



21. Landschaftstag

Städtisches

Grün

im

Zeichen

des

Klimawandels

Inhalt

Geleitwort <i>Holger Platz, Beigeordneter für Kommunales, Umwelt und Allgemeine Verwaltung Magdeburg</i>	4
Forschung für das urbane Grün Im Zeichen des Klimawandels <i>Dr. Cornelia Oschmann, Humboldt Universität Berlin</i>	6
Die Stadt im Klimawandel und die Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen <i>Prof. Dr. Wilfried Endlicher, Humboldt Universität Berlin</i>	16
Bedeutung von Landschafts- und Raumplanung für Erhaltung und Entwicklung des urbanen Grüns <i>Prof. Dr. Dietwald Gruehn, Landschaftsplanung TU Dortmund.....</i>	26
Freiraumplanung als Handlungsfeld für Klimaanpassungsmaßnahmen <i>Carmen Dams, Amt für Grünanlagen, Forsten und Landwirtschaft Saarbrücken.....</i>	32
Magdeburg – Stadtklima und Klimawandel <i>Peter Trute, GEO-NET Umweltconsulting GmbH Hannover.....</i>	50

Geleitwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

insbesondere die großen Städte stehen im Bereich Anpassung an den Klimawandel vor großen Herausforderungen, denn hier sind einige Folgen des Klimawandels deutlicher als im Umland zu spüren. In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Auch sind die Auswirkungen von zunehmenden Starkregenereignissen in dicht bebauten Gebieten oftmals gravierender und die Schäden meist höher als außerhalb der Städte.

Mit Blick auf mögliche Anpassungsmaßnahmen nimmt das städtische Grün eine besondere Rolle ein. So können Grünzüge zur Abmilderung des Wärmeinseleffektes beitragen, da von ihnen eine kühlende Wirkung ausgeht. Auch eine Begrünung von Straßen kann aufgrund des Schattenwurfs und der Verdunstung eine Aufheizung vermindern. In Anbetracht der sich verändernden klimatischen Bedingungen, insbesondere durch die zunehmende Sommerhitze in den Städten, ist hierbei jedoch eine gezielte Auswahl von geeigneten Straßenbäumen erforderlich.

Doch welche konkreten Handlungsoptionen hat eine Kommune im Bereich des städtischen Grüns, um auf den Klimawandel zu reagieren?

Mit dieser Fragestellung hat sich der 21. Landschaftstag unter dem Titel „Urbanes Grün im Zeichen des Klimawandels“ beschäftigt.

Der Landschaftstag findet seit 1993 jährlich statt. Mit der Veranstaltungsreihe möchte das Umweltamt Anregungen zur Auseinandersetzung mit der Umwelt und zur Diskussion über ökologische Problemstellungen geben.

Der vorliegende Tagungsband soll einen Rückblick auf den 21. Landschaftstag bieten:

Den Beginn machte Frau Dr. Cornelia Oschmann von der Humboldt-Universität zu Berlin. Frau Dr. Oschmann ist dort an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät im Fachgebiet Urbane Ökophysiologie der Pflanzen tätig und führte uns mit Blick auf das Thema des diesjährigen Landschaftstages in den Bereich der Forschung ein. Dabei stellte sie einige Forschungsergebnisse zum Themenkomplex der Dach- und Fassadenbegrünung sowie zur Entwicklung von Aquakulturvedingungen vor.

Herr Prof. Wilfried Endlicher, Professor für Klimageographie und klimatologische Umweltforschung am Geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, ging auf die Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unter besonderer Be-

rücksichtigung von Großstädten ein. In seinem Vortrag beleuchtete er die Frage, welche städtischen Umbaumaßnahmen notwendig sind, um die Einstrahlung am Tage zu reduzieren und in der Nacht zur Frischluftbildung beizutragen. Der Fokus seiner Ausführungen lag dabei auf dem städtischen Grün, insbesondere auf Stadtparks und Baumalleen.

Prof. Dietwald Gruehn vom Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung an der TU Dortmund brachte uns die Bedeutung der Landschafts- und Raumplanung für den Erhalt und die Entwicklung des urbanen Grüns näher. Dabei ging er insbesondere auch auf das Erfordernis der Übernahme politischer Verantwortung ein und präsentierte vielfältige Beispiele aus dem In- und Ausland, die zeigen, dass die Diskussionen um den Klimawandel bereits gegenwärtig zu einer erhöhten Sensibilität vieler Kommunen im Umgang mit Naturressourcen im Allgemeinen und mit urbanen Grünflächen im Speziellen geführt haben.

Frau Carmen Dams vom Amt für Grünanlagen, Forsten und Landwirtschaft der Stadt Saarbrücken stellte die Freiraumplanung als kommunales Handlungsfeld für Klimaanpassungsmaßnahmen vor. Die Entwicklung von Freiräumen und Grünflächen ist für Saarbrücken eine der wesentlichen Herausforderungen, um dem Bedarf z. B. an Kaltluftentstehungsgebieten, Erholungsflächen und Retentionsräumen Rechnung zu tragen. So soll eine zukunftsfähige Freiraumplanung der Stadt Handlungsspielräume für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel eröffnen.

Herr Peter Trute und Herr Harald Kuttig von der Firma GEO-NET Umweltconsulting GmbH referierten zum

Thema Stadtklima Magdeburg. Dabei erläuterten sie auf der Grundlage der 2013 durch sie im Auftrag des Umweltamtes Magdeburg fortgeschriebenen gesamtstädtischen Klimaanalyse die klimatologischen Funktionszusammenhänge im Stadtgebiet. Ergänzt haben sie ihre Ausführungen um einen Blick in die Zukunft, indem sie mögliche Entwicklungsszenarien des Stadtklimas in Magdeburg bis zum Jahr 2100 aufzeigten. Darauf aufbauend widmeten sich die beiden Referenten u. a. den Fragen: Wie kann den zunehmenden bioklimatischen Problemen in urbanen Räumen begegnet werden? Welche speziellen Möglichkeiten zur Klimaanpassung ergeben sich für Magdeburg?

Die sich daran anschließende Exkursion führte zum Zentrum der Magdeburger Gartenfreunde. Besichtigt wurde die Kleingartenanlage „An der Grabbestraße“. Wir ließen uns im Lehr- und Infogarten die vielen verschiedenen Obst- und Gemüsesorten zeigen, die im Kleingarten klimafreundlich angebaut werden können.

Allen Lesern wünsche ich eine interessante Lektüre der Broschüre und möglichst viele Anregungen.

Holger Platz



*Holger Platz
Beigeordneter
für Kommunales,
Umwelt und Allgemeine
Verwaltung*

Forschung für das urbane Grün im Zeichen des Klimawandels

Dr. Cornelia Oschmann

Humboldt - Universität zu Berlin, FG Urbane Ökophysiologie

Klimawandel - ein Begriff, der aus dem öffentlichen Sprachgebrauch nicht mehr wegzudenken ist. Bestimmte Wetterereignisse, wie z.B. extreme Stürme und Hochwasser, werden sofort damit in Verbindung gebracht. Das Klima ändert sich und der Mensch ist durch die emittierten Treibhausgase der Hauptverursacher. So war 2011 war das viertwärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen und alle Modelle sagen einen weiteren Temperaturanstieg zwischen 1 und 6°C voraus - je nach gewähltem pessimistischen oder optimistischen Szenarium.

Der prognostizierte Klimawandel betrifft die Städte in besonderer Weise. Er wirkt sich besonders auf das Bioklima und damit auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen aus. Es ist daher eine der größten Herausforderungen, vor die uns der Klimawandel stellt, für Lebensqualität auch in der Zukunft zu sorgen. Selbst wenn es gelänge, weltweit und in naher Zukunft die ehrgeizigsten Schutzziele zu erreichen, wird sich das Klima ändern, auch wenn wir uns weltweit seit einigen Jahren in einer Phase der Stagnation auf hohem Niveau befinden (Abb.1 und Abb. 2).

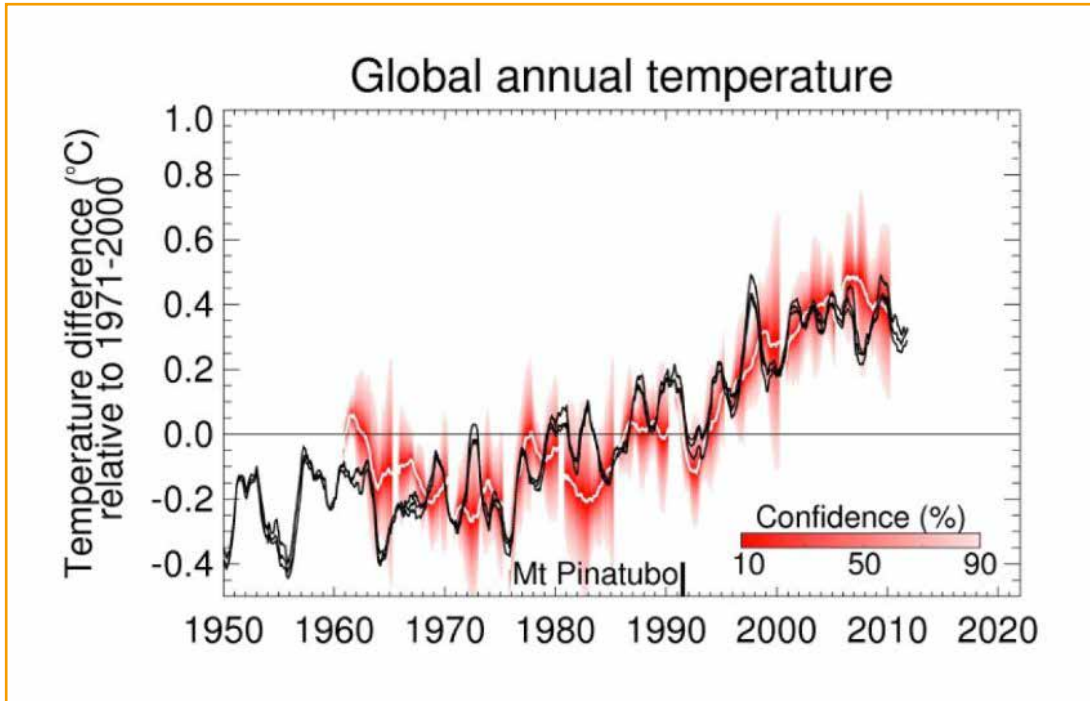


Abb. 1:
Globale jährliche Temperatur
(Quelle: Spiegel online vom
06.10.2013)

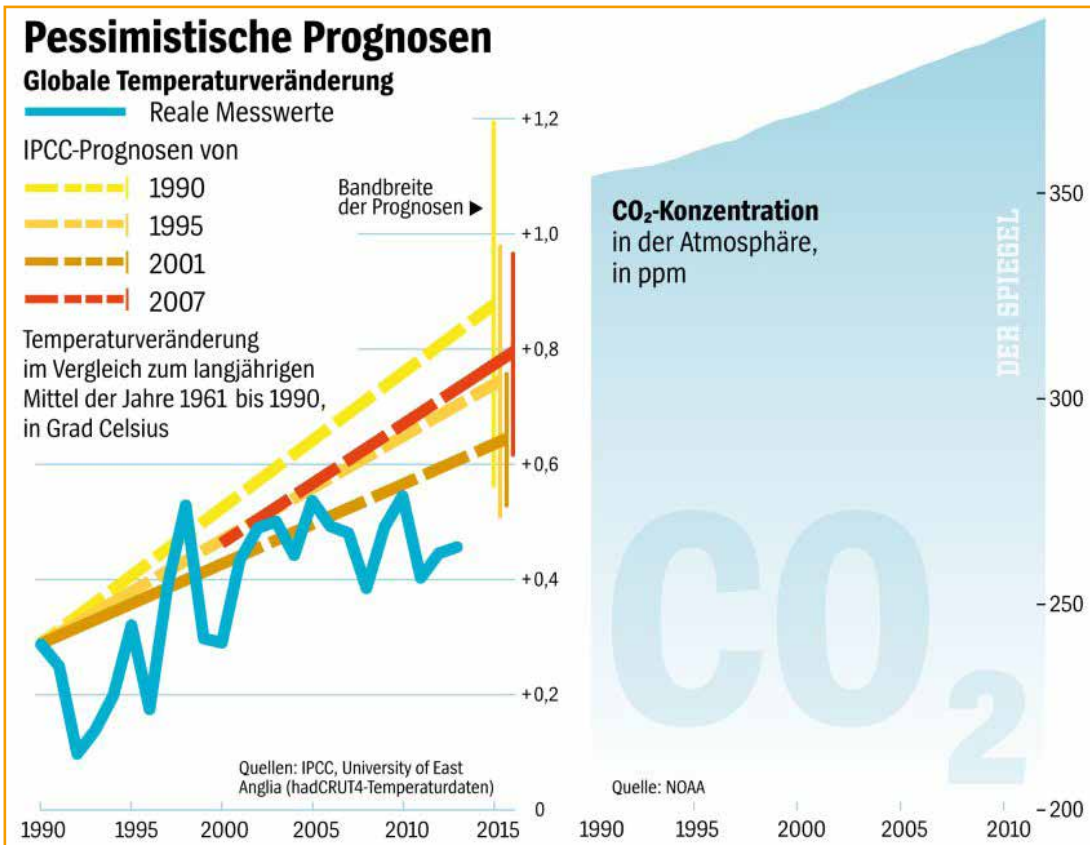
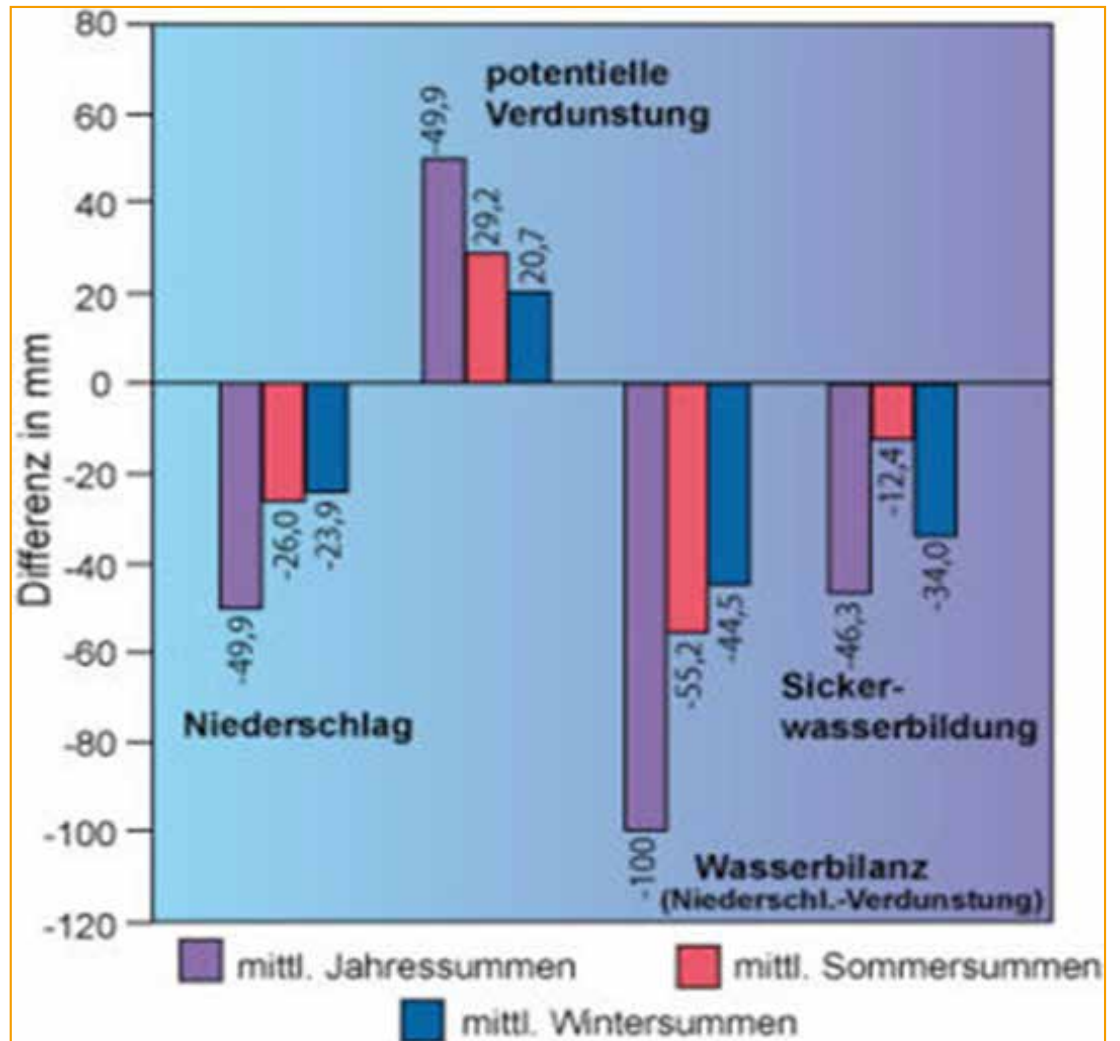


Abb. 2:
Prognosewerte von
Temperatur und CO₂
(Quelle: Spiegel online vom
06.10.2013)

Deshalb geht es zum einen darum, die Stadt an den Klimawandel anzupassen und zum anderen, einen wirksamen Klimaschutz zur Reduzierung der CO₂-Emissionen zu erreichen (Junge-Reyer 2011). Bis 2050 steigen die Temperaturen in Berlin im Jahresdurchschnitt um bis zu 2,5 °C. Die Zahl heißer

Tage und Nächte nimmt zu, Hitzeperioden werden häufiger und dauern länger. Die Niederschläge verteilen sich ungleichmäßiger aufs Jahr: die Winter werden feuchter und die Sommer trockener. Zugleich kommt es häufiger zu extremen Wetterereignissen wie Starkregen.

Abb.3:
Differenzen hydrologischer
Parameter zwischen 2050
und der Referenzperiode
1951-2000 für das Land
Brandenburg (Quelle:
wiki.bildungserver.de)



Die Langfristprognose für das Land Brandenburg (Abb.3) zeigt eine deutliche Verschärfung der hydrologischen Situation: Neben der prognostizierten Temperaturerhöhung werden die Niederschläge unter 450 mm im Jahr liegen. Die Verdunstung wird sowohl im Sommer als auch im Winter höher sein. Bereits heute übertrifft die mittlere jährliche potenzielle Verdunstung den Niederschlag um 25 mm, um 2050 wird dieser als klimatische Wasserbilanz bezeichnete Wert bei -124 mm liegen.

Diese absehbare Entwicklung erfordert sowohl verstärkte Maßnahmen des Klimaschutzes als auch Anpassung an den Klimawandel. Mehr Vegetation in unseren Städten ist das beste Gegenmittel gegen die negativen Folgen des Klimawandels. Grüne Bereiche in der Stadt, eine lockere Bebauung mit Parks, Gärten, Alleen, Büschen und Bäumen, die Schatten bieten und Aufheizung verhindern und nachts Kaltluft produzieren, sind die klimaneutralen und kostengünstigen Unterstützer für ein gutes Stadtklima. Urbanes Grün hat aber nicht nur positive ökologische Effekte, sondern auch positive Auswirkungen für

die Ökonomie und vielfältige soziale Funktionen. Es steigert die Lebensqualität und das Wohlbefinden. Standorte mit lebendigem Grün sind werthaltiger, weil sie attraktiver sind. Im Gegensatz zu betonierten und anderweitig versiegelten Flächen schafft urbanes Grün einen ökonomischen Nutzen. Dabei zahlt sich mehr Stadtgrün gleich mehrfach aus – als Standortfaktor bei der Ansiedlung von Unternehmen, bei der Abmilderung der klimatischen Veränderungen in den Städten und der Wertsteigerung von Immobilien. Nicht zuletzt haben Grünanlagen einen Wert in ihrer sozialen Funktion – als Treffpunkte für junge wie für ältere Menschen, über die Grenzen von Herkunft und Kultur hinweg. Viel Grün in „ihrer“ Nähe – am Wohnort und am Arbeitsplatz, für Erholung und Freizeit – das erwarten die Menschen heute von einer modernen und vitalen Stadt. Gerade in wachsenden Städten und Metropolen ist der Wunsch nach wohnort- und arbeitsplatznahen Erholungs- und Freizeitmöglichkeiten groß (Forster 2013).

Die positiven Wirkungen grüner Stadtlandschaften sind bekannt, aber höhere Temperaturen, stärkere Verdunstung, weniger Niederschläge und ein mög-

liches Absinken des Grundwasserspiegels werden die ohnehin gestresste Stadtvegetation noch mehr belasten.

Die Natur reagiert mit zwei grundsätzlichen Mechanismen auf die Klimaveränderungen: zum einen verschieben sich die Verbreitungsgebiete von Tieren und Pflanzen in Richtung Pole und größere Höhenlagen und zum anderen verändern sich die zeitlichen Abläufe in der Natur (Schaaf 2007).

Basierend auf der Langfristprognose für das Land Brandenburg wurde das große, Institutionen übergreifende Forschungsprogramm „INKA BB - Klimawandel und Innovation“ aufgelegt. Ein Teilprojekt davon beschäftigt sich mit der Erarbeitung von Verfahren und Kriterien für die Auswahl und Bewertung von Allee- und Obstgehölzen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an prognostizierte Klimaänderungen.

Zum Schwerpunkt Alleeebäume, „Alleen der Zukunft“ genannt, wird von der AG Baumschule des FG Urbane Ökophysiologie geforscht.

Weitere Forschungsschwerpunkte des FG Urbane Ökophysiologie im Rahmen von INKA BB sind die Optimierung der Wassernutzung gärtnerischer Kulturen am Beispiel von Lactuca (Salat) und Brassica (Kohl) sowie Untersuchungen zu Bildungsaspekten und zur Wissensvermittlung zum Klimawandel für Kinder. Seit mehreren Jahren werden Untersuchungen zu Dachbegrünung, Vertikalbegrünung und Aquaponik durchgeführt.

Untersuchungen in Berlin (Tab.1) haben gezeigt, dass unsere Alleeebäume mit massiven Problemen zu kämpfen haben und Linden, ein für Berlin fast unverzichtbarer Alleebaum, bereits bis zu 35% vom Stigmina-Triebsterben befallen sind.

Tabelle 1: Probleme derzeit genutzter Alleeebäume

Gattung	Probleme	besonders betroffene Arten	% in Berlin
Acer	Verticillium, Rußrindenkrankheit, Frostrisse, Sonnenbrand, Sommertrockenheit	A. platanoides, A. pseudoplatanus	20
Aesculus	Kastanienminiermotte, Pseudomonas	A. hippocastanum	5
Quercus	Eichensplintkäfer, Sommertrockenheit, Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner	Q. robur, Q. petraea	9
Platanus	Massaria, nach großer Hitze und Trockenheit	P. x acerifolia	6
Fraxinus	Eschentriebsterben	F. exelsior	3
Tilia	Stigmina-Triebsterben nach großer Hitze	T. x europaea, T. platyphyllos	35

Wollen wir uns auch in Zukunft an schönen Alleen erfreuen, ist also bereits heute eine beträchtliche Forschungsarbeit zu leisten.

Im Einzelnen geht es um

- die Sichtung und Bewertung vorhandener Alleebaumsortimente
- Auswahl von Modellarten/-sorten bezüglich des Wasserbedarfs
- Auswahl und Untersuchungen zu geeigneten Biomarkern als Selektionskriterium
- Entwicklung geeigneter Schnelltests
- Änderung sekundärer Inhaltsstoffe
- Bedarfszahlenermittlung hinsichtlich des Wasserbedarfs unterschiedlicher Arten/Sorten und Unterlagen
- Empfehlung für eine Sortimentserweiterung
- Befall mit biotischen Schaderregern bei unterschiedlicher Wasserversorgung

Zur Sichtung und Bewertung vorhandener Alleebaumsortimente wurden Versuchspflanzungen an verschiedenen Orten Deutschlands angelegt. Für Berlin befindet sich diese Versuchsfläche in Kleinziethen. Insgesamt 81 Arten und Sorten wurden 2010 und 2011 gepflanzt. Ausgewählt wurden diese Arten und Sorten aufgrund der prognostizierten Verschiebung der Verbreitungsgebiete. Getestet werden also nicht nur Arten und Sorten heimischer Alleeebäume, sondern verstärkt auch Bäume aus anderen Klimaregionen, die durch ihre Herkunft an Hitze und Trockenstress besser angepasst sind. Variiert wird die Bewässerung: optimal versorgt, moderater Trockenstress, akuter Trockenstress (Tabelle 2).



Abb.4, links:
Versuchsfläche in Kleinziethen
2011 (Gloger 2013)

Abb.5, rechts:
Versuchspflanzung im
Sommer 2012 (Gloger 2013)

Abb. 6:
Warum reagieren gleiche
Baumarten unterschiedlich
auf Trockenstress?
(Foto: Ulrichs)

Tabelle 2: Basissortiment an verschiedenen Versuchsstandorten (Gloger 2013)

Acer buergerianum	Magnolia kobus
Acer monspessulanum	Ostrya carpinifolia
Alnus spaethii	Parrotia persica
Carpinus betulus 'Frans Fontaine'	Quercus frainetto
Celtis australis	Quercus cerris
Fraxinus ornus	Quercus x hispanica 'Wageningen'
Fraxinus pennsylvanica 'Summit'	Sophora japonica 'Regent'
Ginkgo biloba	Tilia tomentosa 'Brabant'
Gleditsia triacanthos 'Skyline'	Ulmus x 'Lobel'
Liquidambar styraciflua	Zelkova serrata 'Green Vase'



Trockenheits- und Salztoleranz sowie Schädlings- und Krankheitstoleranz sind genetisch bedingte Merkmale. Die Züchtung und anschließende Selektion geeigneter Pflanzen bieten hier also einen erfolgversprechenden Ansatzpunkt (Abb.6).

Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist die Entwicklung geeigneter In-Vitro-Schnelltest-Verfahren um große Mengen von Pflanzen in kürzester Zeit auf Trockenheits- und Salztoleranz zu testen.

Basierend auf den ersten Forschungsergebnissen und bisherigen Erfahrungen können für weit verbreitete Straßenbäume folgende Alternativen vorgeschlagen werden: (Tab. 3 - Tab. 7)

Tabelle 3: Alternativen für *Aesculus hippocastanum* (Rosskastanie)

Art	Herkunft	Eigenschaften/Besonderheiten
<i>Aesculus carnea</i> 'Briotii' (Rotblühende Rosskastanie)	Europa, Zuchtform	weniger Probleme mit Kastanienminiermotte
<i>Aesculus flava</i> (Gelbe Pavie)	Nordamerika	kaum Probleme mit Kastanienminiermotte
<i>Aesculus pavia</i> (Rote Pavie)	südöstliches Nordamerika	kaum Probleme mit Kastanienminiermotte
<i>Liquidambar styraciflua</i> (Amerikanischer Amberbaum)	östliches Nord- bis Mittelamerika	hitze- und trocken-tolerant
<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'	östliches Nord- bis Mittelamerika	hitze- und trocken-tolerant, keine Korkleisten
<i>Magnolia kobus</i> (Kobushi-Magnolie)	Japan	gesund und sehr robust

Tabelle 4: Alternativen für *Platanus x acerifolia* (Platane)

Art	Herkunft	Eigenschaften/Besonderheiten
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline' Gleditschie, Lederhülsenbaum	Nordamerika, Selektion 1957	hitze- und trocken-tolerant, dornelos
<i>Celtis australis</i> Zürgelbaum	Mittelmeerraum, Vorderasien, Kaukasus	enorm strahlungsfest, trocken-tolerant
<i>Cercis siliquastrum</i> Judasbaum	Südeuropa, Vorderasien	sehr hitzetolerant, frost-empfindlich, Verticillium-empfindlich
<i>Cercis canadensis</i> Kanadischer Judasbaum	Nordamerika	sehr hitzetolerant, wenig frostempfindlich
<i>Ulmus hollandica</i> 'Lobel' Schmalkronige Stadt-Ulme	Europa, Selektion	resistent und robust, schlanker Wuchs

Tabelle 5: Alternativen für *Acer platanoides* und *A. pseudoplatanus*

<i>Acer buergerianum</i>	Dreispietz-Ahorn
<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
<i>Acer monspessulanum</i>	Franz. Ahorn
<i>Alnus cordata</i>	Herzblättrige Erle
<i>Alnus spaethii</i>	
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere

Abb.7:
Cercis siliquastrum
 (Judasbaum) als
 Straßenbaum in Rom
 (Foto: Zander)



Tabelle 6: Alternativen für *Tilia x europaea* und *T. platyphyllos*

Art	Herkunft	Eigenschaften/Besonderheiten
<i>Tilia cordata</i> ‘Wega’ Winter-Linde	Europa	Weniger Stigminabefall
<i>Tilia tomentosa</i> ‘Brabant’ Silber-Linde	Balkan, südwestliches Russland	Trockentolerant, kein Stigmina-Triebsterben
<i>Tilia x euchlora</i> Krim-Linde	Kreuzung	sehr hitze- und trocken-tolerant, Blätter glänzend
<i>Tilia americana</i> ‘Redmond’ Amerikanische Linde	Nordamerika	robust, wärmeliebend
<i>Tilia</i> ‘St. Istvan’	Kreuzung Krim-Linde x Kaukasische Linde	trockentolerant, robust, salztolerant

Tabelle 7: Alternativen für *Fraxinus exelsior*

<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Rot-Esche
<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum
<i>Carpinus betulus</i> ‘Frans Fontaine’	Hainbuche
<i>Amelanchier lamarckii</i>	Kupfer-Felsenbirne

Neben der Hitze-und Trockenheitstoleranz ist die Frosthärte und insbesondere die Spätfrostresistenz ein wichtiges Boniturmerkmal. 2011 traten starke

Spätfröste auf und es zeigten sich wesentliche Unterschiede bei den gepflanzten Bäumen.



*Abb.8:
keine Frostschäden im
Frühjahr 2011 bei Sorbus
torminalis
(Foto: Zander)*



*Abb.9:
Starke Frostschäden bei
Fraxinus ornus im Frühjahr
2011
(Foto: Zander)*

Dem Ziel, mehr Grün in die Städte bringen, dienen die Forschungen zu den gebäudegebundenen Begrünungen Dach -und Vertikalbegrünung am FG Urbane Ökophysiologie.

Vorteile dieser Begrünungen sind u.a.:

- geringe Flächeninanspruchnahme
- hohe klimatische Effekte, wenn größere, möglichst zusammenhängende Flächen begrünt werden
- insbes. bei Vertikalbegrünung sind hohe ästhetische Wirkungen erzielbar

Die Forschungsarbeit zu extensiven Dachbegrünungen ist gerichtet auf

- die Entwicklung von Substraten mit hoher Speicherkapazität für Wasser und Nährstoffe aber auch für Schwermetalle
- die Erweiterung des für extensive Dachbegrünungen geeigneten Pflanzensortimentes

So haben sich folgende Pflanzenarten als gut geeignete erwiesen, das bisher vorwiegend auf Sedumarten beschränkte Sortiment der Pflanzen für extreme Dachbegrünungen zu bereichern:

Chrysanthemum leucanthemum, Dianthus carthusianorum, Dianthus deltoides ‚Arctic Fire‘, Gypsophila repens, Cerastium tomentosum, Saponaria ocymoides

Diese Pflanzen zeigten nach Trockenperioden eine sehr gute Regeneration aus Samen.

Abb. 10, links:
Dianthus carthusianorum

Abb. 11, rechts:
Cerastium tomentosum u.
Saponaria ocymoides

(Fotos: Oschmann)



Abb. 12:
Stillgelegtes Parkhaus in
Kreuzberg
(Fotos Oschmann)



Zusammenfassung

Der prognostizierte Klimawandel betrifft die Städte in besonderer Weise. Er wirkt sich besonders auf das Bioklima und damit auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen aus. Die positiven Wirkungen grüner Stadtlandschaften sind bekannt, aber höhere Temperaturen, stärkere Verdunstung, weniger Niederschläge und ein mögliches Absinken des Grundwasserspiegels belasten die ohnehin gestresste Stadtvegetation.

Ziel der Forschungsarbeiten am FG Urbane Ökophysiologie ist es, Lösungsansätze zu entwickeln, um die zu erwartenden Folgen aus der klimatischen Veränderung abzumildern.

Im Rahmen des von der Bundesregierung geförderten Innovationsnetzwerks Klimaanpassung Berlin-Brandenburg (INKA BB) beschäftigt sich ein Teilprojekt mit der Auswahl geeigneter Gehölze für die Stadt- und Straßenbegrünung. Aber auch zum Thema Dach- und Fassadenbegrünungen laufen Forschungsarbeiten. Einige Ergebnisse dazu wurden im Vortrag vorgestellt.

QUELLENVERZEICHNIS

FORSTER, A. (2013): <http://www.dega-galabau.de/Aktuell/Themen/Auf-den-Verband-warten-viele-Aufgaben,QUIEPTQwMzAyMTMmTUlEPTUyNzk4.html>

GLOGER, J. (2013): Alleeebäume im Klimawandel. Vortrag auf dem 7. Regionaldialog Lausitz – Spreewald 22. 08. 2013; unveröff.

<http://www.mdr.de/mediathek/radio/mdr-info/index.html>

<http://www.zdf.de/ZDFmediathek#/beitrag/video/1986650/Exotische-Stra%C3%9Fenb%C3%A4ume-in-Berlin>

JUNGE-REYER, I. (2011): Klima im Wandel; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin

SCHAAF, N. (2007): Klimawandel und Biodiversität - Natur und Naturschutz unter sich wandelnden Bedingungen. 15. Landschaftstag 2007, Umweltamt der Landeshauptstadt Magdeburg

SPIEGEL ONLINE VOM 06.10.2013 (Zugriff 06.10.2013)

wiki.bildungsserver.de (Zugriff 06.10.2013)

Die Stadt im Klimawandel und die Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen

Wilfried Endlicher, Katrin Burkart, Katharina Gabriel und Katharina Scherber

Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut, Lehrstuhl für Klimatologie

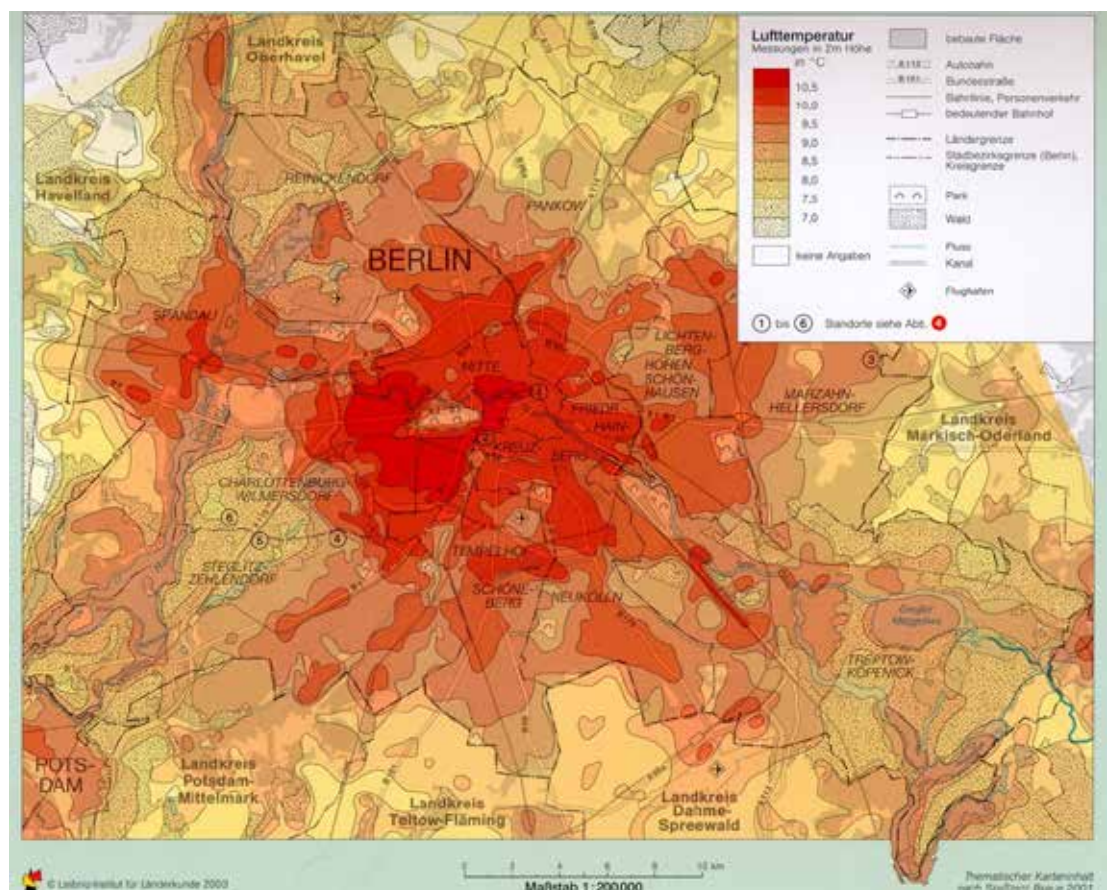
1. Regionalklima, Lokalklima, Mikroklima

Berlin und Magdeburg haben deutschlandweit humanbioklimatologisch mit das beste Regionalklima: Im Norden des Landes ist es etwas kühler, im Osten der Republik sind die Luftmassen subkontinental-trockener. Im offenen Norddeutschen Tiefland gelegen sind beide Städte gut durchlüftet, und durch das Au-

genmaß über viele Generationen hinweg sind beide Metropolen nicht zu dicht bebaut. Dies sind für die Bewohner beider Städte eigentlich günstige regional-klimatische Rahmenbedingungen.

Dieser thermischen Gunstsituation ist nun das lokale Stadtklima überlagert. Wichtigstes Phänomen ist dabei die städtische Wärmeinsel, die je nach Größe einer Stadt im Jahresmittel ca. 2-4°C betragen kann. Abb.1 zeigt die mittlere Wärmeinsel von Berlin.

Abb. 1:
mittlere Wärmeinsel
von Berlin



Städtische Wärmeinseln sind überwiegend ein abendliches und nächtliches Phänomen und können an strahlungsreichen Sommertagen bis über 10°C ausmachen. Hervorgerufen wird dieses Phänomen durch die dreidimensionale Bebauungsstruktur, die größere Absorptionsflächen für die Sonnenstrahlung bieten, die geringere Verdunstung durch die vielen versiegelten Oberflächen einer Stadt, wodurch die vorhandene Energie weniger für den latenten als vielmehr den fühlbaren Wärmefluss verbraucht wird, was sich in einer Erhöhung der bodennahen Lufttemperatur äußert, und schließlich auch durch das große Wärmeabsorptionsvermögen von Gebäuden, Straßen und Plätzen. Tagsüber sind Städte im Sommer freilich kaum wärmer

oder sogar etwas kühler als das Umland. Schließlich muss aber noch auf das Mikroklima etwa von Straßenschluchten hingewiesen werden. Unser thermisches Empfinden wird dabei nicht nur durch die Lufttemperatur, sondern wesentlich durch die Strahlungsflüsse – direkte Sonnenstrahlung und langwellige Infrarotstrahlung der Hauswände – und auch etwas durch den Wind bestimmt. In Abb. 2 wird dies zusammenfassend durch die „Gefühlte Temperatur“ dargestellt. Die von einem Fußgänger gefühlte Temperatur ist im Schatten eine ganz andere als in der Sonne, wo er der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, wohingegen sich die Lufttemperatur nur wenig ändert.

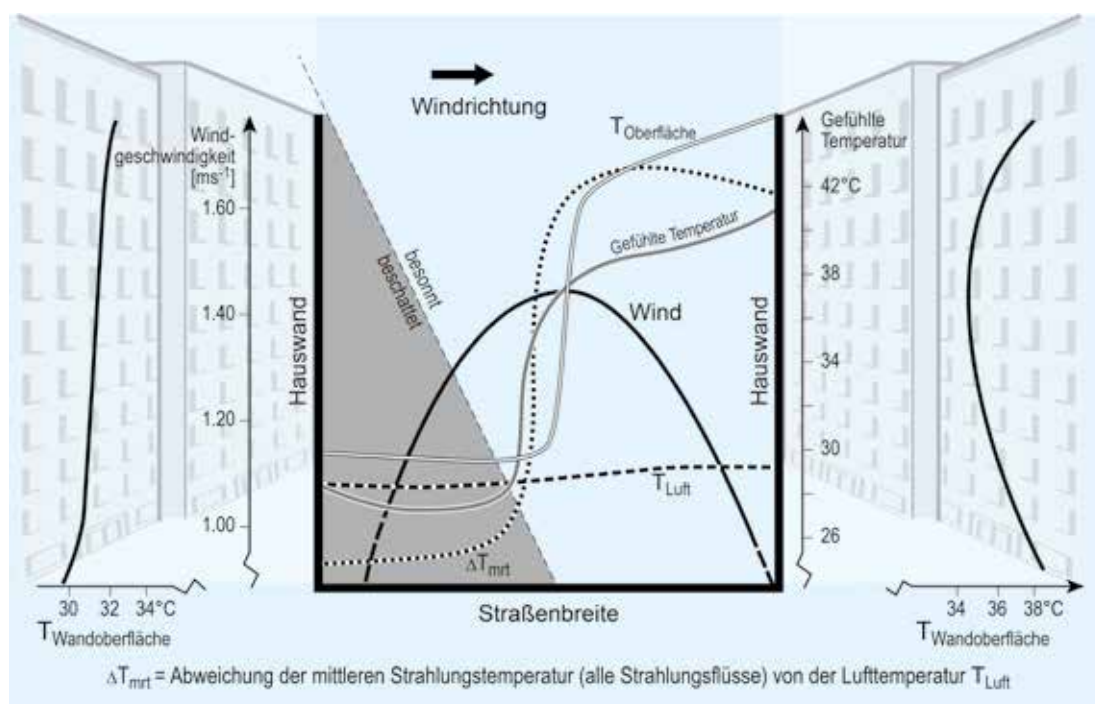


Abb. 2:
Mikroklima in
Straßenschluchten

Das abstrakte Klima teilt sich uns in Form von konkretem Wetter und Witterung mit.

Dabei sind immer die Zeit- und Raumskalen (Makroskala oder Regionalklima, Mesoskala oder Lokalklima und Mikroklima) zu beachten. In der Stadt sind wir vom lokalen Stadtklima betroffen. Auch das Mikroklima unserer Straßen, Plätze, Gärten und Parks betrifft uns direkt.

In unserem Jahreszeitenklima kommt noch komplizierend hinzu, dass wir in unterschiedlichen Jahreszeiten unterschiedliche Ansprüche an das Wetter haben (viel Sonnenschein im Winter und in den Übergangsjahreszeiten, mehr Schatten im Sommer...), um uns im „thermischen Komfort“ zu befinden.

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang sommerliche Extremwetterlagen mit Hitze- wellen.

2. Globaler Klimawandel und regionales Extremwetter

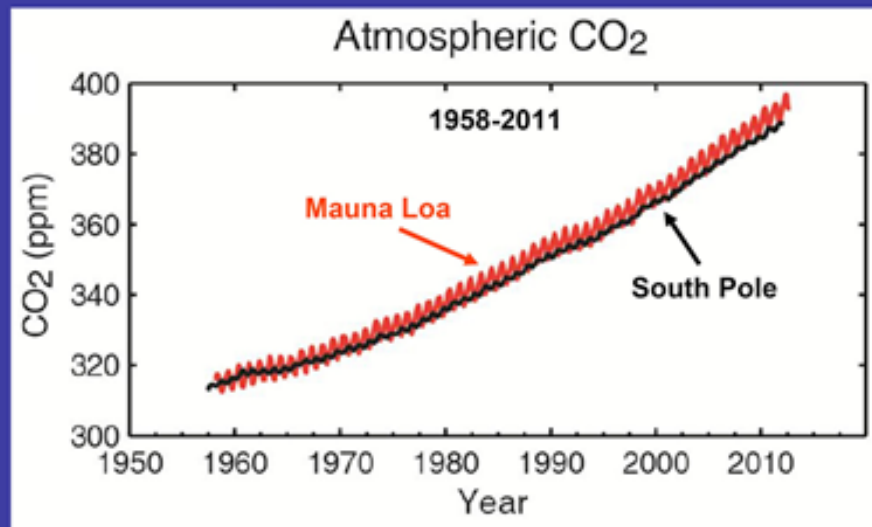
Dem oben beschriebenen Regionalklima ist heutzutage der Klimawandel überlagert. Klimawandel ist kein künftiges Phänomen, sondern begann mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert, als erstmals im großen Stil Kohle zur Energieerzeugung eingesetzt wurde. Die Emissionen von Treibhausgasen haben sich seit der Mitte des 20. Jahrhunderts immer stärker beschleunigt. Der „Weltklimarat“ der Vereinten Nationen, das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), hat dies im September 2013 in seinem 5. Sachstandsberichterneut eindringlich wiederholt: „Warming of the climate is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere

and the ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentration of greenhouse gases have increased. Each of the last three decades has been successively warmer than any preceding decade since 1850. Human influence on the climate is clear. It is virtually certain that there will be more frequent hot and fewer cold temperature extremes over most land areas on daily and seasonal timescales as global mean tem-

peratures increase. It is very likely that heat waves will occur with a higher frequency and duration. Occasional cold winter extremes will continue to occur. Most aspects of climate change will persist for many centuries even if emissions of CO_2 are stopped. This presents a substantial multi-century climate change commitment created by the past, present and future emissions of CO_2 ."

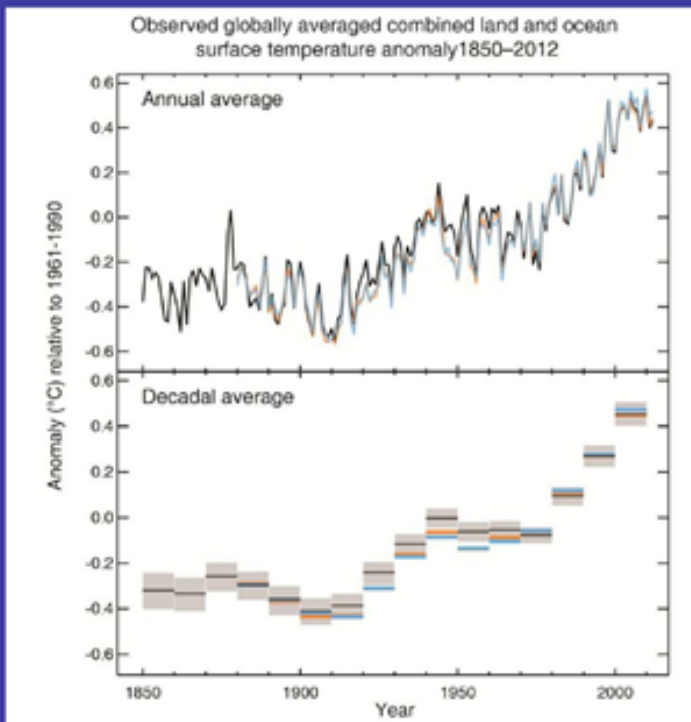
Abb. 3:
zeigt aus diesem Report
die Zunahme der CO_2
Emissionen.

IPCC-AR5-WGI-SPM/TS(2013): Kernaussagen



Die globale CO_2 -Emission (fossile Energieträger, Zementproduktion) hat 2011 → 9,5 (8,7-10,3) GtC (35 Gt CO_2 , 54 % über dem 1990-Niveau) erreicht, die atmosphär. CO_2 -Konzentration 391 ppm (CH_4 1,803 ppm, N_2O 324 ppb).

IPCC-AR5-WGI-SPM/TS(2013): Kernaussagen



Von 1880 bis 2012 ist die bodennahe Lufttemperatur um 0,85 (0,65–1,06) °C angestiegen (Datenquellen: CRU, NOAA-NCDC, NASA-GISS).

Pro Dekade betrug der Anstieg
1901–2012: 0,08 °C,
1951–2012: 0,12 °C,
1979–2012: 0,15 °C (NOAA-NCDC)

Abb. 4:
gibt die Entwicklung der globalen Lufttemperatur seit 1850 wieder.

IPCC-AR5-WGI-SPM/TS(2013): Kernaussagen

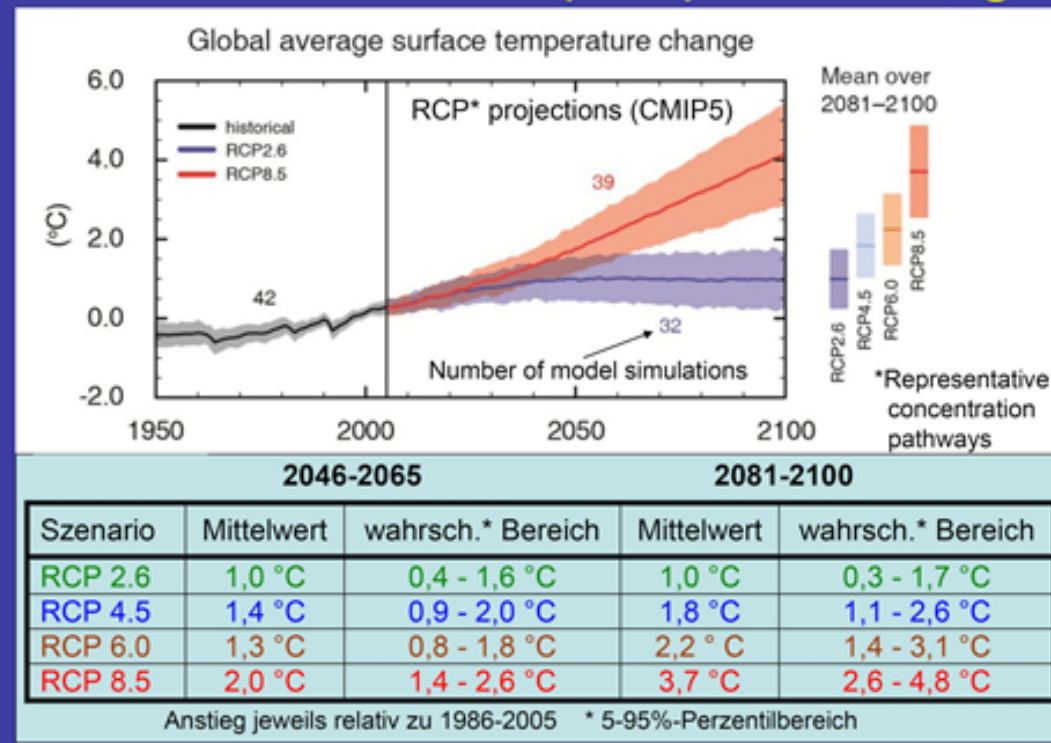
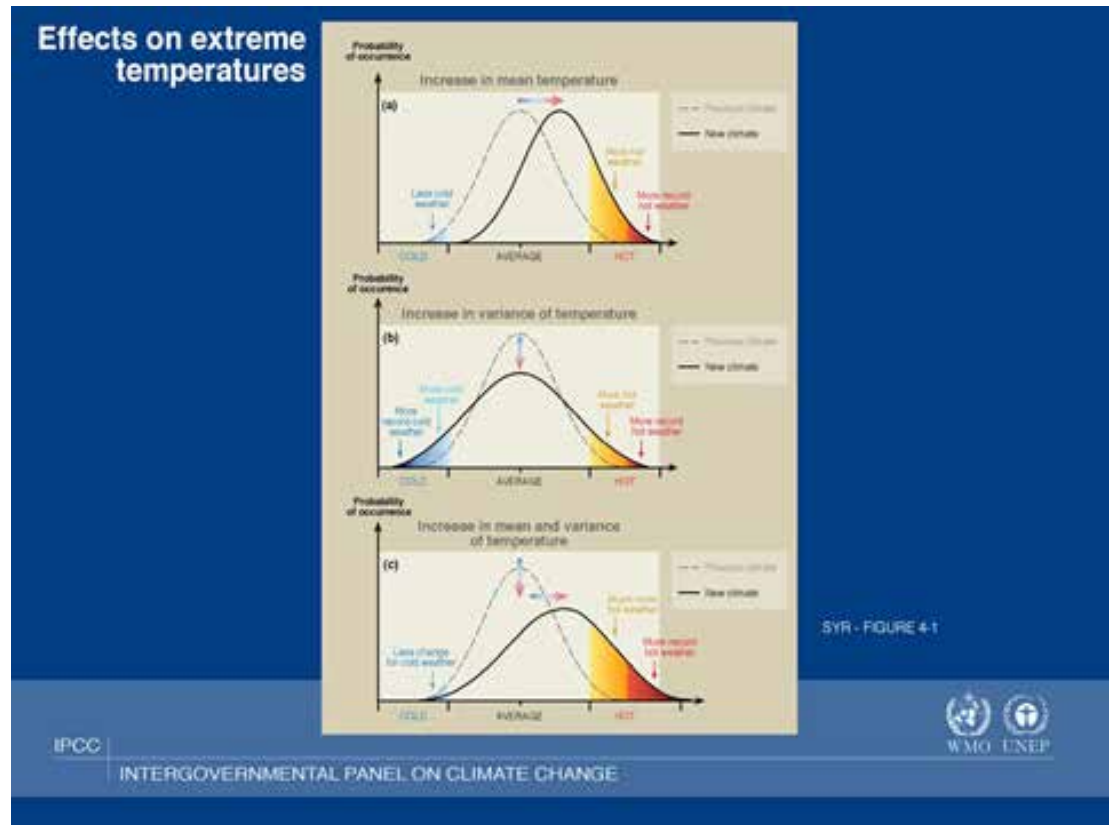


Abb. 5:
stellt Projektionen für die weitere Entwicklung der globalen Lufttemperatur dar, je nachdem, nach welchem Szenario sich die Welt in den nächsten Jahrzehnten entwickeln wird.

Für die Fragestellung der sommerlichen Hitzewellen ist schließlich insbesondere die Entwicklung der Temperaturextreme von Bedeutung, wobei eine Verschie-

bung der Extreme hin zu immer häufigeren, länger anhaltenden und intensiveren Hitzewellen erwartet wird (Abb. 6).

Abb. 6:
Häufigkeit, länger anhaltende und intensivere Hitzewellen



Im globalen Klimawandel sind wir also zunehmend von Extremwetter betroffen. In Bezug auf unser deutsches Regionalklima heißt das insbesondere: ergiebige Starkregen, sommerliche Hitzewellen und Dürren. Für die Stadt Magdeburg sind vor allem Starkregen mit

sukzessiven Überschwemmungen (2013!) und Hitzewellen relevant. Wir müssen uns somit auf immer häufigere, länger anhaltende und intensivere Hitzewellen einstellen. Diese verstärken die in Sommernächten besonders stark ausgebildete städtische Wärmeinsel.

3. Hitzestress und Gesundheit

Der menschliche Körper kann Abweichungen vom thermischen Komfort, also zu große Wärme und Kühle bis zu einem gewissen Maß ausgleichen. Starker Kältereiz und große Hitzebelastung führen aber nachweislich zu einer erhöhten Sterblichkeit. Dieser Zusammenhang ist vereinfacht in Abb. 7 dargestellt.

Bei einer Untersuchung der Sterblichkeit in Berlin fiel uns auf, dass die Mortalität während der Hitzewelle Ende Juli-Anfang August 1994 über Tage hinweg deutlich erhöht war. In Abb. 8 sind die täglichen Minimum-

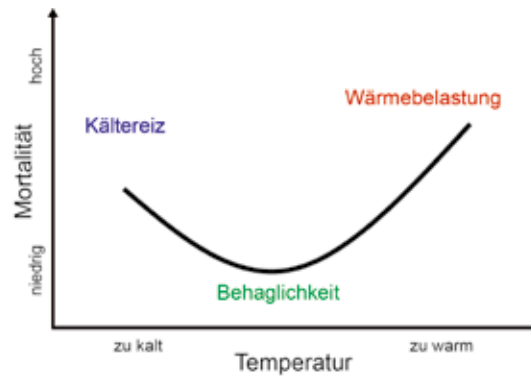


Abb. 7:
Zusammenhang zwischen
thermischen Komfort und
Sterblichkeit

und Maximumtemperaturen in Berlin im Jahr 1994 sowie die Zahl der täglichen Todesfälle dargestellt.

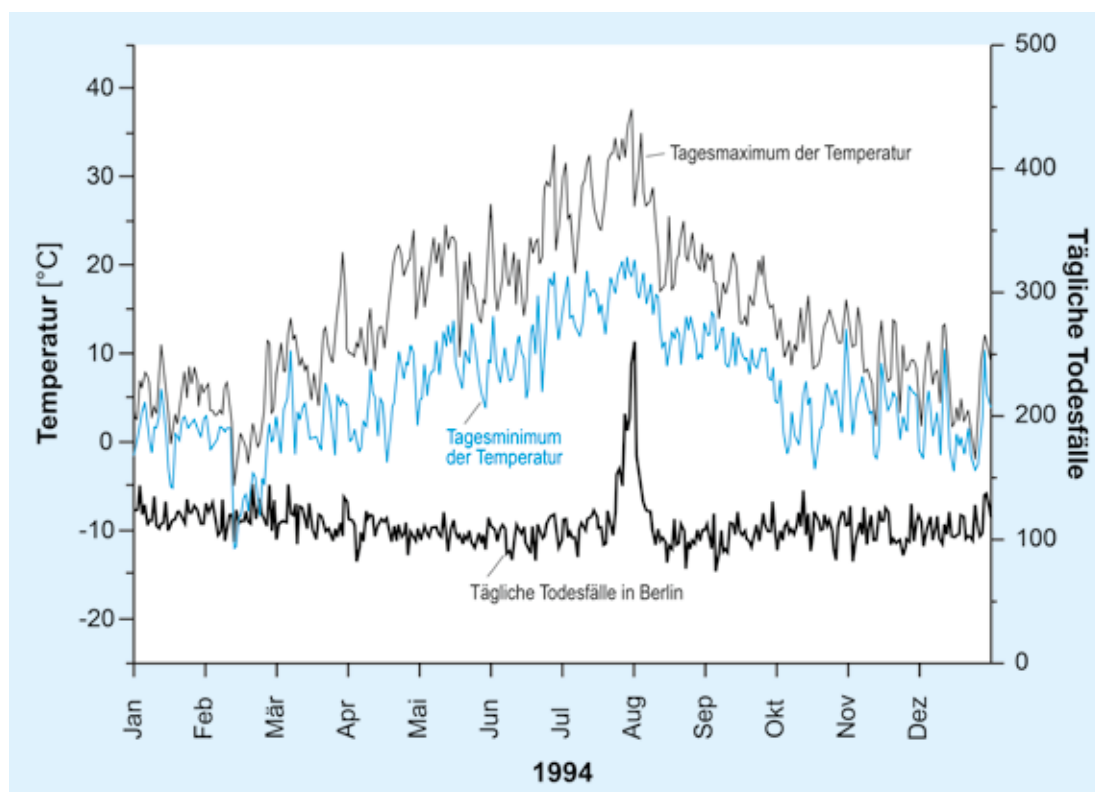
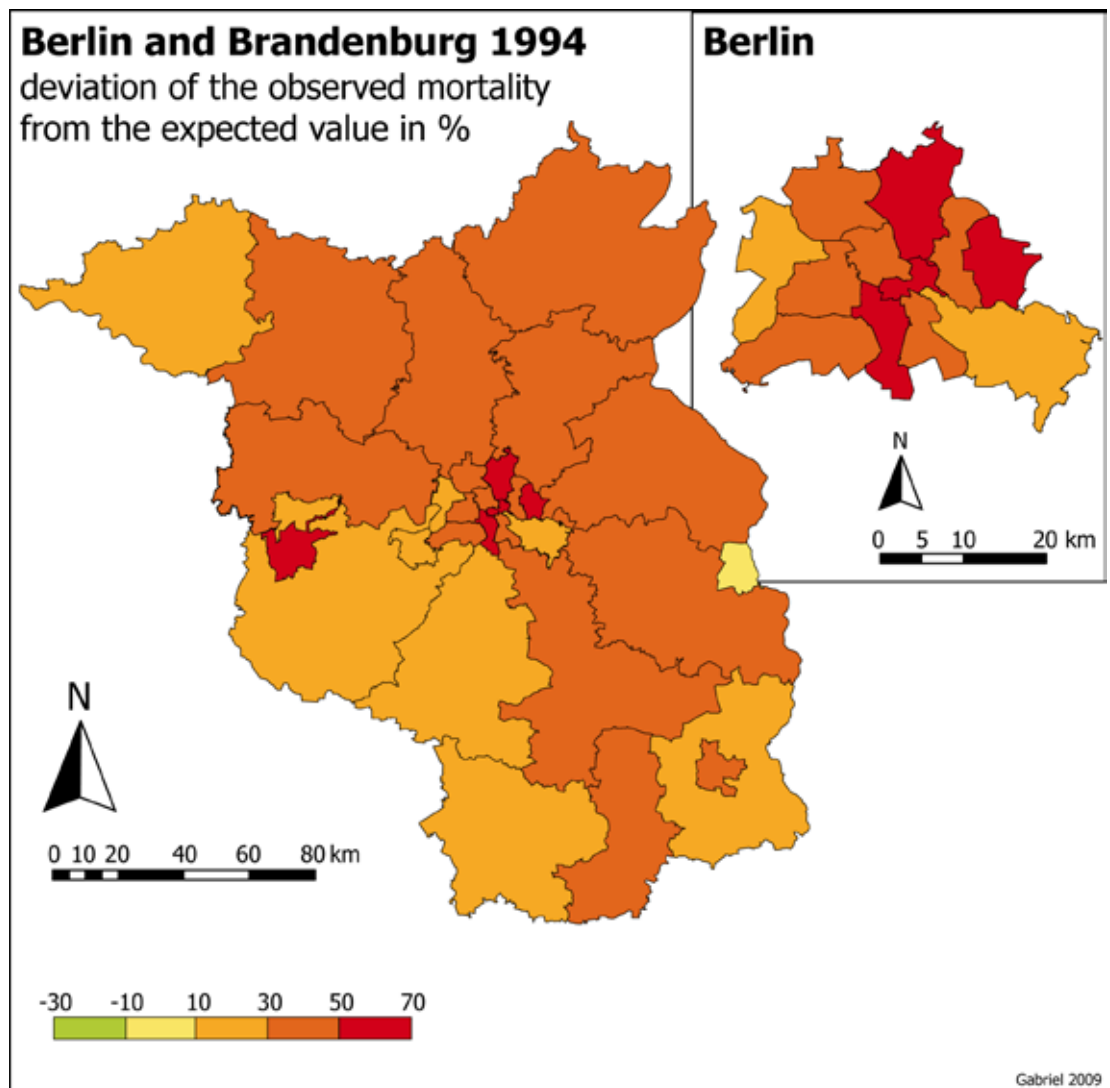


Abb. 8:
Abhängigkeit der täglichen
Todesfälle von den
Temperaturverhältnissen

Ein Vergleich von Daten aus Berlin und Brandenburg ergab, dass in den Städten Berlin und Brandenburg an der Havel die Sterbeziffer während der Hitzewelle

1994 den Erwartungswert besonders weit übertraf (Abb. 9).

Abb. 9:
Sterbeziffer während der
Hitzewelle 1994



Ähnliche Werte wurden in Berlin auch bei den Hitzewellen 2006, 2010 (und wahrscheinlich auch 2013) verzeichnet. Betroffen sind dabei besonders ältere Menschen, Personen mit Vorerkrankungen, aber auch Personen, deren Arbeitsplatz sich unter der „sengenden Sonne“ befindet. Neuere Untersuchungen in Berlin legen nahe, dass bei Sommerhitze auch die Morbidität, nachgewiesen durch Krankenhauseinweisungen v.a. von Personen mit Atmungssystemerkrankungen, zunimmt.

Es besteht bei einer Hitzewelle also eine Gesundheitsgefährdung bis hin zur Todesfolge. Insbesondere die Mortalität bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen und die Morbidität bei Atmungssystemerkrankungen sind erhöht. Gefährdet sind dabei vorzugsweise ältere und kranke Menschen (vulnerable Gruppen). Hitzewellen sind tückisch, weil – im Gegensatz zu Starkregen und Überschwemmungen – ihre Auswirkungen nicht direkt erkannt werden.

Zusammenhänge zwischen dichter Bebauung bzw. hoher Versiegelung (städtische Wärmeinsel!) können besonders bei den intensiven Hitzewellen nachgewiesen werden.

4. Lösungsmöglichkeiten durch klimagerechten Stadtumbau

International sind sich die Experten einig, dass diese noch deutlich unterschätzte Gefahr dringender Lösungsmöglichkeiten bedarf. Hierbei sind Kurz- und Langfristlösungen zu unterscheiden. Kurzfristig muss das bestehende Hitzewarnsystem optimiert werden, vom Deutschen Wetterdienst über die Medien bis hin zu den medizinischen Pflegeberufen. Vulnerable Gruppen müssen über das richtige Verhalten bei Wärmebelastung besser informiert werden (Abb. 10).

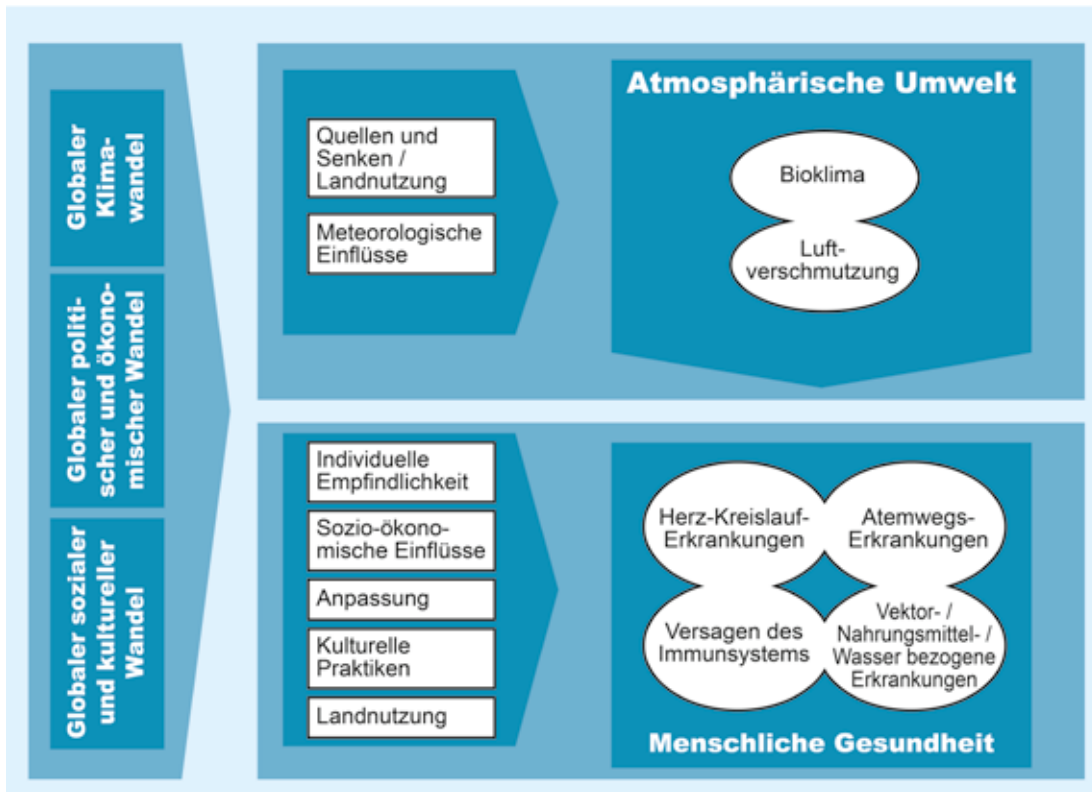


Abb. 10:
Auswirkungen auf die
menschliche Gesundheit
und Umwelt

Mittel- und langfristig müssen wir unsere Städte klimagerecht umbauen. Dabei spielen unversiegelte Flächen mit Schatten spendenden städtischen Grünstrukturen die entscheidende Rolle. Beim Pflanzen von Bäumen muss möglichst auf Arten zurückgegriffen werden, die den künftigen klimatischen Rahmenbedingungen gewachsen sind. Stadtbäume haben eine mehrfach positive Funktion: sie entziehen der städtischen Atmosphäre CO_2 und speichern es in Stämmen und Ästen. Damit dies über viele Jahrzehnte wirksam bleibt, müssen große, lang lebende Baumarten bevorzugt werden. Durch ihre Transpiration tragen sie zur Senkung der Lufttemperatur bei, da sie eine Veränderung des Verhältnisses zwischen latentem und fühlbarem Wärmestrom hervorrufen. Für das thermische Wohlbefinden des Menschen ist an strahlungsreichen Sommertagen insbesondere der Schattenwurf von herausragender Bedeutung. Menschen können aus überhitzten Wohnungen in beschattete Parks und Gärten ausweichen, wo durch eine erhöhte Windgeschwindigkeit die Schweißverdunstung und damit die Kühlung des Körpers erleichtert werden. Stadtbäume bewirken durch ihren Schattenwurf während strahlungsreicher Tagesstunden ein günstiges Mikroklima. Durch geschickte Beschattung von Gebäuden durch laubwerfende Bäume kann der Bedarf an Kühlungsenergie reduziert werden. Die

nächtliche Kaltluftproduktion von urbaner Vegetation ist seit langem bekannt und wird vielfach bei der Stadtplanung berücksichtigt. Ideal sind unsere laubwerfenden Bäume auch deshalb, weil sie im Frühjahr, Herbst und Winter das Sonnenlicht durch lassen. Diese „mobile Beschattung“ ist eine der zahlreichen Leistungen grüner Stadtnatur (Abb. 11).

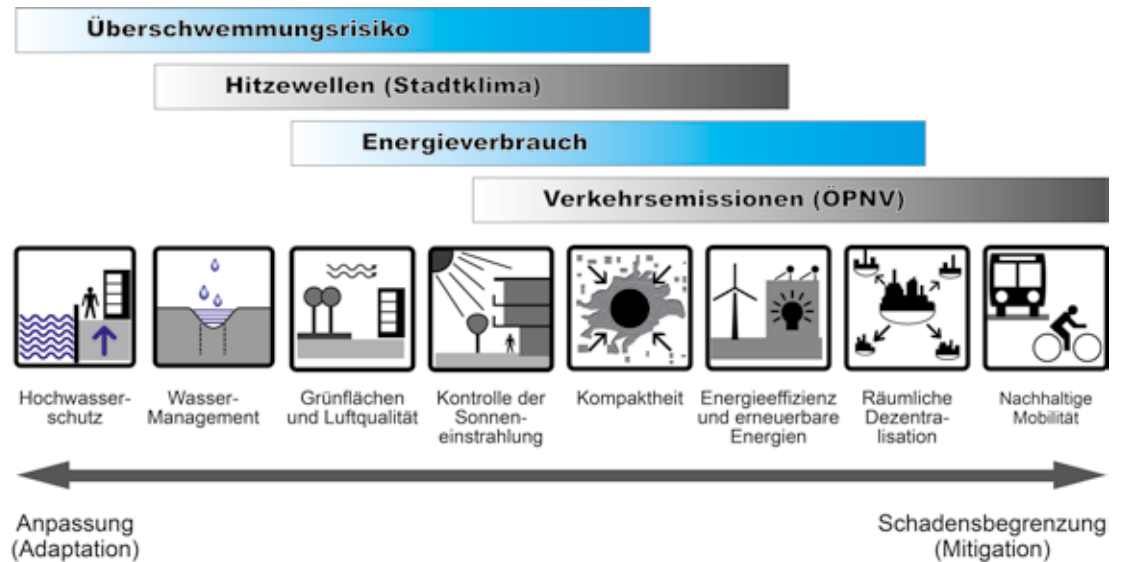


Abb. 11:
Bäume als nächtliche
Kaltluftproduzenten

Abb. 12:
Anpassung an die nicht zu
vermeidenden Folgen des
Klimawandels

Ein nachhaltig klimatologisches Design von Gebäuden und Stadtquartieren ist in Zeiten des Klimawandels eine zunehmend wichtige Aufgabe unserer Architekten und Stadtplaner. Dabei sind sowohl Aspekte des Klimaschutzes, also der Reduktion der Freisetzung

von Treibhausgasen (engl. mitigation) als auch der Anpassung an die schon nicht mehr zu vermeidenden Folgen des Klimawandels (engl. Adaption oder adaptation) zu berücksichtigen (Abb. 12).



Fazit

- Hitzewellen sind ein regelmäßiges Charakteristikum unserer Sommer. Durch den Klimawandel werden sie allerdings immer häufiger werden, länger anhalten und intensiver ausfallen.
- Globale und lokale Erwärmung überlagern sich in Städten.
- Der Mensch wird in seinem thermischen Empfinden nicht nur durch hohe Lufttemperaturen beeinflusst; direkte Sonnenstrahlung, hohe Luftfeuchtigkeit ("Schwüle") sowie niedrige Windgeschwindigkeiten tragen bei Hitzewellen zu einer hohen "gefühlten Temperatur" bei.
- Die Sterblichkeit nimmt bei Hitzewellen in großen Städten erheblich zu (an einzelnen Tagen bis hin zur Verdoppelung; z.B. europaweite Hitzewelle 2003, Berliner Hitzewellen 1994, 2006, 2010 und 2013).
- Klimagerechte Stadtplanung muss neben dem Klimaschutz (1. Priorität!) auch Maßnahmen zu Anpassung an das aktuelle Klima und an die bereits nicht mehr rückgängig zu machenden Folgen des anthropogenen Klimawandels in Betracht ziehen.
- Dabei spielen Aspekte des Humanbioklimas eine zentrale Rolle.
- Begrünte Dächer und Wände sind für das Innenraumklima hilfreich, jedoch sind unversiegelte Flächen mit Stadtbäumen wesentlich wirkungsvoller, da sie Schatten spenden, durch Transpiration am Tage kühlend wirken (und darüber hinaus auch noch etwas Kohlenstoff speichern).
- Dabei muss aber auch die Anpassung an unser Jahreszeitenklima im Auge behalten werden (Licht und Sonne im Winterhalbjahr, Schatten im Sommer – Mobile Beschattung).
- Hitzewellen sind tückisch und nicht nur Wetterphänomene, sondern sie sind eng mit gesundheitlichen Auswirkungen verbunden. Auch Aspekte der "Umweltgerechtigkeit" spielen eine Rolle (Hitze, Lärm, Feinstaub- und Ozonbelastung in dicht verbauten Stadtvierteln mit wenig Grün und möglicher Weise auch noch einer schwierigen Sozialstruktur).
- Bereits in sieben Jahren dürfte es doppelt so viele Hitzewellen geben wie heute
- („heute“ = in Berlin 1994, 2003, 2006, 2010, 2013...), haben Coumou und Robinson (2013) vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ausgerechnet. Bis 2040 sollen es sogar viermal so viele sein.
- Die gesundheitlichen Konsequenzen sind dramatisch (Mortalität und Morbidität) und mit hohen Kosten verbunden.
- Der klimagerechte Stadtumbau (Mitigation und Adaptation) ist – auch vom Gesichtspunkt der urbanen Umweltgerechtigkeit her – eine Aufgabe unserer Generation. Stadtbäume in Alleen und in Parks spielen dabei eine zentrale Rolle.

Literatur

COUMOU, D., ROBINSON, A. (2013): Historic and Future Increase in the Frequency of Monthly Heat Extremes. *Environmental Research Letters* 8, 034018

ENDLICHER, W. (2012): Einführung in die Stadtökologie. Ulmer UTB, Stuttgart, 272 S. (mit ausführlichem Literaturverzeichnis und Internet-Serviceteil)

ENDLICHER, W., KRESS, A. (2008): Wir müssen unsere Städte neu erfinden –Anpassungsstrategien für Stadtregionen. *Informationen zur Raumentwicklung* 6-7/2008, 437-445.

GABRIEL, K., ENDLICHER, W. (2011): Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution* 159 (8-9), 2044-2050.

JENDRITZKY, G., KOPPE, C., LASCHEWSKI, G. (2004): Klimawandel – Auswirkungen auf die Gesundheit. *Internist. Prax.* 44, 219-232.

PAULEIT, S. (2011): Stadtplanung im Zeichen des Klimawandels: nachhaltig, grün und anpassungsfähig. *Conturec* 4, 5-26.

Bedeutung von Landschafts- und Raumplanung für die Erhaltung und Entwicklung des urbanen Grüns

Univ.-Prof. Dr. Dietwald Gruehn

Lehrstuhl Landschaftsökologie und Landschaftsplanung TU Dortmund

1. Warum Erhaltung und Entwicklung des urbanen Grüns?

Warum die Erhaltung und Entwicklung von urbanem Grün bedeutsam sein kann, erschließt sich oft bereits

beim Vergleich unterschiedlicher Städte. Die Abbildungen 1 (Sharjah, Vereinigte Arabische Emirate) und 2 (Berlin-Dahlem) zeigen, wie unterschiedlich urbane Lebensräume auf unserem Globus sein können, und welche Rolle dabei das Grün für das visuelle Erleben spielen kann.

*Abbildung 1:
Trostloses Grau einer
modernen Großstadt
(Foto: Gruehn)*





Abbildung 2:
Ansprechende Straßenraum-
gestaltung einer „grünen“
Großstadt (Foto: Gruehn)

Dabei resultiert die Bedeutsamkeit des urbanen Grüns nicht nur aus ihren ästhetischen Funktionen, wenngleich diese für alle Menschen, insbesondere „Nichtexperten“, unmittelbar wahrnehmbar sind. Urbanes Grün erfüllt auch zahlreiche ökologische, soziale, kulturelle und ökonomische Funktionen (vgl. Gruehn, 2009 sowie Abbildung 3).

Betrachtet man die ästhetischen und ökologischen Funktionen im Detail, so ergeben sich eine Vielzahl weiterer Funktionen, zu denen städtische Grünflächen beitragen, u. a. die bioklimatische Funktion, Luftregenerationsfunktion, Grundwasserneubildungsfunktion, Abflussregulationsfunktion, aber auch Habitatfunktionen, Erholungsfunktion usw. (vgl. Abbildung 4). Vielfach tragen diese Funktionen auch in positiver Hinsicht zur städtischen Lebensqualität bei (vgl. Gruehn 2008).

Trotz der Vielzahl an Funktionen, die durch städtisches Grün erfüllt werden, wird Grün häufig nur als Kostenfaktor gesehen. Dabei liegen die Investitionskosten für die Neuanlage eines Parkes in Deutschland in Abhängigkeit von dessen Ausstattung in der Regel zwischen 30 und 200 EUR pro Quadratmeter Parkfläche. Hinzu kommen dauerhafte Pflegekosten, die in Deutschland in Abhängigkeit vom Pflegeaufwand zwischen 0,70 (Aufwandsklasse IV) und 5,00 EUR (Aufwandsklasse I) pro Quadratmeter und Jahr liegen können. Den Kosten sind die positiven ökonomischen Effekte gegenüberzustellen. Hoffmann & Gruehn (2010 a) haben nachgewiesen, dass urbanes Grün erhebliche signifikante positive Effekte auf den Bodenrichtwert deutscher Groß- und Mittelstädte hat. In Modellrechnungen für die Stadt Frankfurt konnte gezeigt werden, dass die Neuanlage des Hafenparks als Teil der Grüngürtelerweiterung im Umkreis von 500 m zu voraussichtlichen Wertsteigerungen von mindestens 67 EUR pro Quadratmeter führen wird (Hoffmann &



Abbildung 3:
Funktionen urbanen Grüns



Abbildung 4:
Ökologisch-ästhetischer
Funktionskomplex städti-
scher Grünflächen

Gruehn (2010 b). Ausgehend von einem (öffentlichen) Investitionsvolumen von ca. 8 Mio. EUR für den Park würden demnach die kumulierten Wertsteigerungen (auf privater Seite) im 500 m-Umkreis ca. 80 Mio. EUR betragen. Die jährlichen Pflegekosten von bis zu 200.000 EUR würden demnach lediglich 0,25 % der Bodenrichtwertsteigerung ausmachen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aufgrund der Komplexität des Landschaftsökosystems (in der Stadt) nicht alle Funktionen überall optimal verwirklicht werden können. Hinzu kommt, dass

bestimmte Funktionen nur an bestimmten Standorten optimal verwirklicht werden können (z.B. Grundwasserneubildung auf durchlässigen Böden). Die Sicherung und Optimierung von Freiraum-/ Landschaftsfunktionen ist ferner ein komplexer Prozess, der sich nicht durch die Kräfte des freien Marktes selbst regelt. Die Sicherung und Optimierung von Freiraum-/ Landschaftsfunktionen bedarf daher einer Steuerung und des Monitorings. Freiraum-/ Landschaftsfunktionen stellen überwiegend reproduktive Interessen dar, die oft (scheinbar) mit ökonomischen Interessen konfliktieren, weshalb oft dem kurzfristigen ökonomischen Interesse der Vorrang eingeräumt wird. Gleichwohl haben Freiraum-/ Landschaftsfunktionen eine (in der Praxis meist noch unerkannte) ökonomische Dimension, weshalb sich Gewichtungsentscheidungen in der Zukunft zugunsten von Freiraum-/Landschaftsfunktionen ändern könnten.

Abbildung 5:
Beiträge der Landschafts-
und Raumplanung

2. Beiträge von Landschafts- und Raumplanung

Die Erhaltung und Entwicklung urbanen Grüns ist eine komplexe Aufgabe, die sich keinesfalls durch die Kräfte des freien Marktes selbst regelt. Gute und weniger gute Beispiele der Vergangenheit und Gegenwart belegen, dass es hierzu des Engagements einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure bedarf. Gesetzgeberische Aktivitäten sind ebenso unerlässlich wie planerisches Handeln, Verwaltungs- und fiskalisches Handeln, die Übernahme politischer Verantwortung für das urbane Grün, insbesondere auf lokaler Ebene, aber auch Initiativen privater Personen und/oder Gruppierungen sind entscheidende Faktoren für den Erhalt und die Entwicklung des urbanen Grüns. Letztlich ist das konkrete Eintreten für den Erhalt oder die Vernichtung urbanen Grüns immer auch eine Wertentscheidung, die eindimensional oder mehrdimensional begründet werden kann. Genau hier liegt die Bedeutung planerischer Instrumente, wie z.B. der Landschafts- oder Raumplanung, deren gesetzlich fixierte Aufgabe es ist, einzelne Maßnahmen – wie z.B. den Erhalt oder die Neuanlage einer Grünfläche in den landschaftsökologischen und -ästhetischen (Landschaftsplanung) oder städtebaulichen, sozialen und ökonomischen (Raumplanung) Kontext zu stellen, zu begründen und zu optimieren. Wesentlichen Einfluss auf gesellschaftliche Wertvorstellungen haben auch Erkenntnisse von Wissenschaft und Forschung, die in den vergangenen Jahren zum Beispiel im Kontext der Diskussionen um den Klimawandel zu einer erhöhten Sensibilität vieler Kommunen im Umgang mit Naturressourcen im Allgemeinen und mit urbanen Grünflächen im Speziellen geführt hat.

Zur Sicherung und Optimierung von Freiraum-/ Landschaftsfunktionen bedarf es spezifischer Instrumente, namentlich der Landschafts- und Raumplanung. Während die Landschaftsplanung v. a. darauf abzielt, die Landschaftsfunktionen bzw. Ecosystem Services zu optimieren, ist es die Aufgabe der Raumplanung, die unterschiedlichen Landnutzungen räumlich und sachlich zu koordinieren (vgl. Abbildung 5). Aus diesen unterschiedlichen Aufgabenstellungen ergeben sich sowohl potentielle Konflikte als auch Synergieeffekte. Dabei ist im Einzelfall auf die Zusammenarbeit zwischen spezifischen Instrumenten abzustellen, die teilweise nach Landesrecht sehr unterschiedlich ausgestaltet sind und hier nicht im Detail dargestellt werden können.



Wie komplex die rechtlichen Wirkungen unterschiedlicher Planinhalte der Raum- und Umweltplanung sein können, zeigt Abbildung 6. Im günstigsten Fall werden dabei Vorschläge der überörtlichen Landschaftsplanung (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan), z. B. zum Erhalt bzw. zur Entwicklung eines regionalen Grünzuges, als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete in die Regionalplanung übernommen und im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung (Flächennutzungsplan und/oder Bebauungsplan) als nachrichtliche Übernahme beachtet oder als Darstellung oder verbindliche Festsetzung berücksichtigt, wobei die Festsetzungen im Bebauungsplan wiederum verbindliche Vorgaben darstellen. Ist der Grünzug relevant für das Europäische Schutzgebietssystem „Natur 2000“, können ggf. Beachtungspflichten für die räumliche Gesamtplanung ausgelöst werden.

Auf der örtlichen Ebene kann der Erhalt und die Entwicklung von Grünflächen beispielsweise mit Hilfe eines Flächennutzungsplanes und/oder eines Landschaftsplanes betrieben werden. Die spezifischen Vor- und Nachteile beider Instrumente sind in Abbildung 7 dargestellt und ergänzen sich im Idealfall. Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass in der Planungspraxis oft auch informelle Instrumente eingesetzt werden, die im Einzelfall durch naturschutzfachliche Festsetzungen

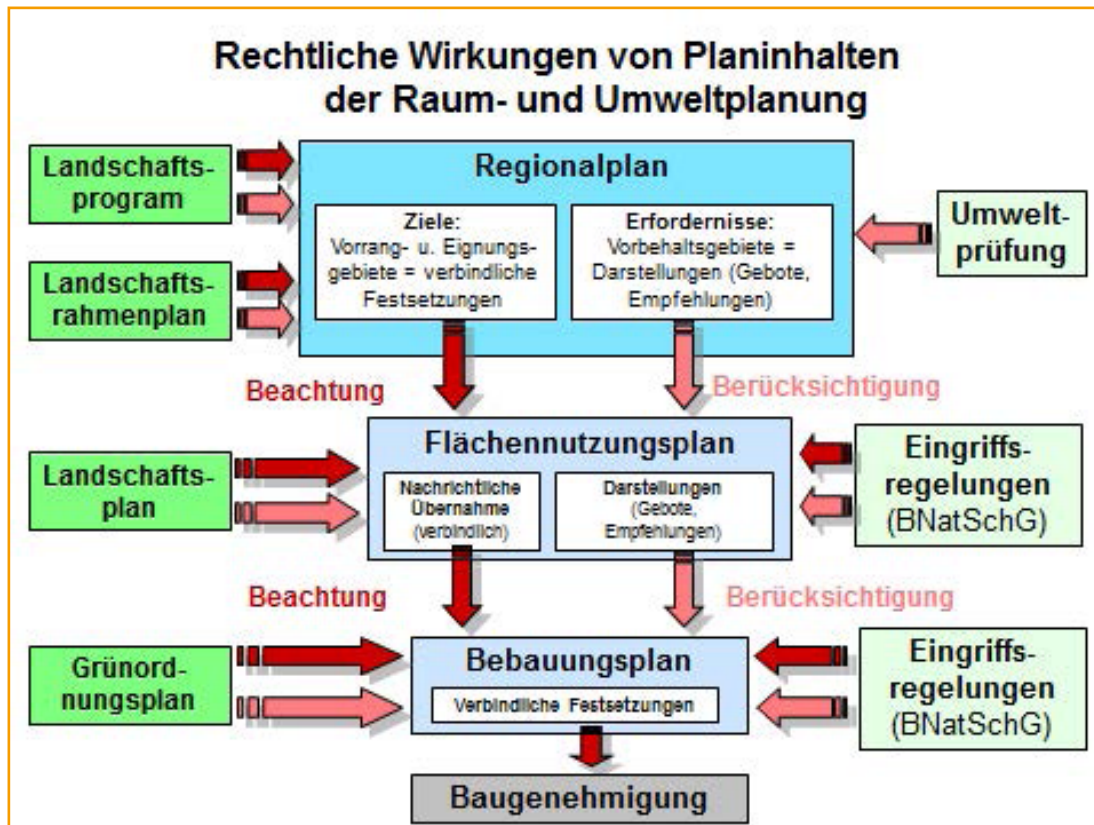


Abbildung 6:
Beiträge der Landschafts- und Raumplanung (Gruehn 2013 a, verändert)

(z. B. geschützte Grünfläche in Berlin) ergänzt werden. Es ist also festzuhalten, dass mit der Landschafts- und Raumplanung in Deutschland ein Instrumentarium zur Verfügung steht, mit dem grundsätzlich die Möglichkeit besteht, das städtische Grün zu erhalten und weiterzuentwickeln. Gleichwohl bedarf die Sicherung des urbanen Grüns auch finanzieller Ressourcen und kann auch mit informellen Planungsinstrumenten betrieben werden.



Abbildung 7:
Vor- und Nachteile von Flächennutzungsplan und Landschaftsplan für die Erhaltung und Entwicklung des urbanen Grüns

3. Beispiele

Ein klassisches Beispiel für die langfristige Sicherung regionaler Grünzüge ist eng mit der Entstehungsgeschichte der Regionalplanung in Deutschland verbunden (vgl. Finke et al. 2009). So wurden durch den Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk ab 1920 im Ruhrgebiet 7 regionale Grünzüge vor weiterer Bebauung geschützt, auch um den Menschen ausreichend Erholungsraum zur Verfügung stellen zu können. Struktur und Verlauf der Grünzüge sind noch heute gut zu erkennen (vgl. Abbildung 8), auch wenn zwischenzeitlich an einigen Stellen durch Fehlentscheidungen auf kommunaler Ebene die Durchlässigkeit der Grünzüge aufgehoben wurde (vgl. Finke et al. 2009). Dennoch, oder gerade deswegen ist es sinnvoll, sich mittel-

bzw. langfristig Gedanken über die Wiederherstellung der Funktionen der Grünzüge zu machen. Abbildung 8 weist dementsprechend Eignungsräume für eine zusätzliche Sicherung als regionaler Grünzug aus (Finke et al. 2009).

Ein vergleichsweise junges Projekt stellt der Masterplan Neues Emschertal dar, welcher einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung des Konzeptes Emscher Landschaftspark darstellt (Gruehn 2013 b). Inhaltlich geht es um die Revitalisierung der west-östlich verlaufenden Emscher, wodurch die nord-südlich verlaufenden regionalen Grünzüge (s. o.) miteinander verbunden werden. Die genannten Projekte leisten – neben vielen anderen Projekten – einen wesentlichen Beitrag

zum Imagewandel im Ruhrgebiet durch mehr urbanes Grün (vgl. auch Gruehn 2013 c).

Ähnliche Projekte wurden auch im Ausland realisiert, z.B. die Freilegung des Cheonggyecheon-Flusses in der Innenstadt der koreanischen Metropole Seoul

(Busquets 2011). Bis vor wenigen Jahren verlief über dem Flusslauf eine Stadtautobahn. Die neugeschaffene Situation hat wesentlich zur Steigerung der Lebensqualität – durch mehr Grün und weniger Lärm – beigetragen, weshalb in Seoul weitere Projekte geplant sind.

Abbildung 8:
Eignungsräume für eine
zusätzliche Sicherung als
regionaler Grünzug (Finke
et al. 2009)



Literatur

BUSQUETS, J. (2011): Deconstruction/Construction: The Cheonggyecheon Restoration Project in Seoul. Harvard University Graduate School of Design.

FINKE, R., GRUEHN, D., STECHOW, K. & ROTH, M. (2011): Entwicklung eines urbanen Biotopverbundes im Rahmen des Freiraumkonzeptes Metropole Ruhr. LLP-report 025. Dortmund. 65 S.

GRUEHN, D. (2008): Economic Valuation of Ecosystem Services of Urban Open Spaces - Contribution of Urban Green to Life Quality in European Cities. In: Schweppe-Kraft, B. [Ed.]: Ecosystem Services of Natural and Semi-Natural Ecosystems and Ecologically Sound Land Use. BfN-Skripten 237: pp. 109-118. Bonn.

GRUEHN, D. (2009): Welchen Wert haben Grünflächen für Städte? In: Stiftung "Die Grüne Stadt" [Hrsg.]: Die grüne Stadt - Handbuch für mehr Grün in Städten, S. 18-21. Rolf Soll Verlag. Hamburg.

GRUEHN, D. (2013 A): Planning of Rural Settlements in Germany: Juridical, Methodological and Environmental Aspects. In: Ögdül, H. [Ed.]: Kırsal Alan Planlaması Tartışmaları 1999-2009 (Discussions on Rural Planning 1999-2009). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, pp. 44-54.

GRUEHN, D. (2013 B): ParadigmShift in the Ruhr Region: From Industry to Innovation - From Grey to Green. In: **КИЇВСЬКИЙ ГЕОГРАФІЦНИЙ ЩОРІЧНИК** (Kyiv Geographic Almanac) **ВИПУСК 8**: pp. 26-31.

GRUEHN, D. (2013 C): Germany Goes Green - Innovations towards a Sustainable Regional Development. In: World Technopolis Review 1 (4): 230-239.

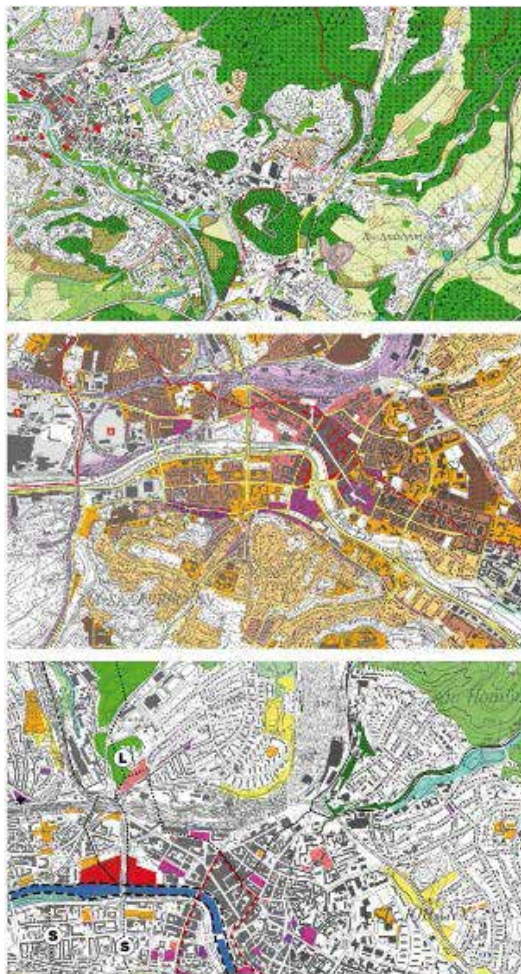
HOFFMANN, A. & GRUEHN, D. (2010 A): Bedeutung von Freiräumen und Grünflächen in deutschen Groß- und Mittelstädten für den Wert von Grundstücken und Immobilien. LLP-report 010. Dortmund. 73 S.

HOFFMANN, A. & GRUEHN, D. (2010 B): Bedeutung von Freiräumen und Grünflächen für den Wert von Grundstücken und Immobilien in der Stadt Frankfurt a.M. LLP-report 012. Dortmund. 47 S.

Freiraumplanung als Handlungsfeld für Klima-Adaptationsmaßnahmen

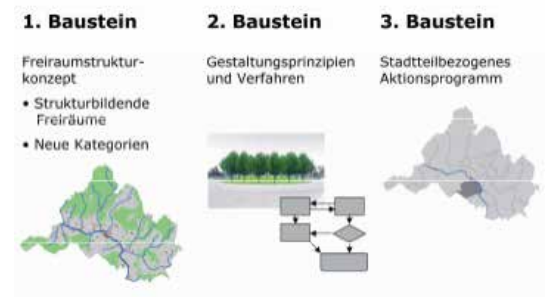
Carmen Dams

ExWoSt-Modellvorhaben der Landeshauptstadt Saarbrücken



Auszüge aus dem Kartenwerk zum FEP (von oben):
Bestand der Freiraum- und Siedlungsstrukturtypen,
Planungskarte (FEP 2008)

1. Das Freiraumentwicklungsprogramm als Ansatzpunkt



2. Saarbrücken im Klimawandel

Erwartete Klimaänderungen im Saarland bis Ende des Jahrhunderts (2100) (HHP/JRU 2011 : 19)

- Jahresdurchschnittstemperatur steigt um 2 bis über 5 °C bis Ende des Jahrhunderts
- starker Anstieg der Temperaturen im Frühling, Herbst und Winter um 1 bis 5 °C
- besonders starker Anstieg der Temperaturen im Sommer um 2,5 bis weit über 5 °C
- deutlich mehr heiße Tage: +5 bis +45 Tage mehr
- mehr Tropennächte: 0 bis über 45 Nächte mehr
- deutlich wenige Frosttage: -11 bis -30 weniger
- deutlich weniger Eistage: -5 bis -17 weniger
- Verringerung der Niederschlagsmenge im Sommer um 15 bis 40% (einzelne Modelle prognostizieren einen Rückgang über 50%)

- Erhöhung der mittleren Niederschlagsmengen im Winter um 5 bis 70%
- Abnahme der Schneemengen um 69 bis 98%
- Abnahme der Anzahl der Regentage im Sommer um -6 bis -21,5 Tage
- Zunahme der Anzahl Regentage im Winter um bis zu 9 Tage

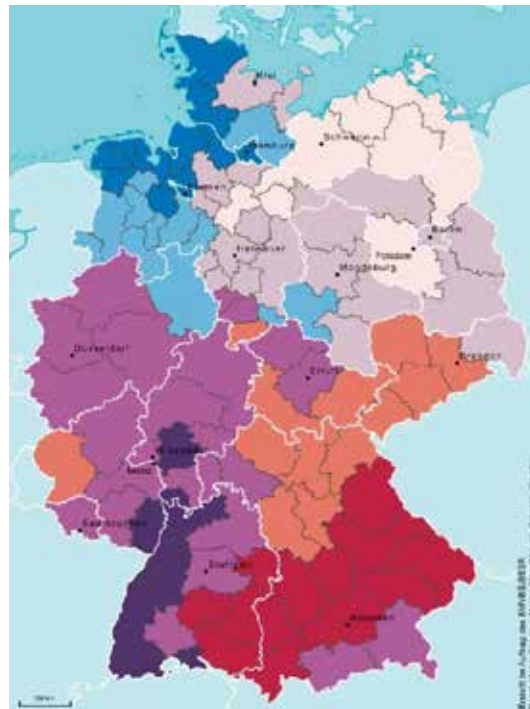


Faktor 1:

Komplex aus der Zunahme der Jahresmitteltemperatur, der Zunahme an Hitzetagen und der Abnahme an Sommerniederschlägen

Faktor 2:

Komplex aus der Abnahme der Frosttage, der Zunahme von Starkregenerereignissen und der Zunahme von Winterniederschlägen



Veränderung der Klimafaktoren für das Szenario A1B im Zeitraum 2071-2100

3. Anpassung an den Klimawandel als Aufgabe der Stadtentwicklung

Die ExWoSt-Modellprojekte im Überblick

- Syke: Verantwortlich Handeln im Klimawandel!
- Bad Liebenwerda: Eine Stadt zum Wohlfühlen im Klimawandel
- Essen: Stadt begegnet Klimawandel – Integrierte Strategien für Essen
- StädteRegion Aachen: klimAix – Klimaverträgliche Gewerbeflächenentwicklung in der StädteRegion Aachen
- Jena: JenKAS – Jenaer Klima- Anpassungsstrategie
- Nürnberg: Sommer in der Stadt – dem Klimawandel sinnvoll begegnen
- Saarbrücken: Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen
- Nachbarschaftsverband Karlsruhe: Innenentwicklung versus Klimakomfort
- Regensburg: Klimaschutz und -anpassung im Spannungsfeld von zukünftiger Flächennutzung und beständigem Stadtkörper

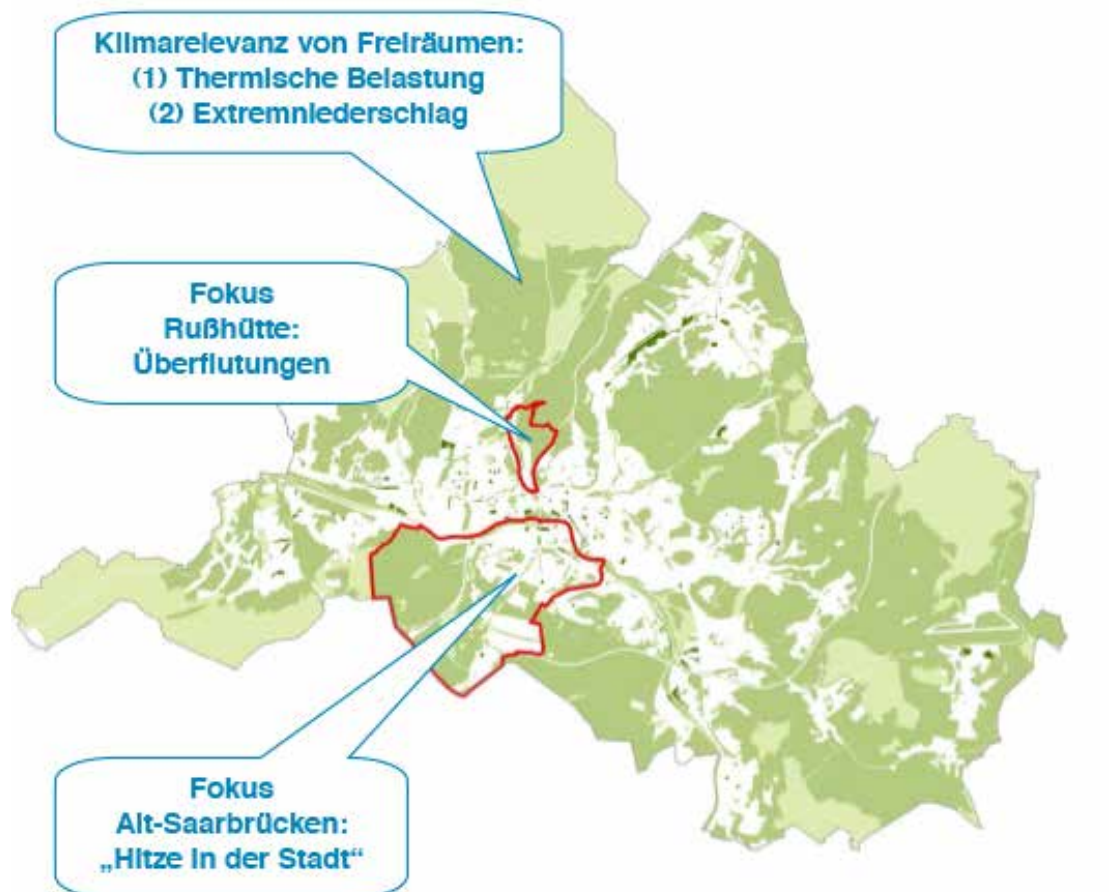


Die Verknüpfung mit dem INTERREG IVB-Projekt
C-Change
C-Change = „sea-change“

Wie können sich Städte und Regionen an die Folgen
des Klimawandels anpassen?
Was können Stadt- und Regionalplanung dazu beitra-
gen, Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen
zu fördern?
Wie können Bevölkerung und Akteure vor Ort aktiv in
die konkrete Umsetzung von Maßnahmen einbezogen
werden?
Laufzeit: März 2009 bis Dezember 2012
Fördervolumen: 7.191.615 EUR
(Saarland: 496.500 EUR)
davon werden jeweils 50% über EFRE kofinanziert

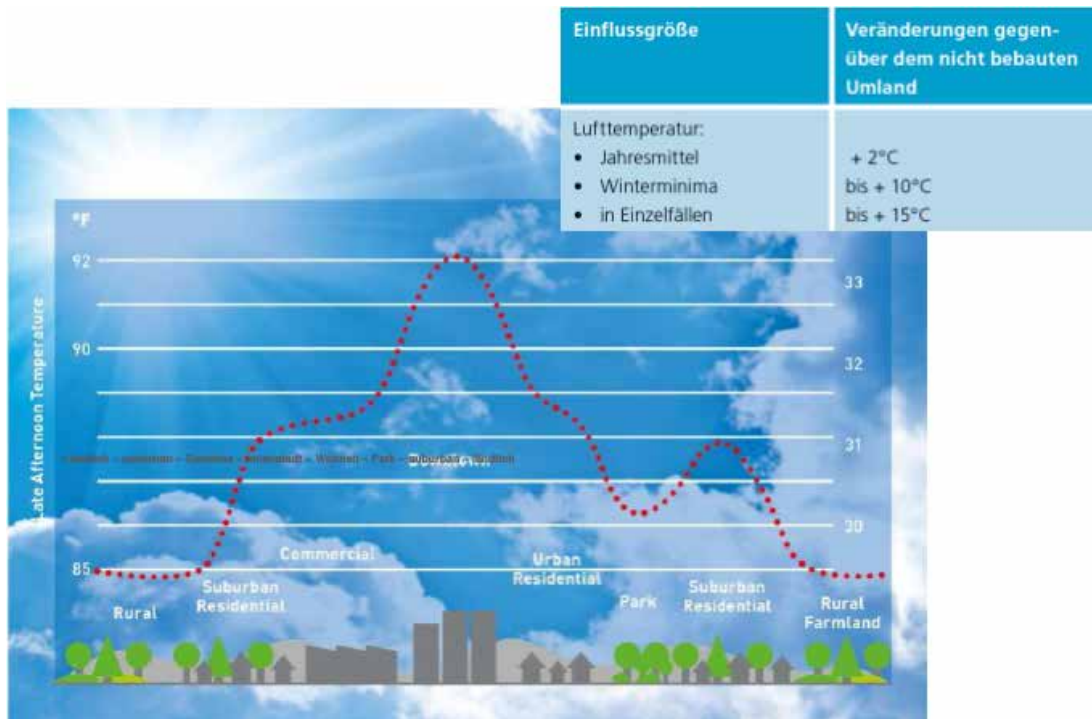


4. Saarbrücken als ExWoSt-Modell- stadt



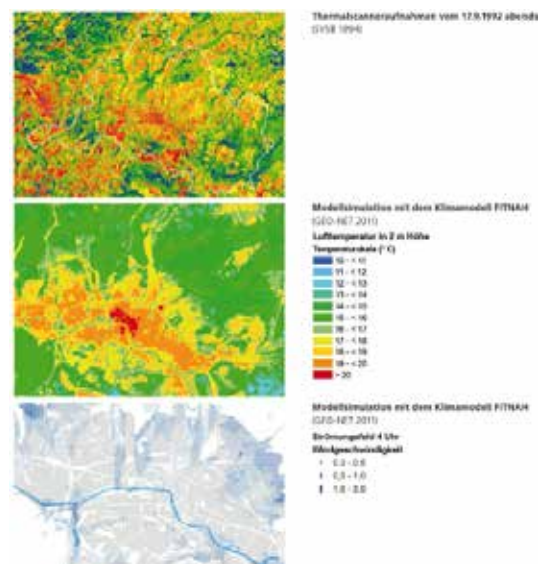
5. Schwerpunkt: „Hitze in der Stadt“

Besonderheiten des Stadtklimas – der Hitzeinseleffekt

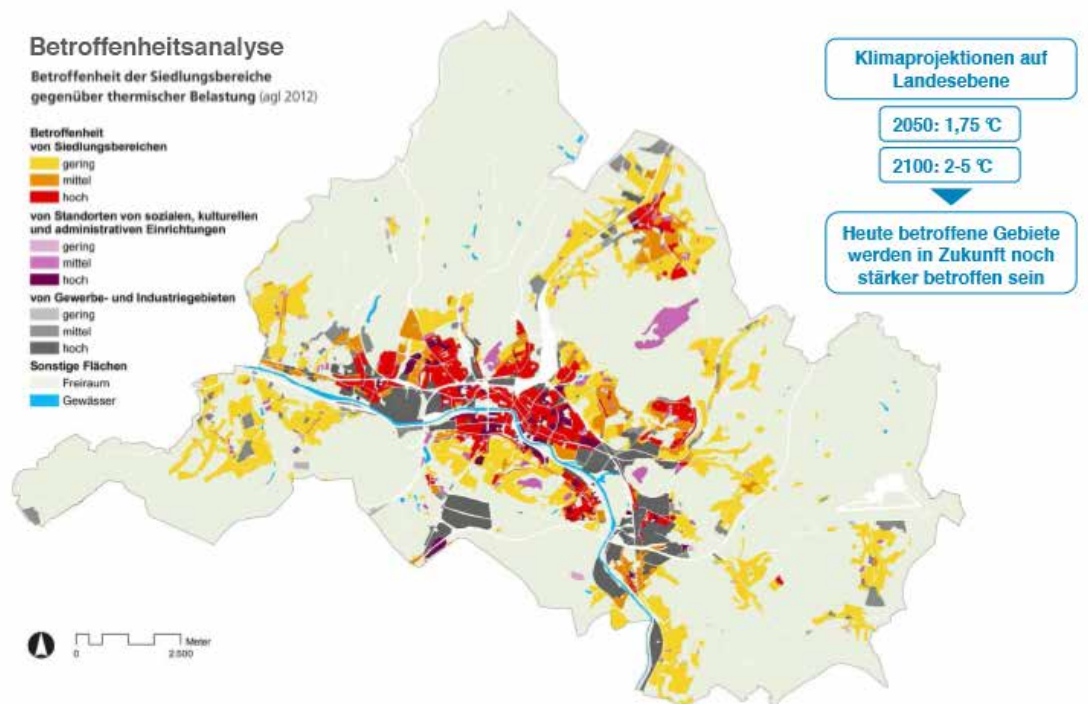
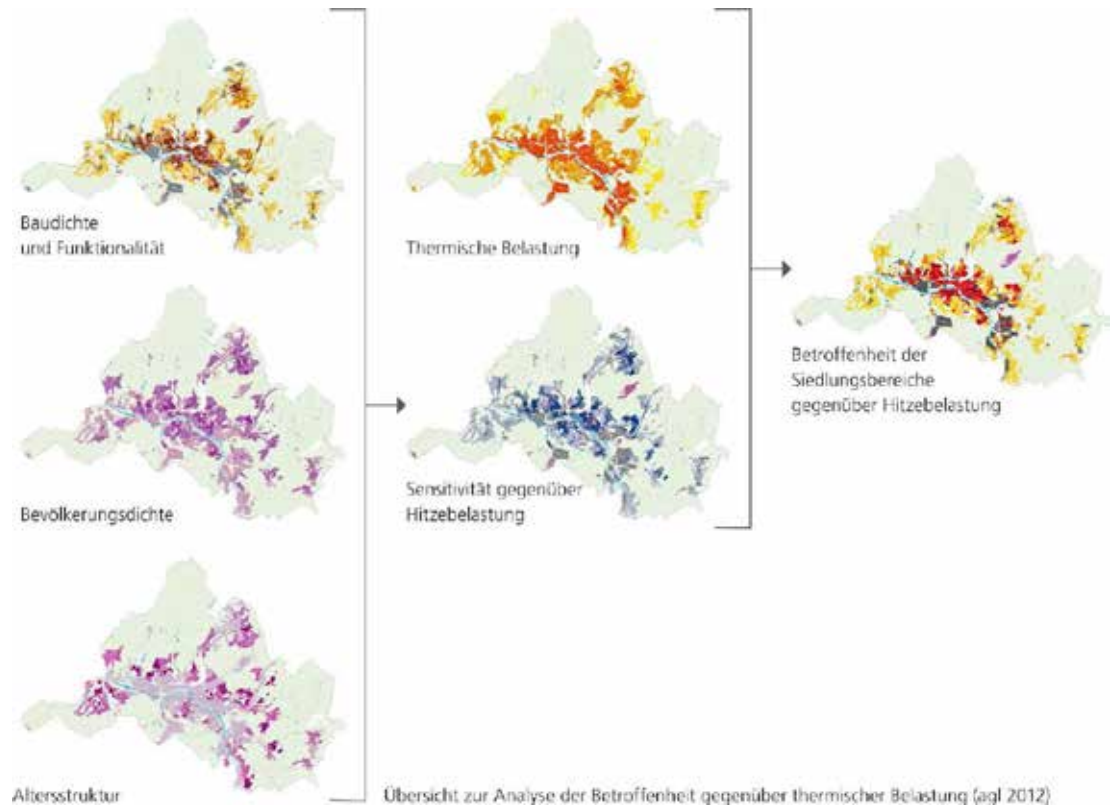


Grundlegenden zur Ermittlung der Exposition

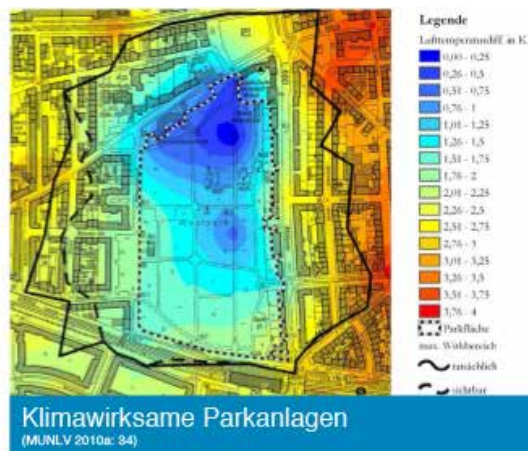
- Thermalscannerbefliegung vom 17. und 18.09.1992 zur Erstellung des Klimafunktionsplans der Landeshauptstadt bzw. der Klimatopkarte des Regionalverbands Saarbrücken (Bangert 1993)
- Klimafunktionsplan der Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS 1996)
- Grenzüberschreitende Klimatopkarte „Klimacarte“ des Stadtverbands Saarbrücken (SVSB 1994)
- Gutachten zu Kaltluftentstehungsgebieten und Abflussbahnen im Saarland in Zusammenhang mit der Neuaufstellung des Landesentwicklungsplans Saarland (Kubiniok 2010)
- Klimamodellierung auf gesamtstädtischer Ebene durch die GEO-NET Umweltconsulting GmbH im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalteplans und der Klimafunktionskarte (GEO-NET 2011, 2012a)



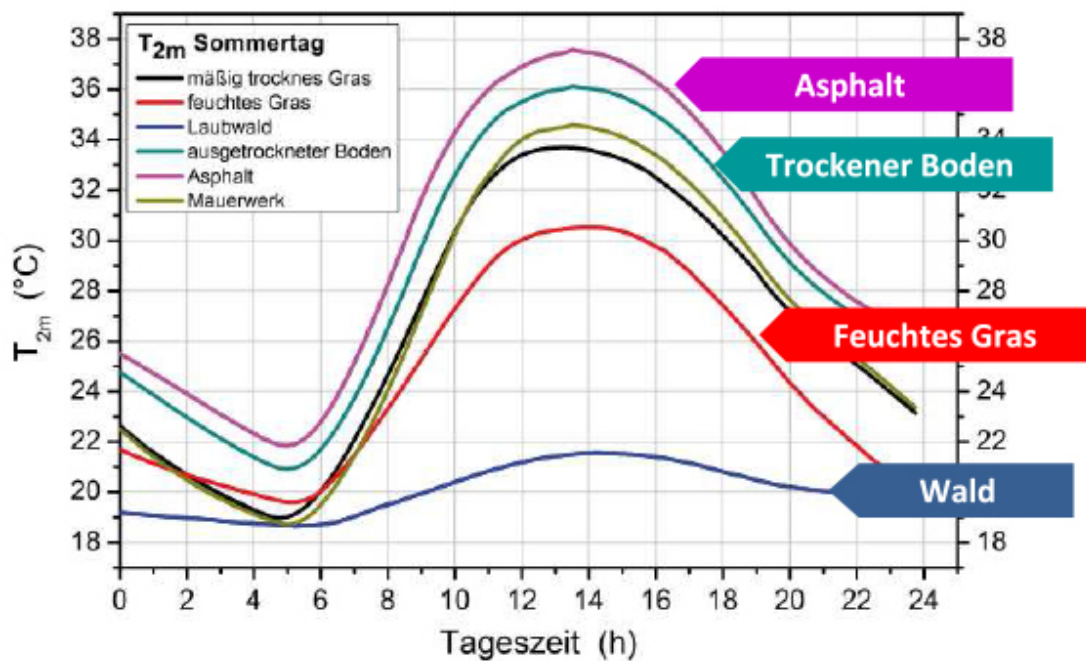
Betroffenheit feststellen



Klimarelevanz von Freiräumen – nächtliche Abkühlung



Klimarelevanz von Freiräumen – Bodenbelag



Temperaturentwicklung auf unterschiedlichen Oberflächenflächen

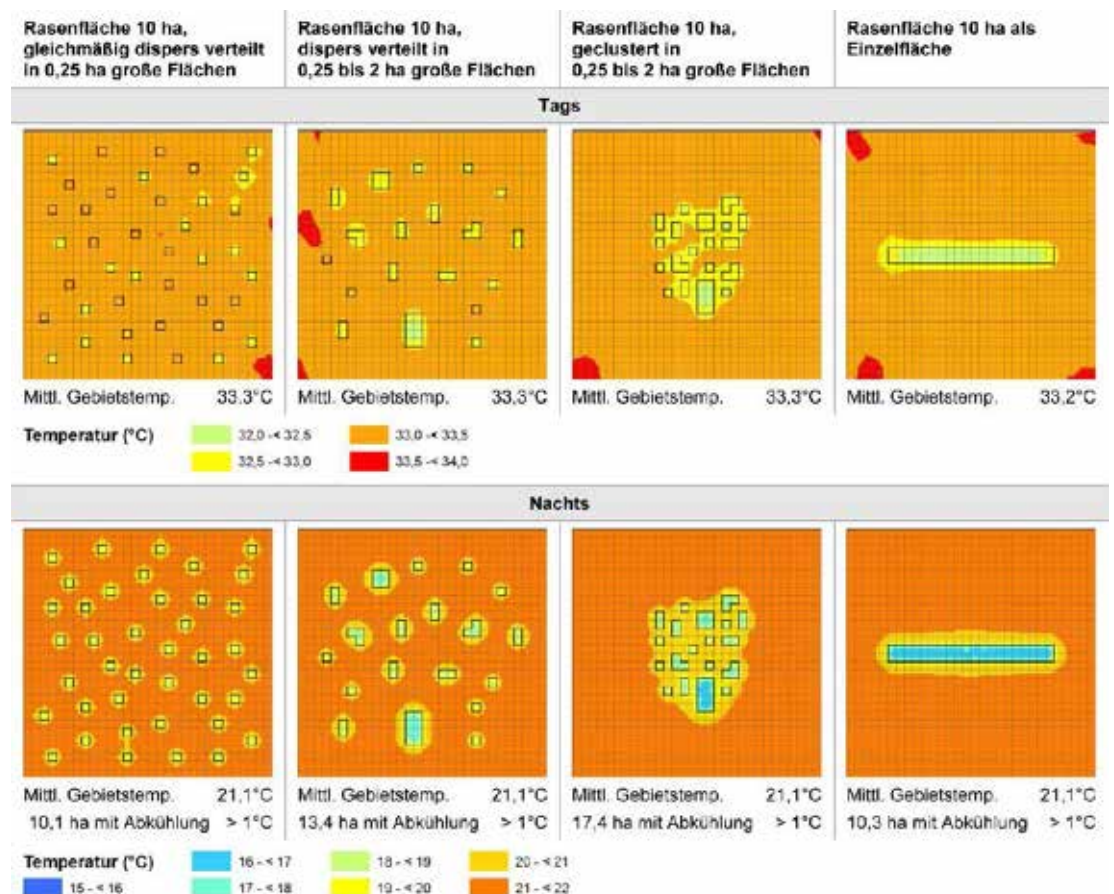
HIRVAC-Simulation der 2 m-Temperatur für unterschiedliche städtische Nutzungen mit „sehr großer Ausdehnung“
(Goldberg/Bernhofer 2007)

Klimarelevanz von Freiräumen – Wasser und Rückstrahlung (Albedo)



Klimarelevanz von Freiräumen - Modellrechnungen Einfluss der Freiflächenverteilung

- Auch kleine Freiräume besitzen einen unmittelbaren Abkühlungseffekt für die Umgebung in der Nacht. Das gilt auch für die oberen Stockwerke der Bebauung.
- Wichtig für den Klimakomfort am Tage sind vor allem die Reflexion der Oberflächenmaterialien (Albedo) sowie verschattende Bäume.
- Bei gleichen Baumassen (Siedlungsstrukturtypen) und Freiflächengrößen ist für den Klimakomfort die Qualität der Freiraumgestaltung maßgeblich.
- Dispers verteilte sowie Cluster von Freiräumen unterschiedlicher Größe bieten einen optimalen Abkühlungseffekt für die umgebende Siedlung.



Handlungsbedarf auf stadtregionaler und lokaler Ebene

1 Freiräume mit klimawirksamen Leistungen für stadtregionale Luftaustauschprozesse




- Große Kaltluftproduktionsflächen (vegetationsfreie Böden; Flächen niedriger Vegetation)
- Große Frischluftproduktionsflächen (z.B. geneigte Waldflächen mit Abfluss kühlender Luft vom Kronendach)
- Wirksame Luftleitbahnen (topografische Voraussetzungen: u.a. Hangneigung > 5 °; Gefälle der Taleschle > 1°; hohe Porosität für Luftmassenströmungen)
- Siedlungsbezug

2 Freiräume mit Bedeutung für lokale Luftaustauschprozesse und Klimakomfort




Funktion Abkühlung, Parkwind

- Größe und damit Fähigkeit zur Produktion nennenswerter Kaltluftmassen
- Struktur des Freiraumes, da nur bei hoher Porosität/ Durchlässigkeit die Luftmassen in die Umgebung hineinwirken können
- Topografie, da Kaltluft in die umgebende Siedlung strömen soll

Funktion Klimakomfort

- Gleichzeitiges und ganzjähriges Angebot von kühlen schattigen sowie warmen sonnigen Aufenthaltsbereichen
- Ausreichende Versorgung mit Aufenthaltsflächen, gute Erreichbarkeit und Zugänglichkeit

3 Freiräume innerhalb der Siedlungsstruktur mit klimawirksamen Leistungen




- Porosität/ Durchlässigkeit für den Luftaustausch: Zusammenwirken von Gebäudestellung, Baudichte und -höhe, Dichte und Höhe der Grünstrukturen
- Hohes Grünvolumen, großer Baumbestand zur Vermeidung von Aufheizung bzw. zum Abkühlen in Bodennähe
- Helle Oberflächen und -materialien zur Reduktion der Wärmeabsorption/-speicherung des Siedlungskörpers in Bodennähe sowie auf Fassaden und Dachniveau

Kriterien zur Abgrenzung der Flächen

Flächenkulisse des stadtregionalen Systems	Kaltluftvolumenstrom > 0,2 m/s
	Kaltluftproduktionsflächen der Stufe 3 (hoch: 700 m³/s bis ≤1.400 m³/s) oder Stufe 4 (sehr hoch: >1.400 m³/s)
	Kaltluftproduktionsgebiete der Hochlagen
	Kaltluftabflussgebiete der Hanglagen
Flächenkulisse zu den Freiflächen des lokalen Systems	Kaltluftproduktionsgebiete der Hochlagen
	Kaltluftabflussgebiete der Hanglagen
	Kaltluftsammelgebiete der Tallagen
	Trittsteine für das tiefere Eindringen von Kalt- und Frischluft in den Siedlungskörper

Die stadregionale Ebene: Sicherung des Kaltluftaustauschs

Handlungsbedarf in Freiräumen mit stadregionaler Klimarelevanz (agl 2012)

Sicherung des stadregionalen Luftaustauschs

- Kaltluftproduktionsgebiete der Höhenlage: bei großflächigen Nutzungsänderungen klimaökologische Funktionen berücksichtigen
- Kaltluftabflussgebiete der Hanglagen: bei Nutzungsänderung klimaökologische Funktionen berücksichtigen
- zusammenhängende Freiräume in den Kaltluftammelgebieten der Talagen grundsätzlich sichern
- Ventilationbahnen in den Talagen grundsätzlich sichern, Abflusshindernisse vermeiden
- Trittsteine in mittel bis hoch betroffenen Siedlungsbereichen vorrangig sichern

Sonstige Darstellungen

- Trittsteine ohne Handlungsbedarf (in von thermischer Belastung gering betroffenen Siedlungsgebieten)
- Gewässer
- Siedlungsfläche



Die lokale Ebene: Erhöhung des Klimakomforts am Tage

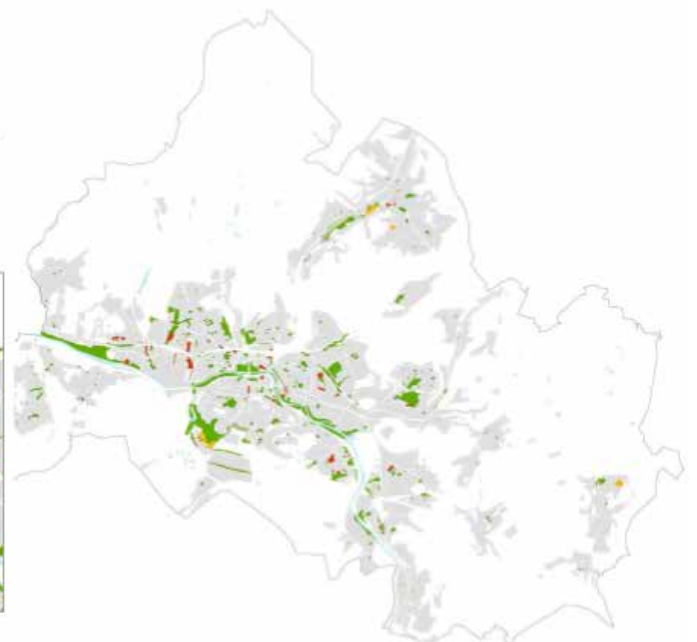
Anpassungsbedarf in Freiräumen mit lokaler Klimarelevanz (agl 2012)

Freiräume mit lokaler Klimarelevanz

- hoher Anpassungsbedarf zur Optimierung des Klimakomforts
- mittlerer Anpassungsbedarf zur Optimierung des Klimakomforts
- kein Anpassungsbedarf wegen guter Ausstattung
- kein Anpassungsbedarf wegen geringer Betroffenheit

Sonstige Darstellungen

- Siedlungsfläche



Die stadtregionale Ebene: Sicherung des Kaltluftaustauschs

Anpassungsbedarf in den Freiräumen auf der Ebene der Siedlungsstruktur (vgl. 2012)

Anpassungsbedarf bei

Zentrumsbebauung

hoch

Blockrandbebauung

hoch

mittel

gering

Zeilen- und Hochhausbebauung

hoch

mittel

gering

Ortskernen und verdichteter Straßenrandbebauung

hoch

mittel

gering

Einzel- und Reihenhausbebauung

hoch

mittel

gering

Gewerbe- und Industrieflächen

hoch

mittel

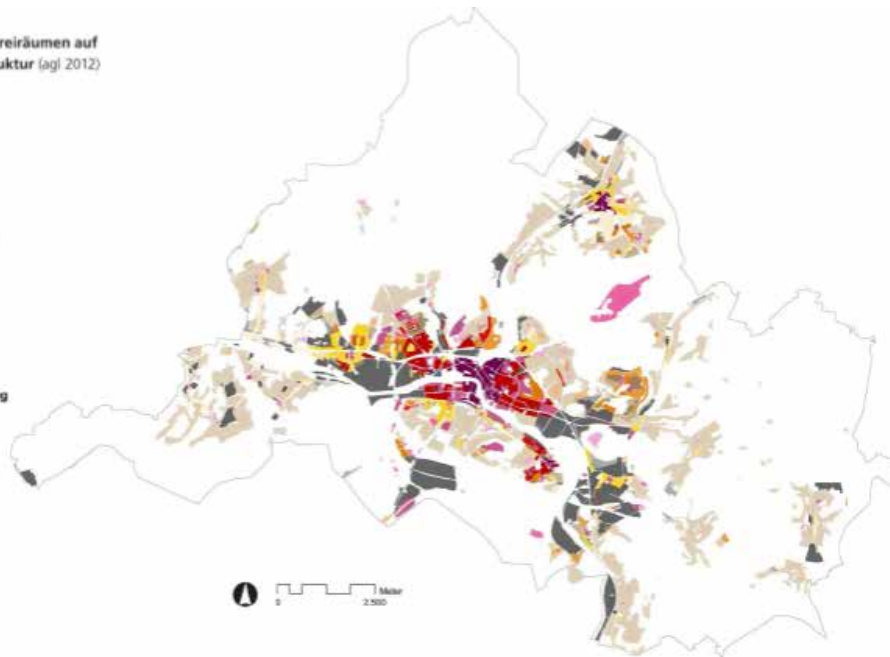
gering

sozialen, kulturellen und administrativen Einrichtungen

hoch

mittel

gering



Gestaltungsprinzipien

Gestaltungsprinzipien

1 Entsiegeln und wasserdurchlässige Materialien verwenden: Auf nicht versiegelten Flächen kann bei weitaus geringem Boden mehr Wasser verdunstet, was zu einer Abkühlung der Umgebung führt. Zudem heizt sich der Untergrund nicht so stark auf.



2 Das Grünvolumen erhöhen: Die Verdunstung von Wasser über Pflanzen führt zu einer stärkeren Abkühlung der Umgebung. Dies funktioniert am besten, wenn Pflanzen über einen wasserbesättigten Untergrund viel Wasser aufnehmen können.



3 Oberflächen aufheilen: Heller- und reflektierende Oberflächen erhöhen die Albedo und verringern die Wärmespeicherung der baulichen Strukturen oder des Untergrundes.



4 Schattenplätze durch Vegetation (Bäume) schaffen: Die Abschirmung vor kurzweiliger Strahlung verhindert ein Aufheizen des beschatteten Bereichs und verringert die Strahlungswärme vom beschatteten Baumstamm. Laubbäume haben dabei den Vorteil, im Sommer Schatten zu spenden, im Winter aber die wärmenden Sonnenstrahlen durchzulassen.



5 Schattenplätze durch bauliche oder technische Strukturen schaffen: Auch bauliche Strukturen wie eng stehende oder hohe Gebäude, Sonnensegel oder feste Installationen können Schatten spenden. Allerdings ist der Abkühlungseffekt geringer als bei schattenspendender Vegetation, da die Verdunstungsfähigkeit durch Evapotranspiration entfällt. Im Winter können zudem zugige Bereiche entstehen.



6 Bewegtes Wasser einsetzen: Bewegtes Wasser, auch in Form von Wasserspielen und Sprühnebel, fördert eine verstärkte Verdunstung und die Abkühlung der Luft. Mit Sprühnebel wird durch die Schaffung einer großen Wasseroberfläche (feinster Sprühnebel) eine besonders starke Kühlwirkung erreicht.



Konkretisierung auf Stadtteilebene

Anpassungsbedarf in Freiräumen in Bezug auf thermische Belastung in Alt-Saarbrücken (vgl. 2012)

Anpassungsbedarf zur Optimierung der
Klimakomfortfunktion am Tage in:

Freiräumen mit lokaler Klimarelevanz

- gelb gering-wegen guter Ausstattung
- orange mittel
- rot hoch

**Freiräumen mit stadtregeleiner Klimarelevanz
und lokaler Klimakomfortfunktion**

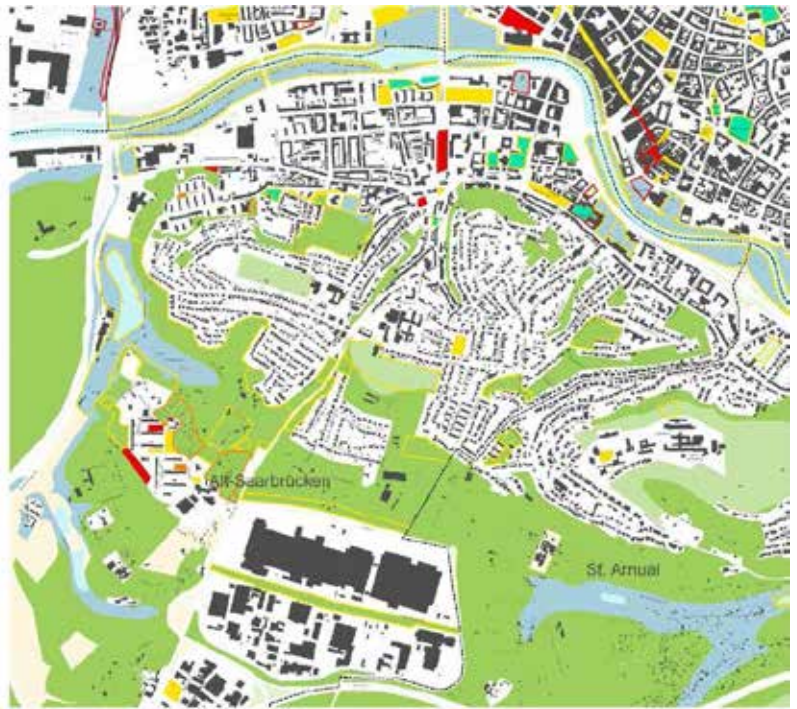
- gelb gering, aber Sicherung als Freiraum des
stadtregeleiner Systems
- orange mittel und Sicherung als Freiraum des
stadtregeleiner Systems
- rot hoch und Sicherung als Freiraum des
stadtregeleiner Systems

**Handlungsbedarf in Freiräumen
im stadtregeleiner System**

- hellgrün Kulturlandschaftsgebiete der Höhenlagen:
bei großflächigen Nutzungsänderungen
klimakologische Funktionen berücksichtigen
- dunkelgrün Kulturlandschaftsgebiete der Hängenlagen:
bei Nutzungsänderungen klimakologische
Funktionen berücksichtigen
- blau Kulturlandschaftsgebiete in den Tälern
grundsätzlich sichern
- hellblau Trittsteine sichern

Sonstige Darstellungen

- gestrichelte Linie Stadtteilgrenze
- hellblau sonstige Freiräume
- hellblau Gewässer



Potenzielle Maßnahmen in Alt-Saarbrücken (vgl. 2012)

**Maßnahmen in Siedlungsbereichen
mit einem hohen Anpassungsbedarf**

Zentrumsbebauung

- rot Albedo erhöhen, Punkthalb Grünvolumen
erhöhen, Punkthalb entsiegeln, Wasserspiele
Blockrand, Zeile/Hochhaus, vord. Stadlerandebog.

- orange Albedo erhöhen, Grünvolumen
erhöhen, entsiegeln

Einzel- und Reihenhausbebauung

- orange Grünvolumen erhöhen

Gewerbe- und Industriebebauung

- orange Albedo erhöhen
- orange Grünvolumen erhöhen

Soziale, kulturelle und administrative Einrichtungen

- orange Albedo erhöhen, Grünvolumen
erhöhen, entsiegeln

**Maßnahmen in Freiräumen mit lokaler
Klimarelevanz und mittlerem bis hohem
Anpassungsbedarf**

- hellgrün auf Parkplätzen Schattenbäume pflanzen,
ggf. entsiegeln

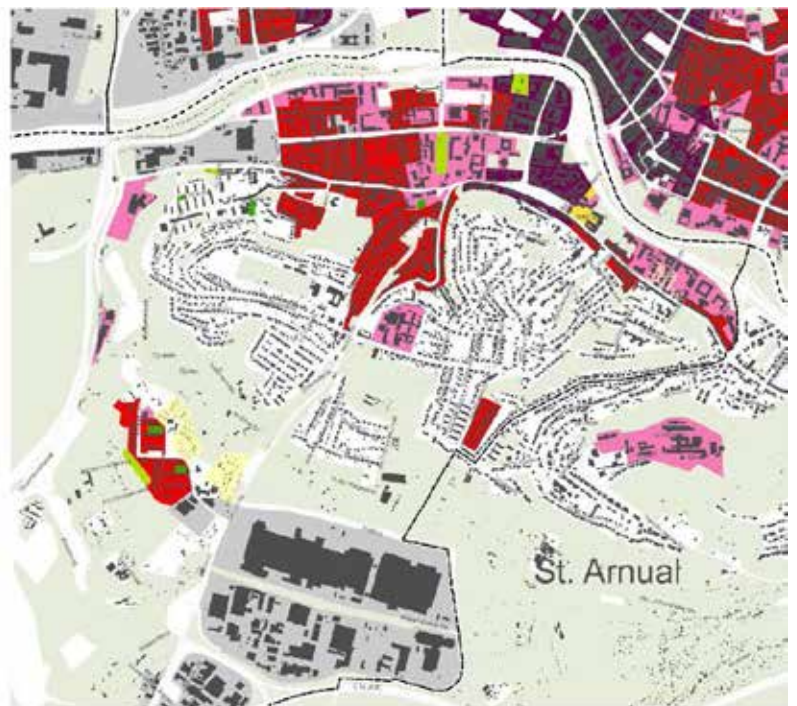
- dunkelgrün auf Schulhöfen und Spielplätzen:
Grünvolumen erhöhen, Schattenplätze
schaffen, entsiegeln

- gelb in Gartennähe: Grünvolumen erhöhen,
entsiegeln

- orange aus städtebaulichen / Denkmalschutz-
Gründen, wegen Nutzung für Veranstal-
tungen eingeschränkte Handlungsoptionen

**Maßnahmen in Freiräumen
mit stadtregeleiner Klimarelevanz**

- hellgrün sichern



Erweiterung des FEP um Aussagen zur Klimaanpassung Beispiel: Aktionsprogramm Alt-Saarbrücken (agl 2012)

Freiraum-kategorie	Beschreibung	Maßnahmen und Flächenpotenzial/Handlungsschwerpunkte	Maßnahmen Flächenpool	Klima-anpassung
Stadt „mitte am Fluss“				
Uferbereiche der Saar		Freiraumplanerisches Konzept erarbeiten und umsetzen	➤P	5
Stadt „plus“				
Stadtplätze	Schlossplatz	schlichte und multifunktional nutzbare Gestaltung und Ausstattung beibehalten; hoher Handlungsbedarf zur Optimierung der Klimakomfortfunktion, jedoch eingeschränkte Handlungsoptionen aus Gründen des Denkmalschutzes/ Stadtbild und wegen Nutzung für Veranstaltungen	●	11 5
	Ludwigsplatz	stärker in städtische Veranstaltungen einbeziehen	●	+ 5
Stadtteilplätze	Neumarkt	Konzept aus Projekt „Stadtmitte am Fluss“ umsetzen	➤P	+ 5
	Näntzer Platz	Pflege vorhandener Baumbestände multifunktionale Nutzbarkeit ermöglichen; langfristig: Möblierung vereinfachen, Beton entfernen	➔ 13	+
	Falsterhöhe Hirtenswies	vorhandene Gestaltungsqualität sichern, multifunktionale Nutzbarkeit ermöglichen	➔	+
Stadt „grün“				
Stadtparks	Deutsch-Französischer Garten	Konzeption weiter umsetzen	➤P	+ 5
Stadtparks	Schlössergarten / Landtagspark	sehr kernig gestalteten Landtagspark durch gestalterische Elemente (Hecken, Gehölze) aufwerten	➔; ➤	+ 5

Freiraum-kategorie	Beschreibung	Maßnahmen und Flächenpool Handlungsschwerpunkte	Maßnahmen Flächenpool	Klima-anpassung
Grüne Vister-karten der Stadtteile	Alter Friedhof	exzessiv erhalten und pflegen Erfahrung der historischen Grabdenkmale, alten Mauerstrukturen und sonstigen kulturhistorisch bedeutsamen Friedhofstrukturen erhalten (kontrollierte Alterung) Baumbestand erhalten, bei Bedarf nachpflanzen Konfirmenten beschränken, zu Anlage mit einem lichten, freundlichen Charakter entwickeln	➔	+ 5
	Stengelstraße	kontinuierliche Unterhaltung; Pflege als „Visterkarte“ gewährleisten	➔	+ 5
	Hausbergdenkmal	Blickachsen freihalten	➔	+ 5

Aussagen des FEP:
ergänzte Aussagen zur Klimaanpassung:

Maßnahmen:
 ➤ aufwerten / ➤ Ausstattung reduzieren / ▲ privatisieren / + neu anlegen / ● extensivieren/
 ● potenziell bebauen / P Konzepte und laufende Projekte / ● Vorbilder / ✓ Umgesetzte Projekte /
 ➔ keine Maßnahmen erforderlich

Handlungs-/Anpassungsbedarf im Hinblick auf thermische Belastung:
 (!) hoher Anpassungsbedarf
 (!) mittlerer Anpassungsbedarf zur Optimierung der Klimakomfortfunktion am Tage
 5 Freiräume mit klimawirksamen Leistungen für stadtregionale Luftaustauschprozesse sichern
 + kein Anpassungsbedarf wegen guter Ausstattung
 +5 kein Anpassungsbedarf im Hinblick auf die Optimierung des Klimakomforts, aber Sicherung als Freiraum im stadtregionalen System

Beteiligung zum Schwerpunkt: „Hitze in der Stadt“

Partizipation im Stadtteil Alt-Saarbrücken

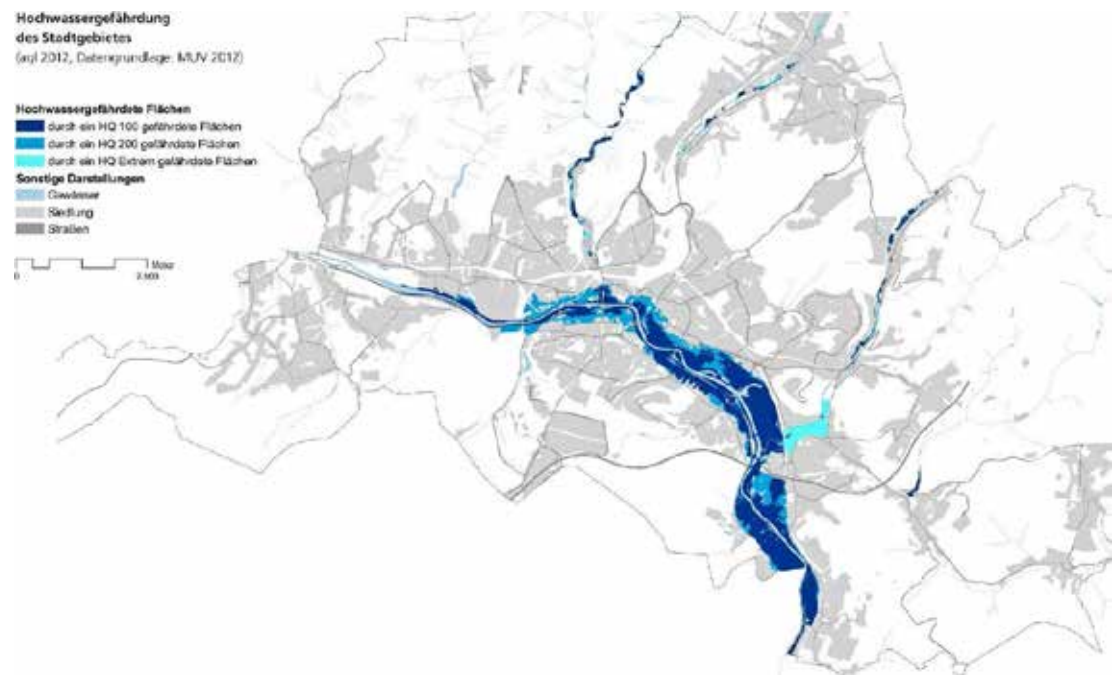
Themenschwerpunkt: Hitze in der Stadt

Unterstützung durch Gemeinwesenarbeit im Stadtteil

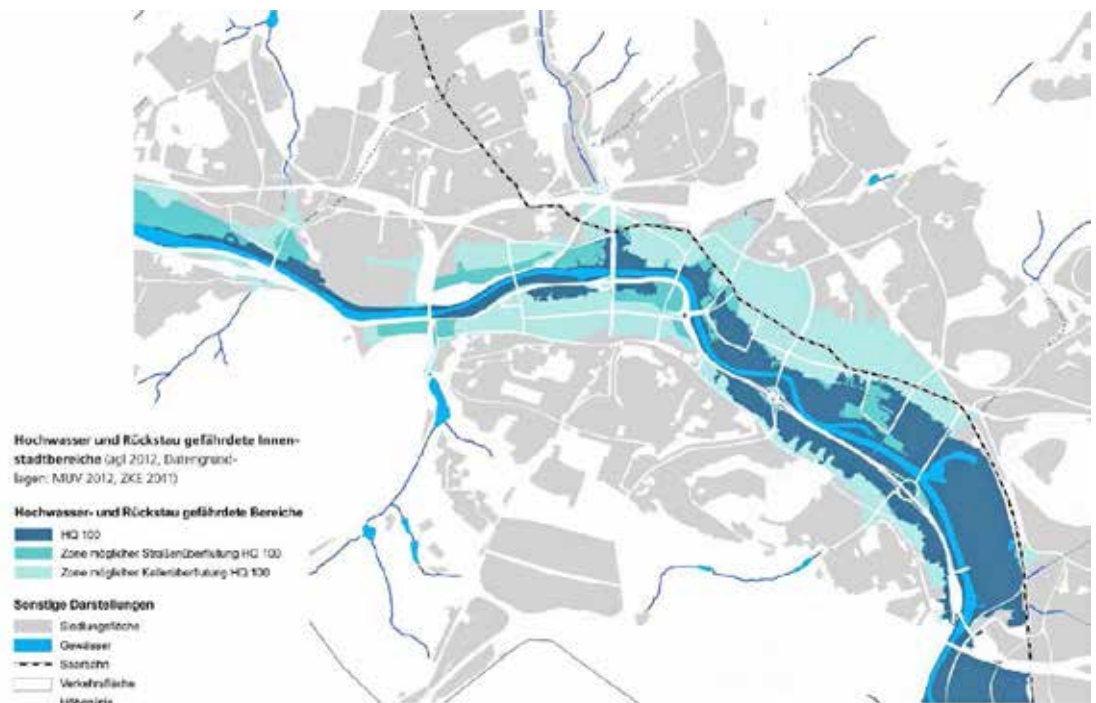
Stadtteilforum Alt-Saarbrücken am 18. Januar 2012
 „Steigende Temperaturen und zunehmende Hitzebelastung – Wie können wir uns schützen?“



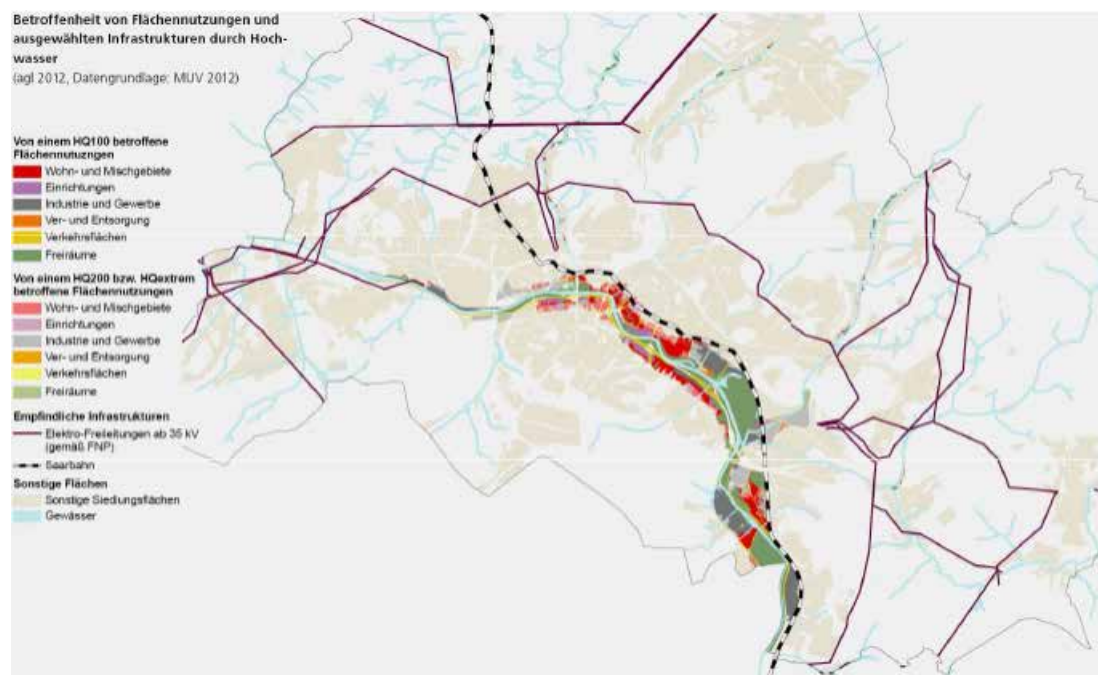
6. Schwerpunkt: Hochwasser und Starkregenereignisse



Rückstaubereiche

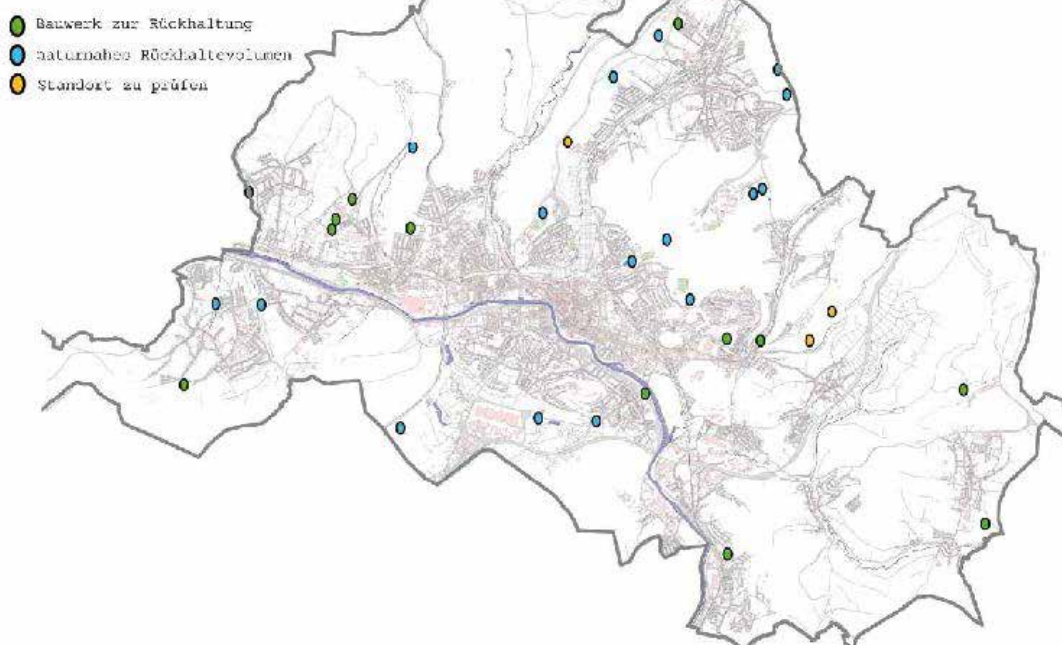


Hochwasser - Betroffenheit



Hochwasser - Betroffenheit

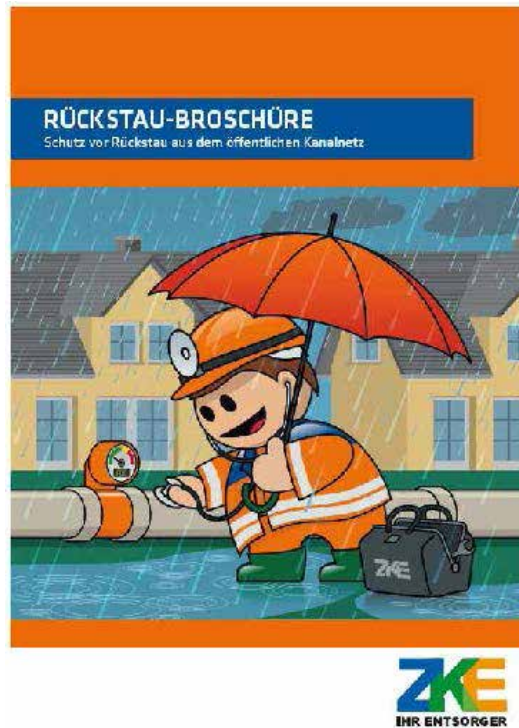
Retentionsflächen (ZKE 2011)



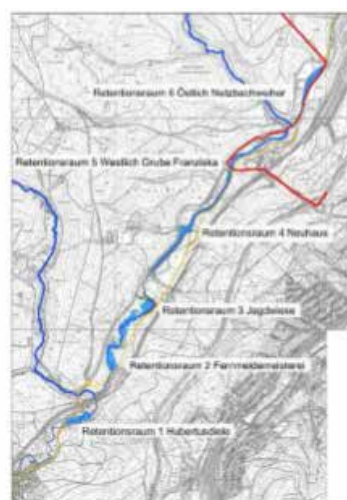
Rückstaubroschüre und Gewässersäuberungsaktion

Gewässersäuberungsaktion
am 19. November 2012 in Rußhütte

- Erste Maßnahmen
- Eigenverantwortung der Bürger



Untersuchung von Retentionsmöglichkeiten im Fischbachtal



- Zweigestufte Vorgehensweise
- Checkliste mit Prüfkriterien

7. Partner zur Umsetzung finden

Governance-Prozess: Beteiligte Akteure



Stadtteilspaziergang „Fit für den Klimawandel“ am 25. Juni 2012 mit Bertram Weisshaar (Atelier LATENT)



Sonnenschirme spenden Schatten



Bertram Weisshaar (Atelier LATENT) markiert den Schattenwurf eines Straßenbaumes



Gut 50 Einwohner nahmen am Stadtteilspaziergang teil



Die Hochschule für Technik und Wirtschaft sollte bei ihren Umbauplanungen den Klimakomfort berücksichtigen



Durch Trockenheit geschädigte Bäume werden „verarztet“



Der versiegelte Blockinnenbereich braucht die kühle Luft des Alten Friedhofs



Alle Teilnehmer des Spaziergangs im Park bei den Stadtwerken – einer Klimakomfortinsel im Stadtteil



Das abschließende Picknick fand auf einer ungewöhnlichen Klimakomfortinsel statt – einem Parkplatz

8. Resümee und Ausblick



(Planungs)Grundlagen schaffen ... Akteure, Betroffene
und Bevölkerung sensibilisieren und Verantwortung
wecken ...

Klimaanpassung in eine nachhaltige Stadtentwicklung
integrieren ... gemeinsam konkrete Maßnahmen
umsetzen ...

Magdeburg im Klimawandel: Klimaökologische Funktion von Grün-/Freiflächen

Peter Trute, Eva Hohlfeld

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Einleitung

Spätestens durch die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro ist der Klimawandel von der globalen bis hinunter zur lokalen Ebene als eine der größten Zukunftsaufgaben anerkannt.

Um den mit dem Klimawandel verbundenen Herausforderungen angemessen zu begegnen, existieren grundsätzlich zwei in enger Wechselbeziehung stehende Schlüsselstrategien. Hierbei handelt es sich zum einen um den aktiven Klimaschutz (sog. Mitigation). Er zielt darauf ab, durch die Reduzierung von Treibhausgasemissionen (z. B. durch den Ausbau Erneuerbarer Energien und die Erhöhung der Energieeffizienz) sowie durch den Erhalt bzw. die Entwicklung von Kohlenstoffdioxidsenken den Klimawandel zu begrenzen. Die zweite Schlüsselstrategie stellt die Anpassung bzw. Klimaanpassung (sog. Adaption) dar. Sie verfolgt das Ziel, die derzeitigen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf ein für Mensch und Natur verträgliches Maß zu reduzieren. Beide Strategien bedürfen

Aktivitäten sowohl auf der globalen und nationalen Ebene als auch und vor allem auf der regionalen und lokalen Ebene.

Insbesondere (verdichtete) Städte weisen eine besondere Betroffenheit durch Klimafolgen und deren Folgewirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Sachvermögen sowie Betriebsfähigkeit von Infrastrukturnetzen auf. Erhöhungen mittlerer Tagestemperaturen oder häufige Hitzewellen stellen erhebliche gesundheitliche Belastungen für Menschen sogar mit potenzieller Todesfolge dar. Die nächtliche Wärmespeicherung durch Baumassen beeinträchtigt notwendige physische und in der Folge auch psychische Entlastungszustände. Infrastrukturnetze – insbesondere der Entsorgung – werden bei Starkregenereignissen überlastet, Rückhalte- und Staumöglichkeiten unter- und oberirdischer Art fehlen ebenso wie natürliche Retentionsräume. Die Verletzlichkeit von Netzinfrastrukturen der Entwässerung, aber auch der Versorgung und des Verkehrs wird zu einer Achillesferse der Funktionsfähigkeit von Städten.

Im Folgenden werden die klimatische Situation in Magdeburg heute und in der Zukunft kurz beleuchtet und Anpassungsstrategien für die Zukunft knapp dargestellt.

Die städtische Wärmeinsel

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages ein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen, so dass sich bereits auf kleinem Raum ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 9K (Kelvin) Temperaturabweichung einstellen kann.

Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume (vgl. Abbildung 1). Die in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören

- die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der stadtcharakteristischen Boden- und Oberflächentypen
- die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche
- die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut
- die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt)
- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischer Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland
- die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung.

Doch auch die Luftvolumina über grünbestimmten Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmestand auf. Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u. a. ihrer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu, usw.) bestimmt. Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage im Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus.

Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte, insgesamt vermittelnde Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsum-

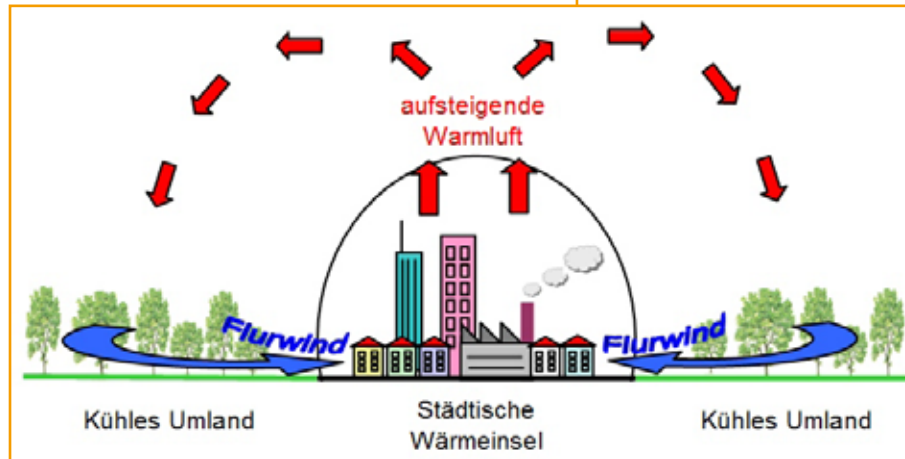


Abbildung 1:
Die Städtische Wärmeinsel

satz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum.

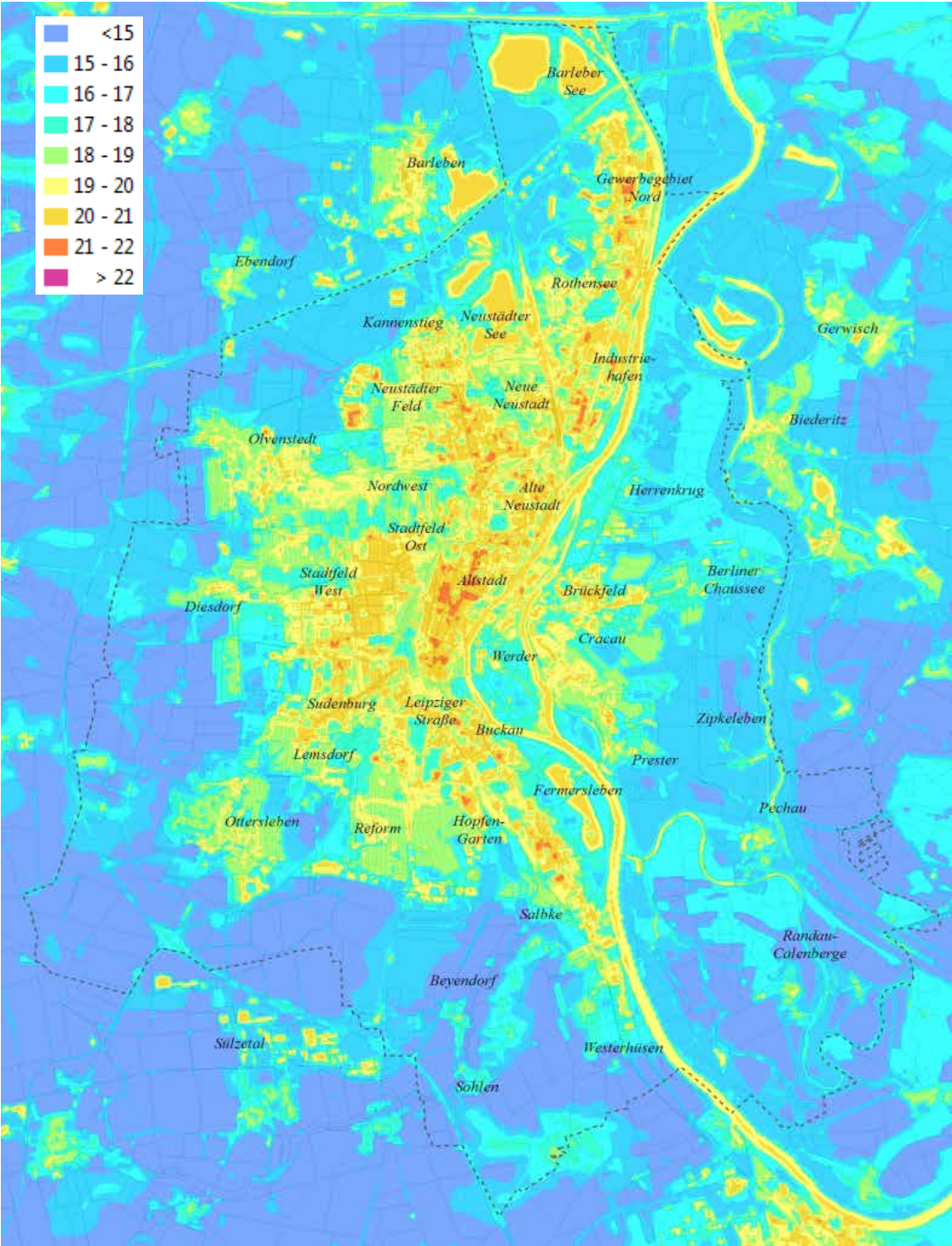
Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, wobei hier sauerstoffreiche, staubfreie und wenig belastete Luft entsteht. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen. Die hohe spezifische Wärmekapazität des Wassers, seine besondere Art der Strahlungsabsorption und die im Wasserkörper stattfindenden turbulenten Durchmischungsvorgänge sorgen für eine (von hohen Absolutwerten ausgehend) deutlich verringerte tagesperiodische Temperaturamplitude über den größeren Gewässern. Da hier die Lufttemperaturen im Sommer tagsüber niedriger und nachts höher als in der Umgebung sind, wirken größere Gewässer auf bebaute Flächen tagsüber klimatisch ausgleichend, während sie nachts die Abkühlung verringern.

Modellierung des Klimas in Magdeburg

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung.

Die Firma GEO-NET Umweltconsulting GmbH hat im Auftrag der Stadt Magdeburg im Jahr 2012 eine modellgestützte Analyse der klimatischen Situation in

Abbildung 2:
Temperaturfeld Magdeburg



Magdeburg durchgeführt. Hierbei wurde das meso-
skalige Modell FITNAH (Flow over Irregular Terrain
with Natural and Anthropogenic Heat sources) ver-
wendet. Eingangsparameter sind die Landnutzung mit
Versiegelungsgrad und Strukturbhöhe, das Relief und
die großräumige Wetterlage, aus denen verschiedene
Ergebnislayers, wie das Windfeld, das Lufttemperatur-
feld und die Kaltluftproduktionsrate, ermittelt werden
(vgl. Abbildung 2). Modelliert wurde eine autoch-
thone Wetterlage im Sommer. Eine solche Wetterla-
ge wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur

sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind
gekennzeichnet. Diese Wetterlagen treten in Magde-
burg typischerweise an ca. 30 % der Nachtstunden
in den Sommermonaten Juni, Juli und August auf. Die
aufgelöste Rasterweite beträgt 25m.
Mit Hilfe einer solchen Modellierung lassen sich Stadt-
gebiete Magdeburgs hinsichtlich ihrer Belastungssi-
tuation unterscheiden. Die Abgrenzung besonders
problematischer Stadtgebiete mit dem größten Hand-
lungsbedarf wird möglich.

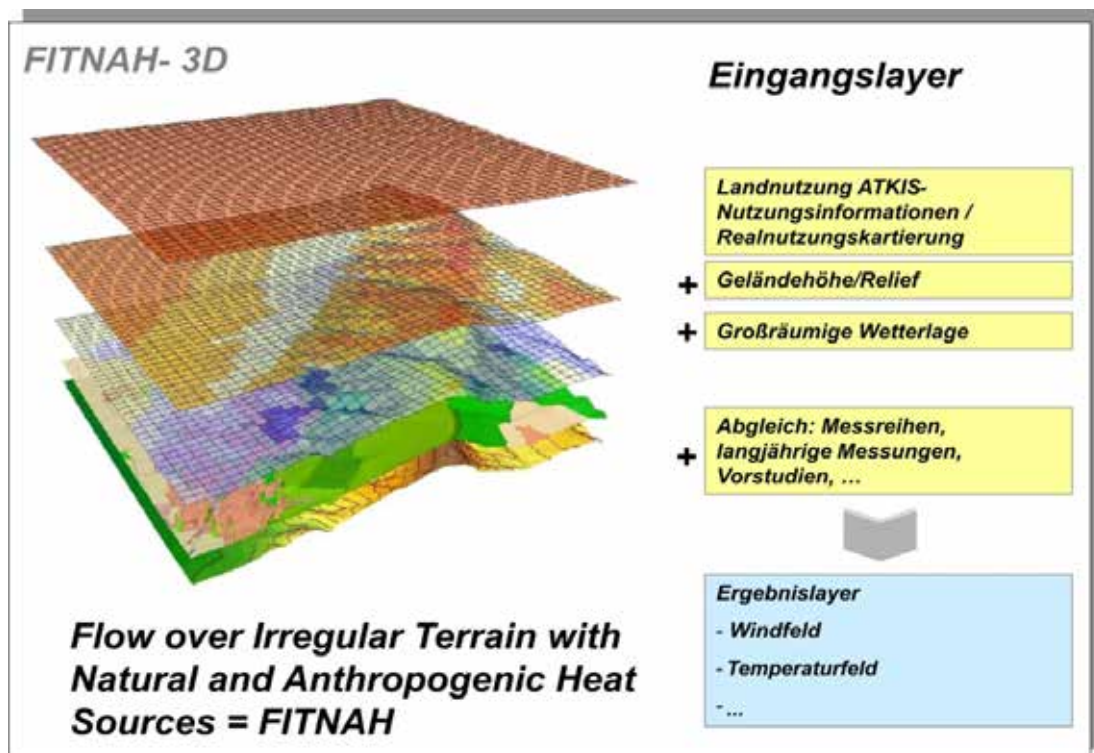


Abbildung 3:
Das mesoskalige Modell
FITNAH mit Eingangspara-
metern

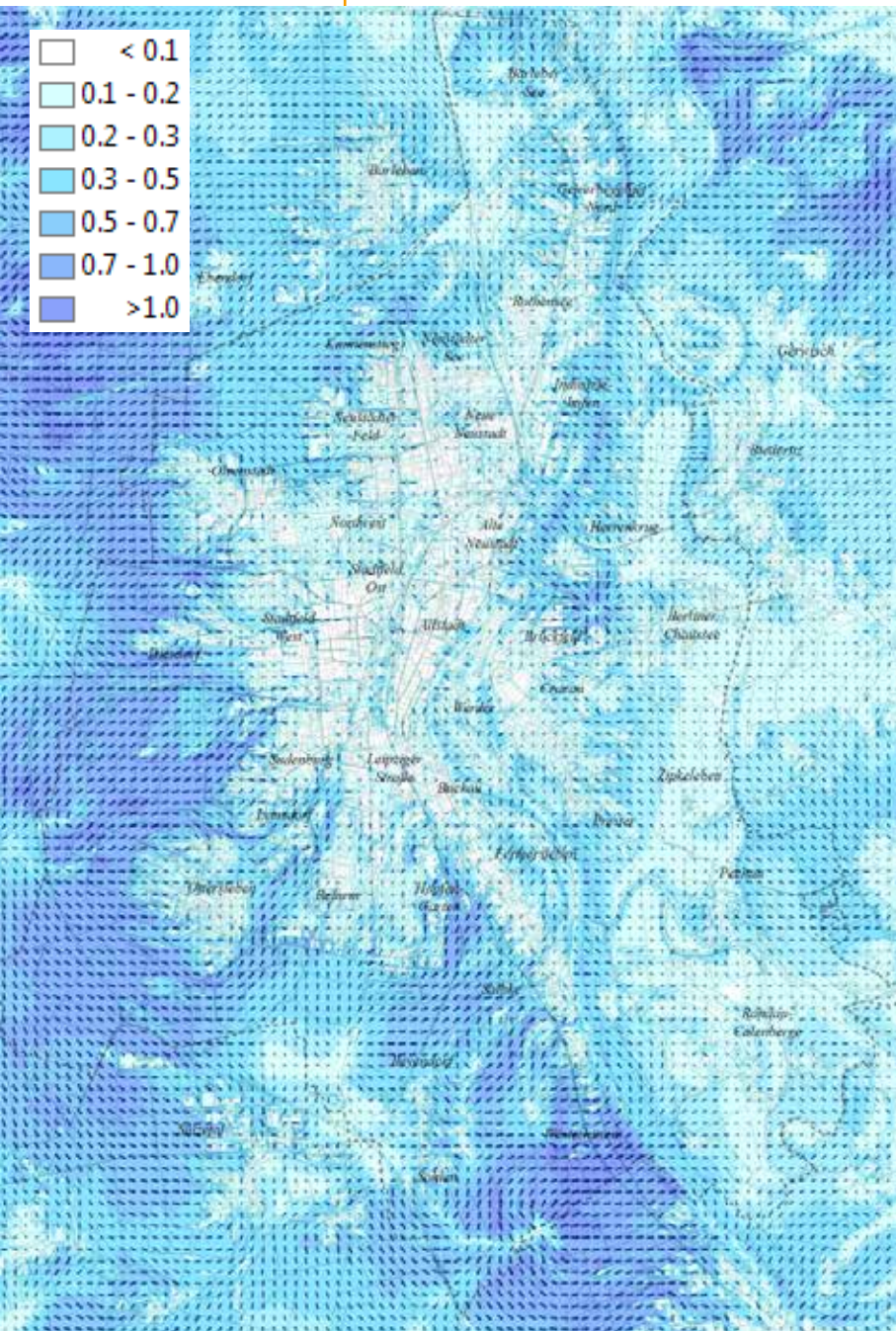
Temperaturverteilung in Magdeburg

Auf Grund des bereits erläuterten Wärmeinseleffekts in Städten ist davon auszugehen, dass sich insbesondere verdichtete Stadtgebiete stärker erwärmen. Die Modellierung des Temperaturfelds für Magdeburg bestätigt dies. Die Abbildung 3 zeigt das Temperaturfeld Magdeburgs. Während sich im Laufe der Nacht über größeren Freiflächen weniger als 16°C einstellen, sind die bebauten Bereiche durchweg von höheren Tempe-

turen gekennzeichnet. Grün- und Freiflächen kühlen in der Nacht schnell aus, da sie tagsüber wenig Wärme speichern und diese schnell wieder abgeben. Hinzu kommt, dass auch über die Verdunstung der Pflanzen Energie verbraucht wird, die dann nicht mehr als Wärmeenergie abgestrahlt werden kann. Die niedrigsten Temperaturen innerhalb der bebauten Bereiche sind in Siedlungsgebieten mit Einzel- und Reihenhausbauung zu finden. Auf Grund der hier vorherrschenden lockeren Struktur und des hohen Grünanteils stellen sich im Laufe der Nacht Temperaturen von etwa 18°C ein. Zeilenbebauung weist Temperaturen zwischen 18 und



Abbildung 4:
Temperaturverteilung in
Magdeburg (Ausschnitt)



Das autochthone Windfeld in Magdeburg

Während autochthoner Wetterlagen wird das Windgeschehen von zwei Komponenten gelenkt. Zum einen spielt das Relief eine Rolle: kalte schwere Luft fließt im Laufe der Nacht hangabwärts und sammelt sich in Mulden und Tälern. Zum anderen entsteht eine Ausgleichsbewegung der Luftmassen von den kühleren Gebieten zu den wärmeren (Siedlungs-)Gebieten. Diese Flurwinde sind Abbildung 1 dargestellt. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Versorgung von Städten mit frischer kühler Luft.

Die während einer autochthonen Strahlungsnacht entstehenden Windbewegungen weisen eine Bandbreite von etwa 0,1 bis 1,0 m/s auf und sind daher nur schwach ausgeprägt. Befindet sich ein Hindernis in einer Kaltluftschneise, kommt die Bewegung schnell zum Erliegen. Aus diesem Grund kann die kühle Luft aus dem Umland auch nicht komplett in die Bebauung vordringen, sondern wird vorher gestoppt. In Abbildung 5 ist das modellierte Windfeld für die Stadt Magdeburg dargestellt.

Ein guter Luftaustausch kann vor allem über freie Vegetationsflächen erfolgen. Sind solche Grün- und Freiflächen entsprechend angeordnet, können sie als Leitbahnen fungieren, die kühle und frische Luft in stärker verdichtete Gebiete transportieren. Dies kann aber auch über Straßen oder Gleise erfolgen. Hier ist allerdings mit einer Belastung der kühlen Luft durch Schadstoffe zu rechnen. Abbildung 6 zeigt am Beispiel Sudenburg einen Detailausschnitt des Strömungsgeschehens. Sie verdeutlicht, die wichtige Funktion von Freiflächen zwischen Bebauung.

Abbildung 5, oben:
Das autochthone Windfeld in
Magdeburg

Abbildung 6, rechts:
Strömungsverlauf innerhalb
von Grün- und Siedlungsflä-
chen am Beispiel Sudenburgs

20°C auf. Die Struktur dieses Siedlungstyps kann stark variieren, und je nach Grünflächenanteil ist auch die nächtliche Temperatur unterschiedlich ausgeprägt. Es folgt die Blockbebauung und die Zentrumsbebauung mit etwa 20°C bzw. bis zu über 22°C. Auch die Gewerbebebauung weist auf Grund des hohen Versiegelungsgrads dieser Gebiete eine erhöhte Temperatur von etwa 21°C auf. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt des Temperaturfelds aus der Modellierung für Magdeburg.



Die Klimafunktionskarte von Magdeburg

Die Klimafunktionskarte (vgl.: Abbildung 7) führt die modellierten Parameter in einer Karte zusammen und soll die Wirkungsräume (belastete Siedlungsräume) und die Ausgleichsräume (Kaltluft produzierende, unbebaute und vegetationsgeprägte Fläche) sowie mögliche Verbindungselemente (Kaltluftleitbahnen) darstellen.

Die Klimafunktionskarte bildet den planungsrelevanten Ist-Zustand der Klimasituation ab. Die abgegrenzten klimatischen Funktionsräume sollen dazu beitragen:

- die Grünflächen und Freiräume entsprechend ihres Kaltluftliefervermögens zu qualifizieren,

- die Wirkungsräume hinsichtlich ihrer bioklimatischen Belastung zu charakterisieren,
- sowie die regional und lokal bedeutsamen Luftaustauschbeziehungen zu lokalisieren und in ihrer räumlichen Ausprägung und ihrer bioklimatischen Bedeutung zu bewerten.

Die Klimafunktionskarte beinhaltet die klimaökologisch wichtigsten Elemente und konzentriert sich auf die Darstellung derjenigen Elemente und Bereiche, die sich mit landschaftsplanerischen Maßnahmen positiv beeinflussen lassen (Maßnahmen zum Schutz, zur Sicherung und zur Entwicklung der Schutzgüter Klima und Luft).

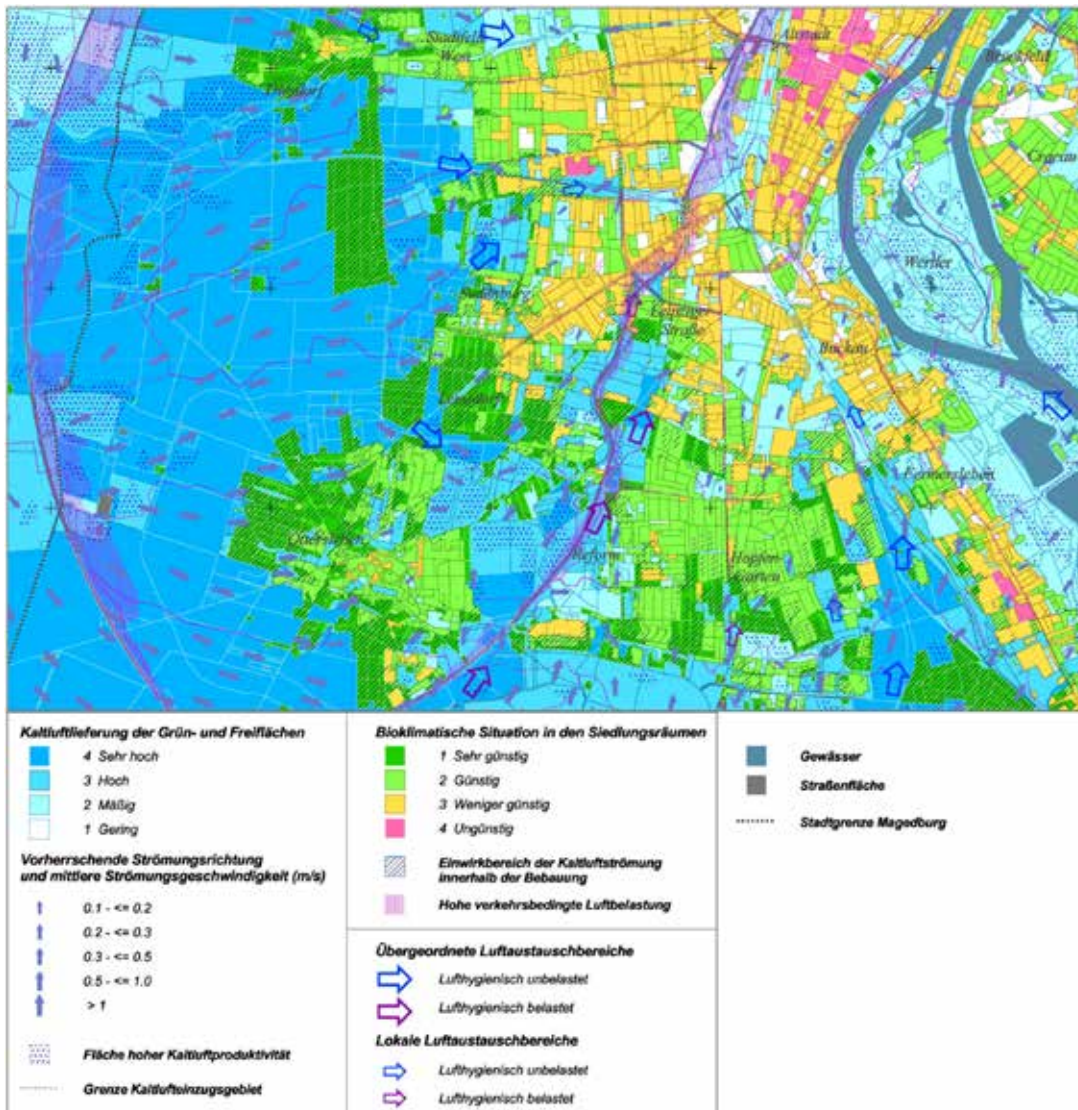
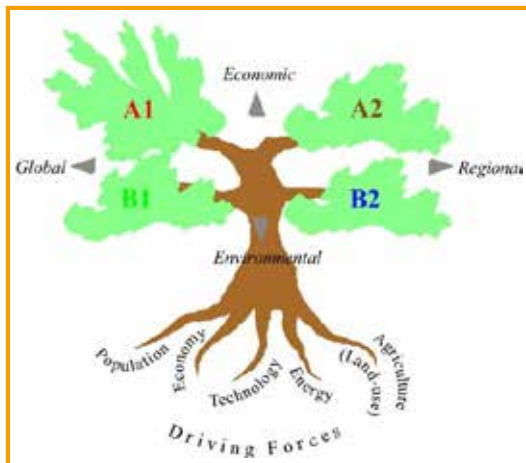


Abbildung 7:
Ausschnitt aus der Klima-
funktionskarte

Klimawandel in Magdeburg

Um die Entwicklung des Klimas in Magdeburg bis heute und in Zukunft beurteilen zu können, sind umfassende statistische Auswertungen nötig. Analysiert wurden Messdaten von Magdeburger Klimastationen, die vom DWD (Deutschen Wetterdienst) betrieben werden. Das zukünftige Klima wurde mit Hilfe von Daten des Klimamodells CLM ausgewertet. Die Ergebnisse der Klimamodellierungen sind in erster Linie von Annahmen darüber abhängig, welche Menge an Treibhausgasen die Menschheit in Zukunft emittieren oder allgemein gesprochen, welchen Entwicklungspfad sie einschlagen wird. Da die Zukunft niemals exakt vorhersehbar ist, können über die Entwicklungspfade allerdings nur begründete Vermutungen angestellt werden. Das IPCC¹ hat zur Konkretisierung dieser Annahmen daher bereits in seinem 3. Sachstandsbericht die vier SRES-Szenarien A1, A2, B1 und B2 eingeführt (vgl. IPCC 2000 und Abbildung 8). Im Wesentlichen lassen sich die Szenarien auf die beiden Begriffspaare „Globalisierung – Regionalisierung“ und „ökonomisch orientiertes Wachstum – ökologisch orientiertes Wachstum“ verdichten. Konkrete Kriterien, die diese grundlegenden Entwicklungspfade determinieren sind: Bevölkerungswachstum, Energieverbrauch und Ressourcenverfügbarkeit, Landnutzungsänderungen sowie Richtung und Geschwindigkeit des technischen Wandels. Die beiden A-Szenariofamilien repräsentieren dabei verschiedene Abstufungen einer eher auf hohes wirtschaftliches Wachstum hin orientierten Entwicklung, während den beiden B-Szenarien eher die Annahme nachhaltigen Handelns zugrunde liegt. Für die A-Szenariofamilien wird von einer höheren durchschnittlichen Erwärmung der globalen Mitteltemperatur ausgegangen als für die B-Szenariofamilien. Die Eintrittswahrscheinlichkeit aller Szenarien ist laut IPCC gleich hoch.

Abbildung 8:
Die vier IPCC-Klimaszenariofamilien
(Quelle verändert nach IPCC 2000, 28)



¹ Intergovernmental Panel on Climate Change, zu deutsch Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen oder kurz Weltklimarat

In der Praxis hat sich allerdings vor allem die Verwendung des A1B-Szenarios durchgesetzt. Es verkörpert ein sog. business-as-usual-Szenario, in dem die Menschheit den eingeschlagenen Weg der Akzentuierung auf das Wirtschaftswachstum grundsätzlich beibehält. Bestandteil des Szenarios ist aber auch, dass der begonnene Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energieträgern weiter vorangetrieben wird und sich im Laufe des 21. Jahrhunderts relativ rasch ein ausgewogener Energiemix aus fossilen und regenerativen Energieträgern einstellen wird.

Für den Raum Magdeburg wird auf das regionale Klimamodell CLM zurückgegriffen, das auf Grundlage des A1B-Szenario das zukünftige Klima modelliert. Mit Hilfe des Klimamodells FITNAH konnte mit der ENVELOPE-Methode auch die Ausprägung der Parameter in der Fläche ermittelt und Hot Spots aufgezeigt werden. In diesem Artikel liegt der Fokus der Betrachtung des zukünftigen Klimas auf der bioklimatischen Komponente. Dies bedeutet, dass die Temperaturentwicklung entscheidend ist. Genauer dargestellt werden deshalb die Parameter aus diesem Kontext.

Der erste Indikator für die Klimaentwicklung in Magdeburg, der hier betrachtet wird, ist die Jahresdurchschnittstemperatur. Diese ist seit dem Beginn der industriellen Revolution moderat aber stetig angestiegen und lag in der Klimanormalperiode 1961-1990 bei 8,8 °C (Abbildung 9, blaue Kurve). Unter dem Einfluss des Klimawandels wird sich diese Entwicklung nicht nur fortsetzen, sondern bereits in den kommenden Jahrzehnten noch verstärken. Unter Zugrundlegung des Szenarios A1B ergibt sich kurzfristig (Klimaperiode 2011-2040) eine weitere Zunahme um +1,1 K, mittelfristig (2041-2070) um +2,2 K und langfristig (2071-2100) um 3,4 K (rote Kurve).

Hitzetage

Eine allmähliche Erwärmung der bodennahen Luftschichten ist aus bioklimatischer Sicht nur dann von Bedeutung, wenn mit ihr auch eine Intensivierung bzw. eine erhöhte Auftretshäufigkeit von Belastungssituationen einhergehen. Die Entwicklung der Auftretshäufigkeiten der meteorologischen Kenngröße „Hitzetage“ ($T_{\max} > 30\text{ °C}$) und „Tropennächte“ ($T_{\min} > 20\text{ °C}$) stellen hierfür gute Indikatoren dar.

Die Entwicklung der Hitzetage in Magdeburg kann in Abbildung 11 nachvollzogen werden. Mit Hilfe des Modells FITNAH wurde eine flächendeckende Simulation des zukünftigen Klimas in Magdeburg vorgenommen. So kann die unterschiedliche Ausprägung des Parameters bei verschiedenen Nutzungsstrukturen dargestellt werden. Für eine detailliertere Betrachtung wurden 5 Aufpunkte an repräsentativen Standorten ausgewählt (vgl. Abbildung 10).

In den stark versiegelten Arealen der Magdeburger Alt-

stadt (Aufpunkt „Altstadt“) sind die höchsten Werte von bis zu 11,1 Tagen zu beobachten. Mit bis zu 10,4 Tagen sind die Werte in der Block- und Blockrandbebauung des Stadtfeldes Ost (Aufpunkt „Stadtfeld Ost“) ähnlich hoch, während in der Einzel- und Reihenhausbauung

des Stadtteils Nordwest (Aufpunkt „Nordwest“) durchschnittlich 4,5 Tage zu beobachten sind. Bei dieser Angabe handelt es sich um einen Durchschnittswert, der in einzelnen Jahren auch deutlich übertroffen werden kann.

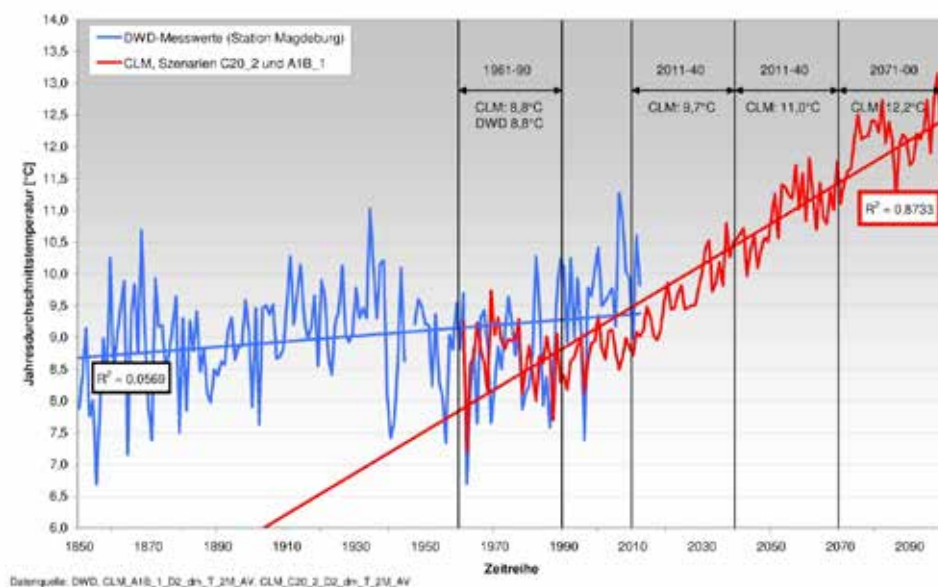
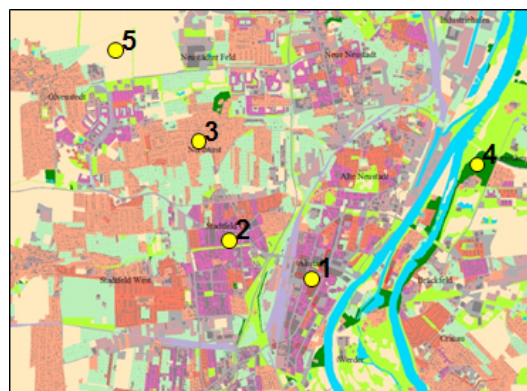


Abbildung 9:
Bodennahe Jahresdurchschnittstemperatur in Magdeburg (1850 bis 2100)

Auch für die Grünflächen zeigt sich hier eine räumlich abgestufte Werteausprägung. Aufgrund der hohen solaren Einstrahlung und der damit einhergehenden Erwärmung der Luft ist im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Raum Olvenstedt (Aufpunkt „Östlich Olvenstedt“) eine vergleichsweise hohe Anzahl an Hitzetagen/Jahr von bis zu 8,2 Tagen zu beobachten. Für den Herrenkrug (Aufpunkt „Herrenkrug“) sind mit ca. 1,8 Tagen wesentlich niedrigere Werte simuliert worden, da der ausgeprägte Baum- und Gehölzbestand einer stärkeren Erwärmung entgegen wirkt.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist eine deutliche Zunahme der Hitzetage/Jahr zu verzeichnen, wobei in der Altstadt (Aufpunkt „Altstadt“) die Anzahl auf durchschnittlich 15,5 Tage ansteigt. Ein ähnlicher Trend ist für Stadtfeld Ost (Aufpunkt „Stadtfeld Ost“) zu beobachten, wenngleich der Betrag der Zunahme auf 13,7 Tage nicht ganz so hoch ist. In der Einzel- und Reihenhausbauung von Nordwest (Aufpunkt „Nordwest“) ist der Anstieg um 1,4 auf 5,9 Tage schwächer ausgeprägt.

Der markante Anstieg der Anzahl an Hitzetagen/Jahr bis 2100 bildet sich deutlich in den Ergebnissen ab. Mit einer Zunahme von 15,5 auf 27,9 Tage in der Altstadt (Aufpunkt „Altstadt“) bzw. auf 26,1 Tage im Stadtfeld Ost (Aufpunkt „Stadtfeld Ost“) bedeutet dies nahezu eine Verdoppelung der Werte unter dem Einfluss des Klimawandels. Dies lässt sich auch innerhalb der Einzel- und Reihenhausbauung von Nordwest



- 1) Altstadt - Zentrumsbebauung
- 2) Stadtfeld Ost - Block- und Blockrandbebauung
- 3) Nordwest - lockere Einzel- und Reihenhausbauung
- 4) Herrenkrug - Waldfläche
- 5) Freiland östl. Olvenstedt - landwirtschaftlich genutzte Fläche

(Aufpunkt „Nordwest“) beobachten, hier steigt die Anzahl von 5,9 auf 13,7 Tage an.

Auch für die Grünflächen sind deutliche Zunahmen zu beobachten, wobei die Anzahl über Freiland im Raum Olvenstedt (Aufpunkt „Östlich Olvenstedt“) mit bis zu 22 Tagen am höchsten ausfällt. Mit 6,5 Tagen ist die Anzahl im Herrenkrug (Aufpunkt „Herrenkrug“) deutlich niedriger.

Die flächenhafte Ausprägung des Parameters ist in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 10:
Aufpunkte in der Stadt Magdeburg

Abbildung 11:
Anzahl der Hitzetage pro
Jahr in verschiedenen Nut-
zungsstrukturen Magde-
burgs (2001-2099)

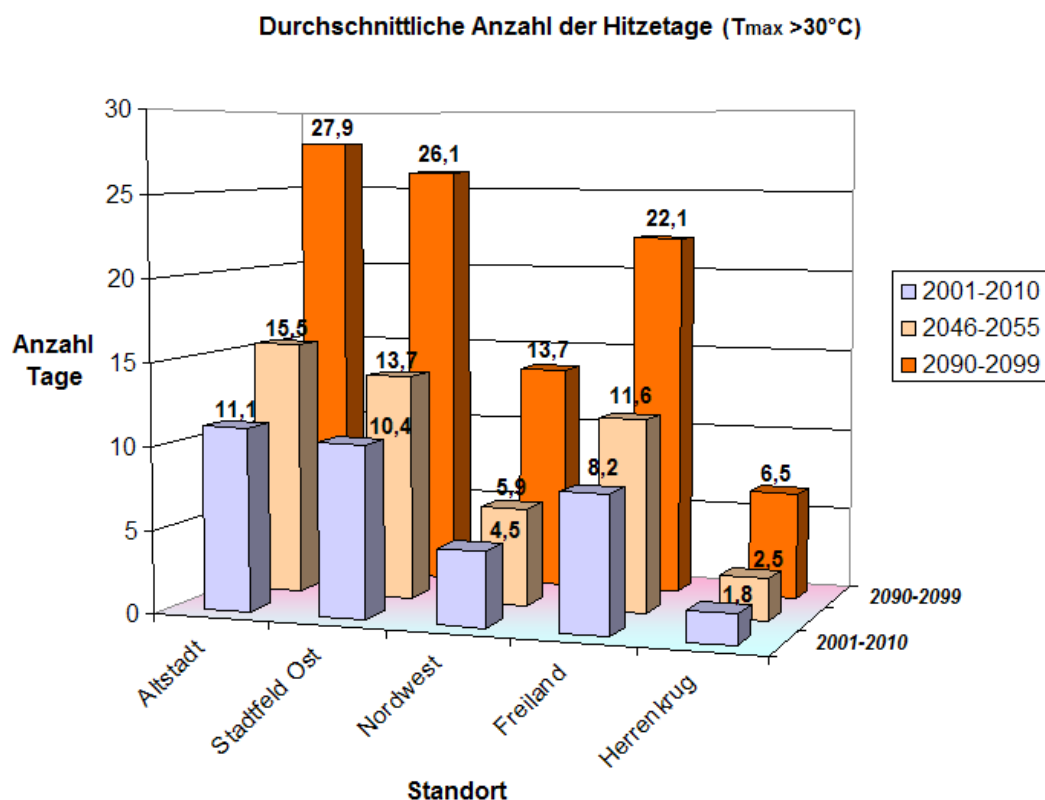
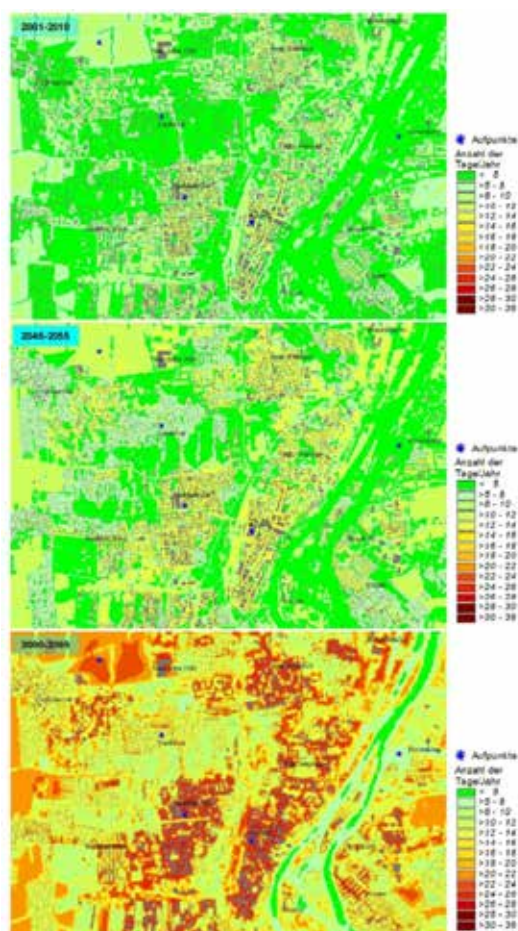


Abbildung 12:
Anzahl der Hitzetage/
Jahr in den Zeiträumen
2001-2010, 2046-2055 und
2091-2099



Tropennächte

Ein weiterer Parameter, der für die bioklimatische Belastung des menschlichen Organismus entscheidend ist, ist die Tropennacht. Diese Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C sinkt, sind sehr belastend, da erholsamer Schlaf bei diesen hohen Temperaturen nicht mehr möglich ist.

Die Ausprägung der Tropennächte/Jahr für den Zeithorizont 2001-2010 ist in Abbildung 13 dargestellt. Dabei zeigt sich eine recht homogene Verteilung der Werte innerhalb der dichter bebauten Siedlungsflächen (Aufpunkte „Altstadt“ und „Stadtfeld Ost“), wobei flächenhaft eine Anzahl von bis zu 2 Tagen beobachtet werden kann. Lediglich innerhalb der durchgrüneten Wohngebiete (Aufpunkt „Nordwest“) liegt mit weniger als einem Tag eine deutlich geringere Anzahl vor. Die Abstufung, die für die Parameter Sommertage und Hitzetage im innerstädtischen Bereich tagsüber sichtbar wurde, ist für den Parameter Tropennacht aufgrund des niedrigeren Ausgangsniveaus weniger deutlich vorhanden. Sowohl Freiland (Aufpunkt „Östlich Olvenstedt“) als auch Flächen mit Baum bzw. Gehölzbestand (Aufpunkt „Herrenkrug“) weisen ein recht einheitliches Niveau von 0,3 Tagen auf. Zur Mitte des Jahrhunderts ist ein insgesamt höheres Wertenniveau zu erwarten. Zugleich bleibt die geringe Varianz der räumlichen Ausprägung des Zeitraumes 2001-2010 im Siedlungsraum (Aufpunkte „Altstadt“ und „Stadtfeld Ost“) erhalten, wobei nun Werte zwi-

Durchschnittliche Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$)

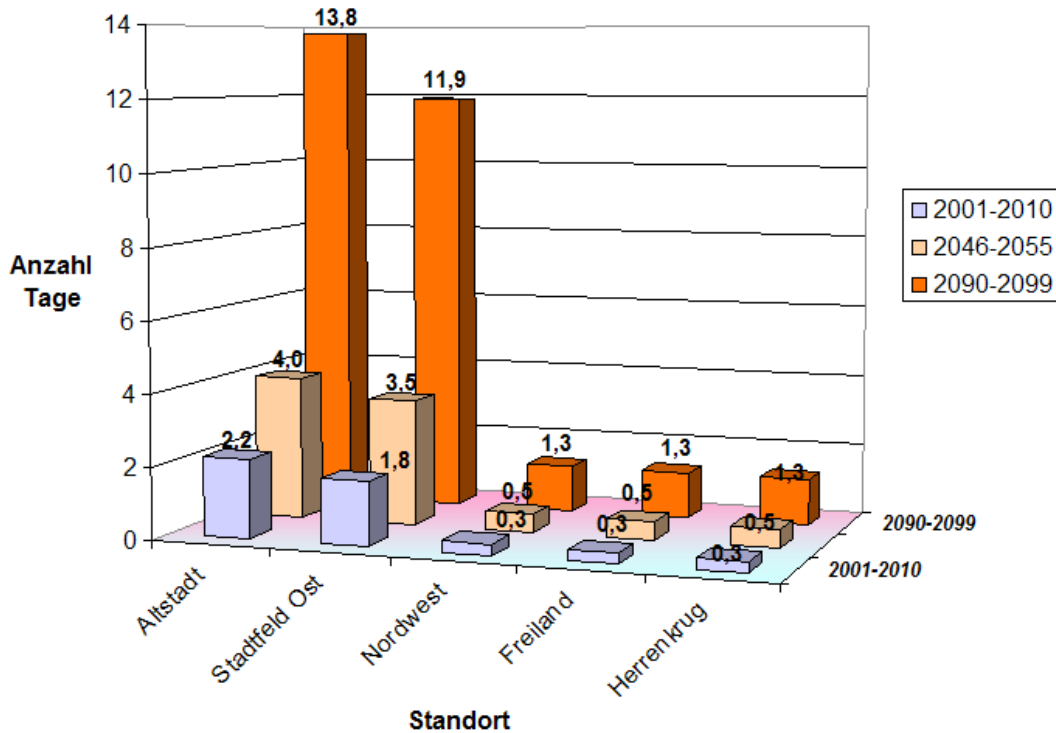


Abbildung 13:
Anzahl der Tropennächte/
Jahr in verschiedenen Nut-
zungsstrukturen Magdeburgs
(2001-2099)

schen 3,5 und 4 Tagen auftreten. In den durchgrünten Siedlungsräumen (Aufpunkt „Nordwest“) bleibt die Anzahl der Tropennächte mit ca. 0,5 Tagen weiterhin gering. Auch innerhalb der Grün- und Freiflächen (Aufpunkte „Östlich Olvenstedt“ und „Herrenkrug“) ist im Zeitraum 2046-2055 eine ähnliche Häufigkeit an Tropennächten zu beobachten.

Ausgehend vom Zeitraum 2046-2055 verdreifacht sich zum Ende des Jahrhunderts (Zeitraum 2091-2100) die Anzahl der Tropennächte/Jahr. So sind innerhalb der dichten Bebauung der Altstadt (Aufpunkt „Altstadt“) und den größeren Gewerbearealen bis zu 13,8 Tage zu verzeichnen, während die Anzahl in der Block- und Blockrandbebauung (Aufpunkt „Stadtfeld Ost“) mit 11,9 Tagen etwas niedriger ist. Innerhalb der bioklimatisch günstigen, durchgrünten Siedlungen (Aufpunkt „Nordwest“) bleibt die Anzahl mit 1,3 Tagen vergleichsweise niedrig. Die Bandbreite der in den Grünflächen (Aufpunkte „Östlich Olvenstedt“ und „Herrenkrug“) auftretenden Anzahl an Tropennächten bleibt weiterhin schmal und geht nicht - je nach Standort und damit Art und Struktur der Vegetation innerhalb der Grünareale - über 1,3 Tage hinaus.

Tage mit Wärmebelastung

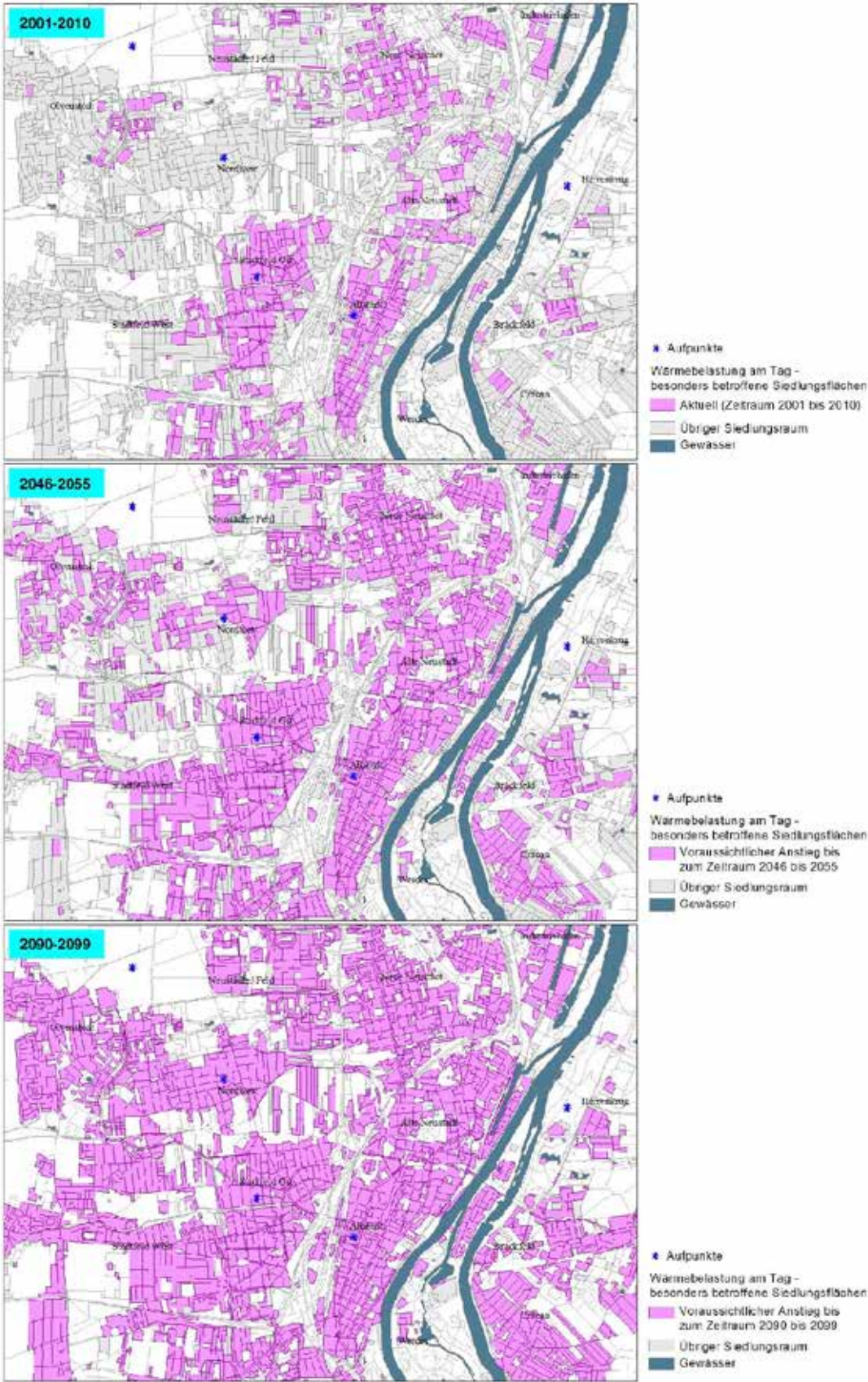
Eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der bioklimatischen Belastung ist in der durchgeführten Untersuchung der Bewertungsindex PMV² (vgl. FANGER 1972) als dimensionsloses Maß. Dieser basiert auf der Wärmebilanzgleichung des menschlichen Körpers und

gibt den Grad der Unbehaglichkeit bzw. Behaglichkeit als mittlere subjektive Beurteilung einer größeren Anzahl von Menschen in Wertestufen wieder. Als bedeutende, den PMV-Wert mitbestimmende Parameter sind Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und relative Feuchte zu nennen. So wirkt sich beispielsweise eine Kombination aus erhöhter Lufttemperatur in den dichter bebauten Siedlungsflächen und die gleichzeitig reduzierte Windgeschwindigkeit besonders ungünstig auf die Behaglichkeit aus.

An einem Tag mit Wärmebelastung wird tagsüber zwischen 9 und 15 Uhr an mindestens drei Stundenterminen eine gefühlte Temperatur von 32 °C erreicht oder überschritten, was einem „heißen“ thermischen Empfinden am Tage mit einem PMV-Wert > 2,5 entspricht und beim Menschen eine Wärmebelastung bewirkt. Die räumliche Ausprägung der Anzahl an Belastungstagen/Jahr geht eng mit der baulichen Dichte der Siedlungsstrukturen einher, wobei ein hohes Bauvolumen in Verbindung mit einer geringen Grünausstattung das Auftreten von Wärmebelastungen begünstigt. Abbildung 14 zeigt die Siedlungsflächen Magdeburgs, die von einer besonders hohen Wärmebelastung am Tag betroffen sind. Im Zeitraum 2001-2010 sind dies noch kleinere Bereiche besonders verdichteter Stadtgebiete. Bis zum Ende des Jahrhunderts nimmt die Anzahl der Flächen beträchtlich zu, so dass fast keine unbelasteten Flächen mehr vorzufinden sind.

² PMV steht für Predicted Mean Vote (= erwartete durchschnittliche Empfindung). Wurde in den 1970er Jahren vom dänischen Wissenschaftler Povle Ole Fanger entwickelt

Abbildung 14:
Flächenkulisse von Wärmebelastung besonders
betroffener Flächen



Was kann und muss in Magdeburg getan werden?

Zwischen Städten und Klimawandel besteht eine Wechselbeziehung. Zum einen haben Veränderungen wie höhere Lufttemperaturen, veränderte Niederschlagsmuster und steigende Meeresspiegel eine Vielzahl von Auswirkungen auf menschliche Siedlungen. Zum anderen sind Städte als wichtigste Zentren selbst einer der Hauptverursacher des Klimawandels. Mit fortschreitenden Klimaveränderungen stellt sich somit auch in Städten und städtischen Ballungsräumen die Frage nach dem Ausmaß und der genauen Natur der eigenen Bedrohungslage sowie nach Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an diese Herausforderungen.

Vor diesem Hintergrund rücken neben bereits laufenden Anstrengungen zur Vermeidung von Treibhausgasen (Mitigation) zunehmend auch Strategien und Maßnahmen zur Anpassung (Adaptation) an den Klimawandel ins Blickfeld von städtischen Entscheidungs- und Handlungsträgern.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung in Magdeburg ist die Anpassung an den Klimawandel von entscheidender Bedeutung. Gerade bei der Planung neuer Baugebiete sollte dies stets bedacht werden. Auch in bestehenden Siedlungsstrukturen kann einiges getan werden, um die klimatische Situation zu verbessern.

Die wichtigsten Anpassungsstrategien für ein gutes Stadtklima sind:

- Sicherung von Kaltluftentstehungsgebieten und Kaltluftleitbahnen
- Gebäudeausrichtung und Abstandsflächen („Grüne Finger“) beachten
- Grün- und Freiflächen erhalten und optimieren
- Dach- und Fassadenbegrünung einsetzen
- Straßenbegleitgrün und Verschattung einplanen
- Erhöhung der Albedo
- Entsiegelung

Sicherung von Kaltluftentstehungsgebieten und Kaltluftleitbahnen

Die im Umland Magdeburgs gelegenen großen ackerbaulich genutzten Freiflächen fungieren in der Nacht als Kaltluftentstehungsgebiete. Auf Grund des eingangs beschriebenen Wärmeinseleffekts werden die kühleren Luftmassen in Richtung der aufgewärmten Stadt transportiert. Über Leitbahnen kann die Luft aus dem Umland weiter ins Stadttinnere vordringen und dort für einen Ausgleich der hohen Temperaturen sorgen (vgl.: Abbildung 15).

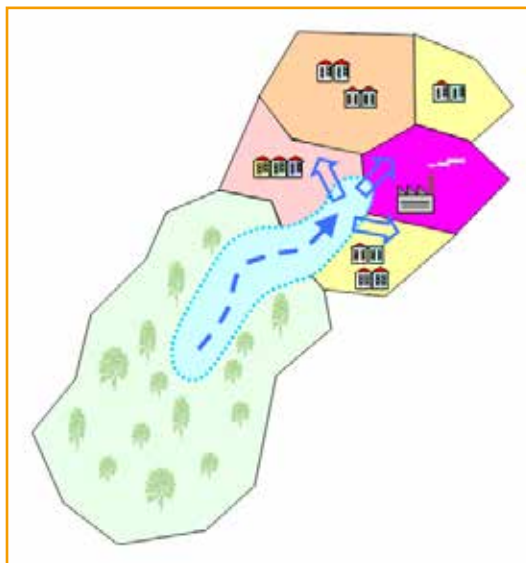


Abbildung 15:
Funktionsweise einer Kaltluftleitbahn

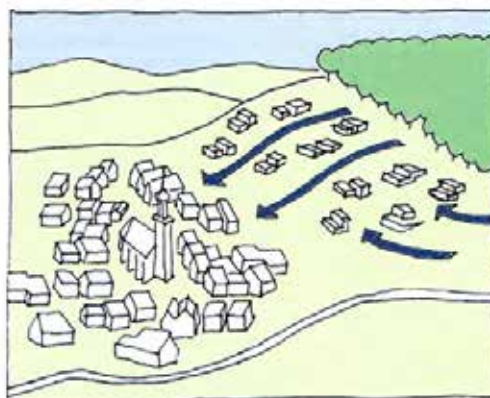
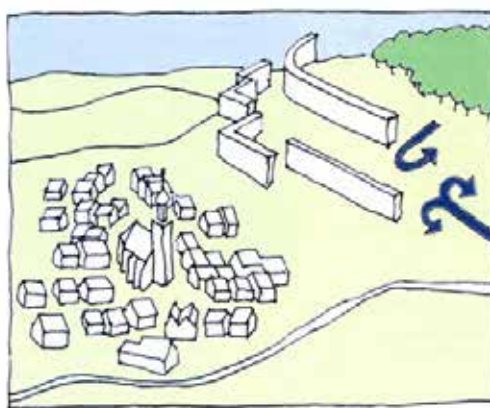


Abbildung 16:
Klimaökologisch sinnvolle Bauweise mit Abstandsflächen (oben), klimaökologisch ungeeignete riegelhafte Bauweise (unten)



Sowohl die Kaltluftentstehungsgebiete als auch die Leitbahnen sind wichtig für ein gutes Stadtklima. Sie sollten stets in ausreichendem Maße vorhanden sein. Leitbahnbereich müssen von größeren Hindernissen wie dichter Vegetation oder Bebauung freigehalten werden. Je nach Reichweite der Kaltluftleitbahn ist ein Mindestquerschnitt von 50 bis 100 Meter nötig.

Abbildung 17:
Lockerer Baum
Foto: Angelina S..... /
pixelio

Abbildung 18:
Fassadenbegrünung
Foto: Thomas Max Müller /
pixelio

Gebäudeausrichtung und Abstandsflächen („Grüne Finger“)

Gerade im Grenzbereich zwischen Freiflächen und Bebauung ist es wichtig die klimaökologischen Prozesse nicht zu behindern und bei der Planung mit einzubeziehen.

Um eine möglichst gute Durchlüftung der Bebauung zu gewährleisten, sollten Gebäude nicht riegelhaft zu Kaltluftproduktionsflächen angeordnet werden (vgl.: Abbildung 16). „Grüne Finger“, also begrünte Abstandsflächen, sind besonders gut geeignet, Kaltluft aus der Umgebung zu transportieren, da sie zudem selbst welche produzieren.

Wichtig ist außerdem, den Querschnitt der Abstandsflächen ausreichend groß zu halten. Die Mindestbreite sollte 25 Meter betragen. Auch hier muss darauf geachtet werden, dass keine dichte und hohe Vegetation die Luftzirkulation verhindert.

Grün- und Freiflächen erhalten und optimieren

Grün- und Freiflächen können, wenn sie groß genug sind, klimatisch positiv auf angrenzende Bebauung wirken und dort die Temperaturen senken und das Bioklima verbessern. Dieser Effekt tritt ab einer Größe der Grünfläche von ca. 1 Hektar ein. Wichtig ist vor allem eine abwechslungsreiche Gestaltung, so dass tagsüber die Aufenthaltsqualität gut ist und nachts viel Kaltluft produziert werden kann. Hierzu sind verschiedene Mikroklimata nötig. Diese können durch...

- Freiflächen mit Wiese (Anteil 70%)
- lockere Baum- und Strauchgruppen
- große Einzelbäume
- Immissionsschutzpflanzungen wo nötig
- Wasserflächen

...geschaffen werden. Optimaler Weise sind 3-5 Mikroklimata pro Grünfläche vorhanden.

Auch kleinere Grünflächen erfüllen wichtige Aufgaben innerhalb der Stadt. Sie dienen als „Klimaoase“: Ein Rückzugsort für Anwohner angrenzender Baublöcke, wo sie Schatten und Abkühlung finden. Die Funktion einer Klimaoase kann bei entsprechender Ausgestaltung auch ein Innenhof übernehmen. Ziel sollte eine fußläufige Erreichbarkeit von Grün- oder Freiflächen im gesamten Stadtgebiet sein. Als Richtwert sind hier maximal 400 Meter Entfernung anzunehmen.

Dach- und Fassadenbegrünung

Gerade an Standorten, wo es schwierig ist, größere Grünflächen anzulegen, oder Bäume zu pflanzen (z.B. stark verdichtete Stadtzentren, Industriegebiete), erweist sich eine Begrünung von Dächern und Fassaden oft als gutes Mittel, um eine Verbesserung des Bioklimas zu erzielen.



Wichtig ist hier, geeignete Pflanzen auszuwählen und eine Wasserversorgung zu gewährleisten. Völlig ausgetrocknete Dachbegrünungen bringen keinen klimatischen Vorteil mehr. Werden Dach- und Fassadenbegrünungen richtig angelegt, können sie als Wärme- und Schalldämmung fungieren und Schadstoffe filtern. Insbesondere die Dachbegrünung übernimmt bei Niederschlägen auch eine Retentionsfunktion. Sind etwa 50% eines Quartiers auf Gebäuden mit weniger als 5m Höhe mit Dachbegrünung ausgestattet, kann auch das Lokalklima in Bodennähe verbessert werden. Liegen die begrünten Dächer zu hoch, wird der Aufenthaltsbereich der Menschen (bis 2m über Grund) nicht beeinflusst.

Straßenbegleitgrün und Verschattung

Ein weiteres Mittel, um die Aufenthaltsqualität und das Klima in der Stadt zu verbessern, ist die Pflanzung von Bäumen an Straßen. Hierbei sind allerdings einige Dinge zu beachten.

Straßenbäume sind nicht an jeder Stelle sinnvoll. Zum einen muss genügend Wurzelraum und Boden vorhanden sein, damit ein Baum gesund wachsen kann. Außerdem sollten die Bäume entlang einer Straße diese nicht komplett überkronen und einen vertikalen Luftaustausch verhindern, da es sonst zu einer überhöhten Belastung des Straßenraums mit Schadstoffen kommen kann. Die Auswahl geeigneter Bäume ist ebenfalls wichtig. Sie müssen hitze- und trockenresistent sein. Sinnvoll sind Straßenbäume vor allem dort, wo sie Süd- und Südwestfassaden beschatten und das Laufen und Fahrradfahren im Schatten ermöglichen. Durch die Verschattung und die Verdunstung kühlen sie

Albedowerte ausgewählter Oberflächen				
Dach				
	Teer und Splitt 0,03 – 0,18	Wellblech 0,10 – 0,15	Dachziegel 0,10 – 0,35	Stark reflektierendes Dach 0,60 – 0,70
Wand				
	Farbige Wand 0,15 – 0,35	Backstein / Naturstein 0,20 – 0,40	Weiße Wand 0,50 – 0,90	
				
Boden	Asphalt 0,05 – 0,20	Beton 0,10 – 0,35	Gras 0,25 – 0,30	Bäume 0,15 – 0,18

© Senatsverwaltung für Stadtentwicklung/Fotom: Mapping CZ, Back 00

Abbildung 19:
Albedowerte ausgewählter
Oberflächen

die Umgebungsluft und Fassaden ab. Ist es auf Grund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich, Bäume zu pflanzen, kann auch auf technische Möglichkeiten wie Sonnensegel zurückgegriffen werden. Sie sollten optimalerweise beweglich sein.

Erhöhung der Albedo

Durch den Einsatz von hellen Farben an Gebäuden und hellen Bodenbelägen kann ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung des Stadtklimas geleistet werden.

Die Albedo bezeichnet das Maß des Rückstrahlvermögens eines Körpers. Bei einer hohen Albedo wird ein hoher Anteil der einfallenden Strahlung sofort reflektiert. Je heller die Farbe, desto höher die Albedo. Schwarze Körper haben daher eine sehr geringe Albedo, sie speichern die einfallende Strahlungsenergie und geben sie als Wärmeenergie über einen längeren Zeitraum wieder ab.

Aus diesem Grund sollten besonders in stark verdichteten Innenstadtbereichen auf den Einsatz heller Materialien geachtet werden. So heizen sich Gebäude und Straßen tagsüber nicht so sehr auf und auch nachts wird weniger Wärmeenergie abgegeben.

Abbildung 19 zeigt verschiedene Materialien mit ihren Albedowerten.



Abbildung 20:
Rasengittersteine
Foto: Thomas Max Müller/
pixelio

Entsiegelung

Eine weitere Maßnahme ist die Entsiegelung von Flächen. Wodurch die Regenwasserversickerung gesteigert und durch die Verdunstung der Pflanzen die Umgebungsluft gekühlt wird.

Besonders sinnvoll ist eine Entsiegelung von Innenhöfen, aber auch auf Parkplatzflächen lässt sich eine Entsiegelung gut umsetzen. Ziel sollte es sein etwa 50% der Fläche zu entsiegeln. Zum Einsatz können Rasengittersteine kommen, aber auch fugenreiche Pflastersteine leisten schon einen Beitrag. Ebenso können natürlich ganze Teilflächen bepflanzt werden.

Zusammenfassung

In Städten entwickelt sich auf Grund der räumlichen Gegebenheiten ein eigenes Klima. Besonders stark verdichtete Siedlungsgebiete heizen sich stärker auf als das Umland. Mit Hilfe einer Klimaanalyse mit dem mesoskaligen Modell FITNAH konnte das Klima in Magdeburg genau untersucht werden und eine Einordnung der bioklimatischen Belastungssituation

innerhalb des Stadtgebiets gegeben werden. Ebenso konnte unter Einsatz des regionalen Klimamodells CLM die zukünftige Entwicklung des Klimas in Magdeburg abgeschätzt werden.

Die zu erwartende Entwicklung in Magdeburg mit einer steigenden bioklimatischen Belastung macht die besondere Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen deutlich. Entscheidend ist vor allem, die Durchlüftung von Siedlungsgebieten nicht zu unterbinden. Zudem sollte ein hoher Anteil von Vegetation im Siedlungsraum angestrebt werden.

Quellenangaben

IPCC (= INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

FANGER, P. O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Application in Environment Engineering. New York: McGraw Hill.



Bildnachweis:

Titelfoto
Seite 66

E. Briehm
Umweltamt

Impressum

Herausgeber: Landeshauptstadt Magdeburg, Umweltamt
Redaktion: Stabsstelle Klimaschutz / Umweltvorsorge
Gesamtherstellung: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG