 2012 veröffentlicht werden.

Die Fachkarte Klimaanpassung kann folgende für die Planungen wichtigen Informationen enthalten. Grundlage dafür bilden in den Fachbereichen vorliegende Datensammlungen und Planwerke:

- Gefährdungsgebiete bei Starkregenereignissen („Senken“)
- Festgesetzte Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Gebiete (Grundlage: NLWKN, Karte der Überschwemmungsgebiete in Niedersachsen)
- Problemgebiete für die städtische Vegetation (thermische Belastungszonen)
- Bioklimatisch stark belastete Bereiche (Grundlage: Klimafunktionskarte Hannover 2006)
- Hauptbelüftungsachsen innerhalb der Stadt
- Relevante Kaltluftentstehungsgebiete, nächtliche Frisch-/Kaltluftbahnen (Grundlage: Klimafunktionskarte Hannover 2006)
- Bereiche mit erhöhter Setzungsgefahr bzw. der Gefahr sehr hoch ansteigender Grundwasserstände
- Bereiche mit klimarelevanten Böden (Grundlage: Bodenfunktionskarte Hannover 2009)

Die von der Verwaltung beauftragten modellierten Klimaszenarien 2050 und 2100 zu den zu erwartenden sommerlichen Wärmebelastungen (Stand Mai 2011) dienen ebenfalls der Konkretisierung notwendiger Anpassungsmaßnahmen und als Entscheidungshilfe für Planungen.

Aktion 8: Öffentlichkeitsarbeit

Da die Stadt Hannover die Aufgabe der Anpassung an den Klimawandel nicht allein bewältigen kann, ist ein Netzwerk von Akteuren (Region Hannover, Umweltverbände, Vereine, BürgerInnen, Wirtschaftsunternehmen, sonstige Institutionen) notwendig und die Öffentlichkeitsarbeit soll verstärkt werden. 2012 wird das Thema im Rahmen von größeren hannoverschen Veranstaltungen (z. B. autofreier Sonntag, Regionsentdeckertag, Naturwochen, Hannoversche Pflanzentage etc) kommuniziert. Ab 2013 werden dann weitere öffentlichkeitswirksame Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung der Bevölkerung für Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsthemen geplant (z. B. zu den Themen „Klimawandel und Bäume in der Stadt“, „Dachbegrünung“ und „Flächenentsiegelung“ etc.).

Der Rolle der Bürgerinnen und Bürger kommt auch deshalb eine große Bedeutung zu, da nur so die Themen „Lebens- und Konsumstile“ und „gesellschaftliche Wertehierarchie“ in die Strategien Eingang finden und entsprechende Konsum- und Verhaltensänderungen als wichtige Säule des integrierten Klimaschutzes und der Klimaanpassung berücksichtigt werden können.

Besonders wichtig ist es, bereits bei Kindern und Jugendlichen ein Bewusstsein für das Thema Klimaanpassung zu schaffen. Deshalb werden entsprechende Angebote zu Klimaschutzthemen für Kindertagesstätten und Schulen um das Thema „Anpassung an den Klimawandel“ erweitert.

Anhang 1: Auszug aus: Verfahrenshinweis Sonnenschutz / Nachtlüftung, LHH, OE 19.02, August 2009

Anhang 2: Auszug aus: KLimaArtenMatrix für Stadtbaumarten (KLAM-Stadt) nach ROLOFF, BONN und GILLNER 2008

Auszug aus:**Verfahrenshinweis Sonnenschutz / Nachtlüftung****Verfahrenshinweis**

OE 19.02 Ki 25.08.2009

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, muß¹ 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 maxi-

¹
rettet das 5

male 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

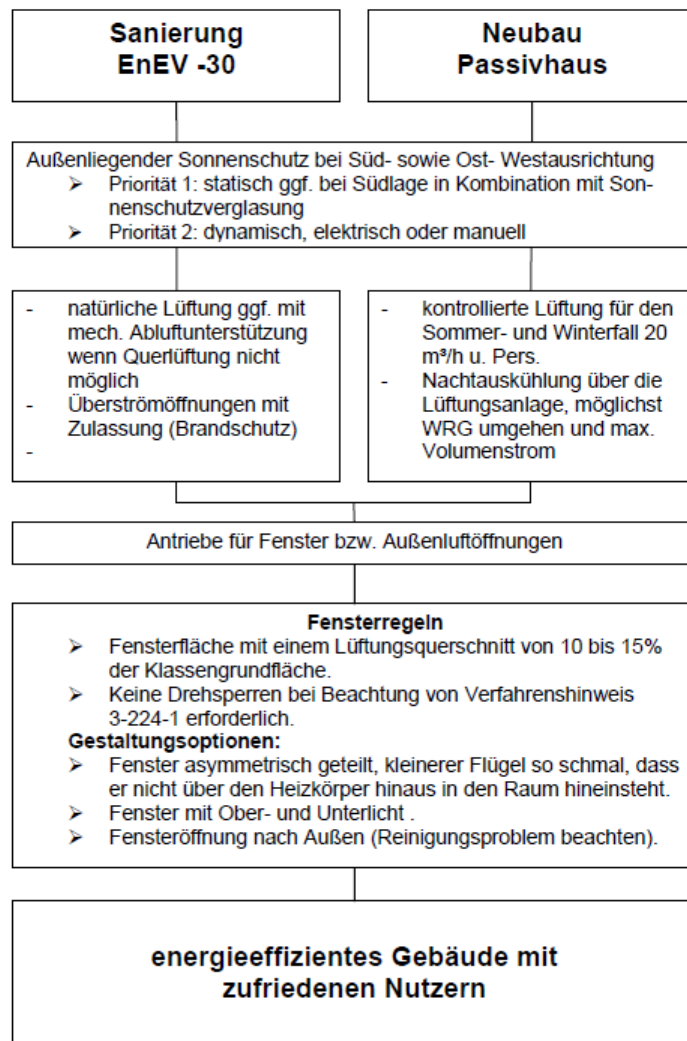
Nachfolgende Konzepte sind denkbar, die einfachste Lösung, Nr.1, wird angestrebt. Ist sie nicht umsetzbar, wird Nr. 2 geprüft, dann Nr. 3 usw. bis letztlich die für das Bauvorhaben passende Lösung gefunden ist.

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 Außentemperaturen, 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 raumluftechnische Anlagen zum Einsatz, so sind Außenluftraten 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 Außenluftraten 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



Anhang 2 zu Anlage 1

Klima-Arten-Matrix (KLAM) für Stadtbaumarten

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. subsp. <i>communis</i>	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

Acer opalus 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. (<i>P. x acerifolia</i> Ait.)	Ahornblättrige Platane
Populus alba L.	Silber-Pappel
Quercus cerris 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
Quercus pubescens Willd. subsp. <i>pubescens</i>	Flaum-Eiche
<i>Sophora japonica</i> L.	Japanischer Schnurbaum
Sorbus domestica L.	Speierling
Sorbus latifolia (Lam.) Pers.	Breitblättrige Mehlsbeere
Sorbus torminalis (L.) Crantz	Elsbeere
<i>Thuja orientalis</i> L. (<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco)	Morgenländischer 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

<i>Acer buergerianum</i> Miq.	Dreispitziger Ahorn
Acer platanoides L.	Spitz-Ahorn
<i>Aesculus x carnea</i> Hayne	Rotblühende Kastanie
<i>Alnus x spaethii</i> Callier	Spaeths Erle
Betula pendula Roth	Sand-Birke
Carpinus betulus 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 berolinensis</i> (K. Koch) Dippel	Berliner Pappel
Populus tremula L.	Zitter-Pappel
Sorbus intermedia (Ehrh.) Pers.	Schwedische Mehlsbeere

<i>Tilia cordata</i> Mill.	Winter-Linde
<i>Tilia x euchlora</i> K. Koch	Krim-Linde

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

<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 pyraaster</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.	Trauben-Eiche
(<i>Q. petraea</i> (Matth.) Liebl.)	
<i>Quercus rubra</i> L.	Rot-Eiche
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Japanische Ulme
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb. Ex Murray) Makino	Japanische Zelkove