



Stadt Zürich

Programm Klimaanpassung **Fachplanung Hitzeminderung**



Impressum

Herausgeberin

Stadt Zürich
Grün Stadt Zürich
Beatenplatz 2
CH-8001 Zürich
Telefon +41 44 412 27 68
www.stadt-zuerich.ch/gsz

Beteiligte Dienstabteilungen der Stadt Zürich

Amt für Hochbauten
Amt für Städtebau
Grün Stadt Zürich
Immobilien Stadt Zürich
Liegenschaften Stadt Zürich
Tiefbauamt Zürich
Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich

Redaktionelle Bearbeitung

berchtoldkrass space&options
GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Grün Stadt Zürich
Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich

Zitiervorschlag

Fachplanung Hitzeminderung. Stadt Zürich (Hrsg.). Zürich, 2020.

Gestaltung

berchtoldkrass space&options
Grün Stadt Zürich

Datum

20.01.2020

Druck und E-Paper

Printshop Stadt Zürich
www.stadt-zuerich.ch/fachplanung_hitzeminderung

Korrektorat

Die Orthografen GmbH



Stadt Zürich

Programm Klimaanpassung
Fachplanung Hitzeminderung

Ursachen und Symptome bekämpfen

Der Klimawandel ist zunächst einmal kein Ereignis, sondern eine Entwicklung. Eine Entwicklung, vor der weite Teile von Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft seit geraumer Zeit warnen und die durchaus auch schon lange bekämpft wird. Aber richtig angekommen ist der Klimawandel als Thema erst im Jahr 2019. Innert kürzester Zeit hat es sich zuvorderst im Denken unserer Gesellschaft verankert. Insofern ist der Klimawandel eben auch ein Ereignis. Ein gewaltiges. Ich wüsste nicht, was in den letzten Jahren das kollektive Bewusstsein dermassen schnell und nachhaltig verändert hat.

Trockenheit, Hitze und Starkregen werden in den nächsten Jahren zunehmen. Hitzeperioden werden häufiger, länger und intensiver. In den Städten spüren wir dies bereits. Städte wie Zürich wirken als Wärmeinsel, wodurch es dort um bis zu 10 °C heisser sein kann als im Umland. Dies hat problematische Auswirkungen auf unser Leben. Deshalb müssen wir nicht nur die Ursachen des Klimawandels bekämpfen, sondern auch dessen Symptome. Die Fachplanung Hitzeminderung ist ein Instrument dazu.



Uns stellt sich die grosse Aufgabe, wie wir unsere Stadt nach neuesten Erkenntnissen an die Hitze anpassen. Auch muss die Stadt planen, wie sie in ihren begrenzten räumlichen Verhältnissen wachsen und dennoch genügend Freiräume schaffen kann. Wir wollen den nächsten Generationen eine Stadt übergeben, die zumindest gleich lebenswert ist, wie wir sie heute antreffen, und die möglichst gut angepasst ist an den Klimawandel.

Es gibt verschiedene Planungselemente: die Richtplanung, das Grünbuch und eben auch die Fachplanung Hitzeminderung. Die Fachplanung zeigt, dass sich Verdichtung und Anpassung an den Klimawandel nicht widersprechen. Die Stadt ist nicht von heute auf morgen umgebaut. Wir stellen aber hier und heute die Weichen für eine klimafreundliche Stadt.

Dem veränderten Denken muss rasch das Handeln folgen. Das Wissen ist da. Nun müssen wir es anwenden.

Stadtrat Richard Wolff
Vorsteher des Tiefbau- und Entsorgungsdepartements

Die Stadtplanung für heisse Tage braucht einen kühlen Kopf

Wie viel heisser es im Sommer in der Stadt ist, merkt man am eigenen Körper. Beispielsweise, wenn man am Abend von einer umliegenden Gemeinde mit dem Velo ins Stadtzentrum fährt. Die Stadt ist dicht bebaut. Es gibt dadurch mehr Fassaden und Asphalt, die gespeicherte Wärme abstrahlen. Bauten blockieren den Wind, der ungehindert die Verdunstung verstärken und die Luft durchmischen würde.

Um dem entgegenzuwirken, gibt es allgemeine Rezepte: mehr Bäume, mehr Schatten, mehr Gebäudebegrünung, Hitzerrückstrahlung (Albedo), Entsiegelung, mehr Verdunstungskühle durch offene Wasserflächen. Doch wie macht man das in einer Stadt, die wächst und sich nach innen verdichtet? Eine Stadt, in der die Gebäude, Strassen und Wege, vor allem aber auch die Grünräume immer mehr Ansprüchen gerecht werden müssen und man nicht «auf der grünen Wiese» planen kann? Wie geht man damit um, dass man die lokale Wirksamkeit der geplanten Massnahmen nicht gut üben kann, weil Gebäude oder Bäume bei falscher Platzierung sonst über Jahrzehnte hinweg an einem ungünstigen Ort stehen bleiben?



Am besten gelingt das, indem man einen kühlen Kopf bewahrt und auf das setzt, was unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren am meisten Wirkung erzielt. Dafür braucht es tiefer greifende Analysen, wie sie die Fachplanung Hitzeminderung beinhaltet. Durch sie wissen wir, was wo und in welcher Kombination mit anderen Handlungsansätzen in der Stadt Zürich am meisten Wirkung erzielt. Vor allem dann, wenn nicht alles Gewünschte auch umsetzbar ist. Beispielsweise was die Alternative ist, wenn an einem Ort wegen zu geringen unterirdischen Platzes, vielleicht aufgrund einer Tiefgarage, keine Bäume gepflanzt werden können. Dank der Fachplanung wissen wir zudem auch, wie stark die Handlungsansätze bestenfalls wirken werden. Denn dafür haben wir für verschiedene Gebiete in der Stadt mit aufwendigen rechnerischen Modellierungen Wirkungsanalysen erstellt.

Mit der Fachplanung steht uns neu ein starkes Werkzeug zur Verfügung, um den Faktor Hitze in der mittel- und langfristigen Stadtplanung besser zu berücksichtigen. Sie ist aber auch ein Hilfsmittel für Massnahmen, die kurzfristig umgesetzt werden können: von der öffentlichen Hand sowie von privaten Grundeigentümern und Grundeigentümerinnen. Wichtig ist dabei, dass wir aufgrund der Fachplanung heute schon wissen, wie die verschiedenen Handlungsansätze morgen wirken werden.

Christine Bräm
Direktorin Grün Stadt Zürich

Zusammenfassung

Es wird heiss: Städte müssen und können aktiv werden

Spätestens der Hitzesommer 2018 hat die Folgen des Klimawandels in den Städten eindrücklich ins Bewusstsein gerückt. Das Ereignis bestätigte die prognostizierte Zunahme der Zahl von Hitzetagen und Tropennächten. Menschen in Städten leiden besonders, da sich dicht bebaute Gebiete als sogenannte «Wärmeinseln» überdurchschnittlich stark erhitzen. Städte versuchen daher zunehmend, eigene Lösungen für das Problem der Überhitzung zu finden, um eine gute Lebensqualität zu erhalten und die Gesundheit der städtischen Bevölkerung aktiv zu schützen.

Handlungsansätze zur Hitzeminderung

Die Fachplanung Hitzeminderung setzt hier an, identifiziert die wichtigsten Handlungsfelder der Hitzeminderung und entwickelt konkrete Handlungsansätze für die Stadt. Sie richtet sich gleichermassen an die Verwaltung als Gestalterin des öffentlichen Raums sowie an Planende und Bauende. Die Akteure können auf dieser Grundlage ab sofort auf eine breit gefächerte Toolbox zurückgreifen, um in ihrem jeweiligen Wirkungsbereich sowohl vorsorglich als auch unmittelbar zur Hitzeminderung beizutragen. Damit existiert für die Stadt Zürich erstmalig eine umfassende Planungsgrundlage inklusive einer Umsetzungsagenda für den Umgang mit der Wärmebelastung, die sich infolge des Klimawandels mit zunehmenden Hitzeperioden bereits in naher Zukunft markant verschärfen wird.

Drei Hauptziele

Die Klimaanalyse Zürich 2011 (KLAZ) schuf die Grundlage zum Umgang mit Hitze. Ihre übergeordnete Zielsetzung wird in der Fachplanung Hitzeminderung aufgegriffen und mittels einer räumlich differenzierten Verortung von Handlungsansätzen im Aussenraum konkretisiert. Die Fachplanung Hitzeminderung stützt sich auf folgende drei Ziele:

- **die Überwärmung im gesamten Stadtgebiet vermeiden,**
- **vulnerable Stadtgebiete gezielt entlasten und**
- **das bestehende Kaltluftsystem der Stadt Zürich erhalten.**

Aufbauend auf den Klimakarten des Kantons Zürich (2018) sowie den ergänzend durchgeführten Wirkungsanalysen werden im Hinblick auf Hauptziele die Handlungsfelder und -ansätze abgeleitet und in drei Teilplänen dargestellt.

Überwärmung im gesamten Stadtgebiet vermeiden

Der «Teilplan Hitzeminderung» zeigt für die ganze Stadt, wie die Wärmebelastung in den verschiedenen Stadt- und Freiraumstrukturen angegangen werden kann. Je nach Stadtstruktur muss die richtige Mischung gefunden werden. Der Teilplan zeigt besonders wirksame Kombinationen. Planende und Bauende sowie die Stadtverwaltung können hier tätig werden. Die Fachplanung unterscheidet im Weiteren

zwischen Ansätzen, die ihre Wirkung vor allem tagsüber respektive eher nachts entfalten. Zahlreiche Handlungsfelder und -ansätze werden im Bericht eingehend beschrieben sowie Synergien und Herausforderungen benannt. Sie sind bei einer Interessenabwägung einzubeziehen.

Wärmebelastete Gebiete mit einer hohen Bevölkerungsdichte und sensiblen Nutzungen wie Schulen, Pflege- oder Alterszentren will die Stadt Zürich gezielt entlasten. In diesen Gebieten sollen der Bevölkerung durch die Schaffung neuer oder die Aufwertung bestehender Grünflächen bessere Gelegenheiten zur Regeneration geboten werden. Zudem gilt es, überwärmte Gebiete mit kühlen, grünen Entlastungsräumen zu verbinden. Die Stadt Zürich strebt hierzu ein klimaoptimiertes Wegenetz an. Der Teilplan «Entlastungssystem» zeigt, wo entsprechende Massnahmen umgesetzt werden sollen.

Vulnerable Stadtgebiete gezielt entlasten

Das Kaltluftsystem der Stadt Zürich ist für ein angenehmes städtisches Klima von grosser Bedeutung und darum ein wichtiger Standortfaktor. Kühle Luft entsteht in den umgebenden Grün- und Freiflächen insbesondere an den Hanglagen und wirkt in den Nachtstunden der Wärmebelastung entgegen. Mithilfe des Teilplans zum Kaltluftsystem und der beschriebenen Handlungsansätze soll diese natürliche Nachtabkühlung auch künftig sichergestellt werden. Hierzu soll die Stadt gemeinsam mit den Eigentümerschaften auf klimaökologisch optimierte Projekte hinwirken, insbesondere bei grossen zu überbauenden Arealen. Die Grundlagen hierzu sind im Teilplan «Kaltluftsystem» dargestellt.

Kaltluftsystem der Stadt Zürich erhalten

Fachplanung inklusive Teilpläne bieten differenzierte Handlungsfelder und -ansätze, um die Wärmebelastung im Aussenraum auf unterschiedlichen Ebenen zu verringern. Auf dieser Basis gilt es nun, Verbesserungspotenziale zu erkennen und auszuschöpfen. Für die gemäss Prognosen zu erwartende Verdoppelung von 20 auf 44 jährliche Hitzetage und bis zu 50 Tropennächte muss sich die Stadt wappnen. Je früher und je mehr im Stadtraum realisiert wird, desto lebenswerter werden die Stadt Zürich und ihre Quartiere auch in Zukunft sein. Nebst den Verbesserungen auf öffentlichem Grund können sowohl städtische wie auch private Eigentümerschaften einen wichtigen Beitrag leisten und die Stadt Zürich gemeinsam klimaökologisch aufwerten.

Sofort loslegen und zur Tat schreiten

Inhalt

Grundlagen und Teilpläne

1 Auftrag, Ziele und Aufbau	13
1.1 Auftrag der Fachplanung Hitzeminderung	14
1.2 Einordnung ins Programm Klimaanpassung	16
1.3 Einordnung in den planerischen und städtischen Kontext	18
1.4 Hauptziele: Vermeiden, Entlasten, Erhalten	19
1.5 Aufbau der Fachplanung Hitzeminderung	20
2 Hitze in Zürich	23
2.1 Stadtklimatische Situation	24
2.2 Klimakarten Kanton Zürich: Ergebnisse für die Stadt Zürich	26
2.3 Stadt- und Freiraumstruktur	36
2.4 Expositions-, Vulnerabilitätsanalyse und Handlungsbedarf	40
2.5 Kaltluftanalyse	46
3 Die Fachplanung in drei Teilplänen	51
3.1 Die drei Teilpläne	52
3.2 Hitzeminderung	54
3.3 Entlastungssystem	58
3.4 Kaltluftsystem	62

Toolbox

4 Handlungsfelder	69
4.1 Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen (HF 01)	72
4.2 Grünräume (HF 02)	74
4.3 Grün- und Freiraumvernetzung (HF 03)	78
4.4 Offene und bewegte Wasserflächen (HF 04)	82
4.5 Siedlungsstrukturen und Gebäude (HF 05)	84
4.6 Strassen- und Platzräume (HF 06)	86
4.7 Anthropogene Wärmeeinflüsse (HF 07)	90
4.8 Informationsmanagement und Sensibilisierung (HF 08)	92
5 Handlungsansätze	95
5.1 Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren (HA 01)	98
5.2 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten (HA 02)	100
5.3 Grünflächen klimaökologisch gestalten (HA 03)	102
5.4 Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten (HA 04)	106
5.5 Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen (HA 05)	110
5.6 Materialien mit hoher Albedo für Strassen- und Platzoberflächen verwenden (HA 06)	114

5.7	Wasser im städtischen Raum etablieren (HA 07)	116
5.8	Regenwasser zurückhalten und versickern (HA 08)	118
5.9	Dächer klimaökologisch begrünen (HA 09)	120
5.10	Fassaden klimaökologisch begrünen (HA 10)	124
5.11	Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo verwenden (HA 11)	128
5.12	Gebäudenahen Aussenraum beschatten (HA 12)	130
5.13	Energie effizient nutzen (HA 13)	132
6	Wirkungsanalysen	135
6.1	Büro/Verwaltung (MG 01)	140
6.2	Gewerbe/Industrie (MG 02)	144
6.3	Geschlossene Randbebauung (MG 03)	148
6.4	Offene Randbebauung (MG 04)	152
6.5	Wohnsiedlung mittlerer Dichte (MG 05)	156
6.6	Zeilenbebauung (MG 06)	160
6.7	Heterogener Geschosswohnungsbau (MG 07)	164
6.8	Schulareal (MG 08)	168
6.9	Platzraum (MG 09)	172
6.10	Freiraum (MG 10)	176
6.11	Strassenraum (MG 11)	180
6.12	Weitere Erkenntnisse aus der Wirkungsanalyse	184
6.13	Auswertung der Wirkungsanalysen	188

Anhang

Glossar	198
Mehr zum Thema	204
Bildnachweis	206
Grundlagen	211
Abkürzungsverzeichnis und Sonderzeichen	213

Mehr zum Thema: Wer über die Fachplanung Hitzeminderung hinaus noch mehr wissen möchte, findet im gesamten Dokument Verweise auf ausgewählte Fachliteratur sowie zusätzliche Informationen der Stadt Zürich, von anderen Städten im In- und Ausland, von Bund, Kantonen und weiteren Institutionen. Im Anhang sind alle Verweise zusammengefasst. Die Auflistung ist nicht abschliessend.



1 Auftrag, Ziele und Aufbau

Die Fachplanung Hitzeminderung fokussiert auf die Anpassung der Stadt Zürich an den Klimawandel mit Schwerpunkt «Hitze im Aussenraum»: Im Stadtgebiet entstehen je nach Bebauung, Versiegelungsgrad und Durchlüftungssituation Wärmeinseln. Der Wärmeinseleffekt wirkt sich negativ auf die Einwohnerinnen und Einwohner der Stadt Zürich aus. Um dieser Belastung sowohl vorsorglich als auch unmittelbar entgegenzuwirken, zeigt die Fachplanung Hitzeminderung verschiedene Handlungsfelder und Handlungsansätze mit hitzemindernder Wirkung auf.

1.1 Auftrag der Fachplanung Hitzeminderung

KLAZ 2011 als Ausgangslage Die Klimaanalyse (KLAZ) aus dem Jahr 2011 zeigte, dass dicht bebaute Stadtgebiete in Zürich in den Sommermonaten überwärmt sind. Dies ist auf den Wärmeinseleffekt zurückzuführen, wonach sich Städte tagsüber überdurchschnittlich erwärmen und nachts unterdurchschnittlich abkühlen. Vor diesem Hintergrund formulierte die KLAZ für klimatisch besonders belastete Gebiete Empfehlungen. Der Stadtrat wies alle betroffenen Dienstabteilungen an, die Umsetzung der vorgelegten «vorsorglichen» und «kompensatorischen» Massnahmen zu prüfen. Ende 2012 beauftragte der Gemeinderat (Postulat GR Nr. 2012/443) deshalb den Stadtrat, einen «Masterplan Stadtklima» mit konkreten Massnahmen zu entwickeln und deren Umsetzung voranzutreiben.

Handlungsbedarf der Stadt Zürich

Dem Wärmeinseleffekt entgegenzuwirken, ist für die Stadt Zürich von grosser Bedeutung. Ein angenehmes Stadtklima trägt massgeblich zur Erreichung städtischer Ziele bei, wie zur Erhaltung der Lebensqualität und zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung. Der Handlungsbedarf ist gross angesichts der heutigen Situation sowie künftiger Herausforderungen. Zu nennen ist hier einerseits die vom Bund geförderte kompakte Siedlungsentwicklung. Sie soll die Zersiedelung bremsen und ein qualitatives Wachstum in bestehenden Zentren fördern, womit sie zu einer weiteren baulichen Verdichtung führen wird.

Andererseits führt der Klimawandel, insbesondere die zunehmenden Hitzeperioden, zu einer wesentlichen Verstärkung der Wärmebelastung in Städten. Klimaszenarien für die Schweiz zeigen, dass die Jahresdurchschnittstemperatur seit Messbeginn 1864 bereits um 2 °C höher ist. Dieser Wert ist doppelt so hoch wie das weltweite Mittel von 0,9 °C Erwärmung.

Auftrag der Fachplanung

Aus diesen Gründen hat die Stadt Zürich der Erarbeitung der vorliegenden Fachplanung Hitzeminderung ein hohes Gewicht beigemessen und in einem mehrjährigen Prozess fachliche und planerische Grundlagen erarbeitet. Eingeflossen sind hierbei auch die Erkenntnisse und Erfahrungen anderer Städte.

Die Aufgabe besteht darin, Empfehlungen aus der KLAZ 2011 in den Bereichen Grünstrukturen, Stadträume und Bauten räumlich in Plan und Text aufzuzeigen, die Wirksamkeit verschiedener Handlungsansätze für unterschiedliche räumliche Situationen näher zu untersuchen und planerische Empfehlungen zu präzisieren.

Überwärmung im Aussenraum als Fokus

In Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels fokussiert die Fachplanung Hitzeminderung auf eine Reduktion der Wärmebelastung im Aussenraum und auf den Erhalt der Kaltluftströme. Betrachtungsrelevant ist das gesamte Stadtgebiet Zürich.

Die Fachplanung Hitzeminderung richtet sich gleichermassen an Verwaltung, Planende und Bauträgerschaften. Im Rahmen von Planungs- und Bauprojekten flossen stadtklimatische Aspekte bisher in Form von Empfehlungen gestützt auf den STRB Nr. 1384/2011 (KLAZ 2011) und seit 2018 auch gestützt auf die Klimakarten des Kantons Zürich ein (z. B. in Berichten nach Art. 47 RPV oder in Sondernutzungsplanungsverfahren). Die Fachplanung Hitzeminderung löst die im Rahmen der KLAZ 2011 mit dem STRB Nr. 1384/2011 beschlossenen Planungsgrundlagen und Empfehlungen ab.

Adressaten und Verbindlichkeit der Fachplanung

Eine Reihe von Themen und Fragestellungen, die sich im Kontext des Stadtklimas stellen, werden von der Fachplanung Hitzeminderung nicht oder nur am Rande behandelt.

Nicht im Fokus der Fachplanung

- Der Einfluss anthropogener Wärmequellen wie etwa Abwärme auf das Stadtklima wurde noch nicht systematisch untersucht, ist jedoch als Handlungsfeld in der Fachplanung Hitzeminderung integriert, ebenso wie ein allgemein beschriebener Handlungsansatz zur Reduktion der Abwärme.
- Der Klimakomfort im Innenraum wurde nicht im Detail abgehandelt. Mit der Überwärmung könnte die Kühlung von Gebäuden jedoch an Bedeutung gewinnen und damit verbunden negative Effekte wie einen steigenden Energieverbrauch und mehr Abwärme nach sich ziehen.
- Ansätze zur aktiven Erzeugung von Thermik auf Arealen, die zur Durchlüftung und Kühlung beitragen, wurden nicht berücksichtigt.
- Energie- und Wärmebilanzen für die gesamte Stadt helfen bei der Bewertung unterschiedlicher Strategien oder Massnahmen. Sie sind ein übergeordnetes Instrument, das im Rahmen der Fachplanung nicht eingesetzt wurde. Interessante Fragestellungen solcher Systemanalysen könnten beispielsweise sein, wie sich die dezentrale Energieproduktion aus Solaranlagen oder der Ausbau von Kälteanlagen im Vergleich zu anderen Optionen auswirken.
- Eine Lebenszyklusbetrachtung der einzelnen Handlungsansätze ist im Hinblick auf die Herstellungs- und Betriebskosten von besonderem Interesse. Dies kann zum Beispiel bei der Fassadenbegrünung ein wichtiger Faktor sein.

1.2 Einordnung ins Programm Klimaanpassung

Hitzeminderung ist Klimaanpassung

Im Rahmen der Umweltpolitik, welche die politischen Bestrebungen zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen sowie der Natur an sich umfassen, werden vielfältige Aspekte thematisiert. Klima ist ein Teilaspekt davon. Klimapolitik umfasst mit dem Klimaschutz einerseits politische Vermeidungsstrategien, mit denen die globale Erwärmung eingedämmt werden kann, und mit der Klimaanpassung andererseits die Adaptation an die Folgen der globalen Erwärmung. Entsprechend sind die Bestrebungen der vorliegenden Fachplanung, der Überwärmung der Stadt entgegenzuwirken, als Teil der Klimaanpassungsstrategie zu verstehen.

Bund

Mit der 2018 verabschiedeten Strategie zur Anpassung an den Klimawandel und dem Aktionsplan 2014–2019 hat der Bundesrat die Weichen für ein koordiniertes Vorgehen auf Bundesebene gestellt. Da sich die Auswirkungen vor allem auf regionaler und lokaler Ebene zeigen, müssen sich Kantone und Gemeinden je nach Betroffenheit mit unterschiedlichen Risiken und Chancen auseinandersetzen und Anpassungsmassnahmen ergreifen. Zur Unterstützung der Kantone und Gemeinden hat der Bund verschiedene Studien erarbeitet und ein Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel lanciert, die teilweise konkret auf die Gegebenheiten der Städte Bezug nehmen. Sie greifen wichtige Themen wie die steigende Wärmebelastung, lokale Wasserknappheit, zunehmende Naturgefahren und Veränderungen der Ökosysteme auf und liefern Grundlagen.

Kanton Zürich

Auch der Kanton Zürich hat einen «Massnahmenplan» zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet. Das Dokument behandelt sechs Bereiche (Landökosysteme und deren Nutzung, Wasser und Gewässer, Naturgefahren, Lokalklima, Gesundheitsrisiken, Energie) und liefert eine Übersicht über bestehende und neue Massnahmen zur Verminderung der Risiken des Klimawandels. Für die Umsetzung der Fachplanung Hitzeminderung interessant sind insbesondere die Massnahmen im Bereich Lokalklima. Auf der Basis einer Klimaanalyse hat der Kanton Zürich als wichtige Planungsgrundlage Analyse-, Prognose- und Planhinweiskarten für das Kantonsgebiet publiziert.

Stadt Zürich

Die Stadt Zürich verfolgt die in der Gemeindeordnung verankerten Ziele einer nachhaltigen Entwicklung sowie den Schutz und die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen. Ein wichtiges Steuerungsinstrument ist der «Masterplan Umwelt» (STRB 1043/2016), der neben Umweltzielen auch strategisch wichtige Handlungsschwerpunkte festsetzt. Das Stadtklima ist einer von drei thematischen Schwerpunkten des Masterplans Umwelt. Der Masterplan Umwelt soll mittelfristig durch eine Umweltstrategie abgelöst werden, die unter anderem auch Klimaschutz und -anpassung umfassen soll.

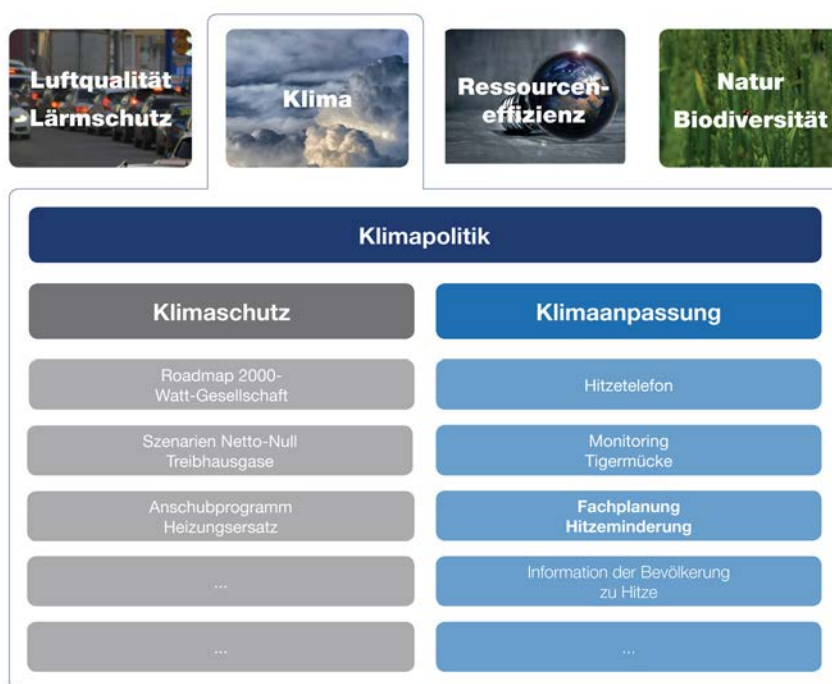


Abb. 1: Einordnung der Klimaanpassung in Bezug auf die Umweltziele der Stadt Zürich

Die Fachplanung Hitzeminderung ist der Klimaanpassung zugeordnet. Die Umsetzung sowie die Berichterstattung und das Controlling werden in diesem Kontext erfolgen.

In der Stadt Zürich leisten diverse weitere Aktivitäten wie die Entwässerungsplanung, der Hochwasserschutz, die naturnahe Grünflächenpflege städtischer Grünräume und die Förderung naturnaher Lebensräume einen Beitrag zur Klimaanpassung. Einige dieser Aktivitäten müssen verstärkt oder gezielter ausgerichtet werden. Angesichts der vielfältigen Herausforderungen wie Trockenheit, Intensivniederschläge, Sturmereignisse, Veränderung von Lebensräumen und Artenzusammensetzung sind weitere Fachplanungen erforderlich. Die Koordination der Fachplanungen soll über das «Programm Klimaanpassung» gewährleistet werden.

Mehr zum Thema

Bund (BAFU)

Strategie des Bundesrats zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz

- Teil der Strategie: Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder
- Teil der Strategie: Aktionsplan 2014–2019

Anpassung an den Klimawandel

Impulse für eine klimangepasste Schweiz

Kriterien zur Beurteilung und Abgrenzung von Anpassungsmassnahmen

Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel

Hitze in Städten

Hitze und Trockenheit im Sommer 2018

Kanton Zürich

Klimawandel im Kanton Zürich. Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel

Klimaanalyse. Klimaanalysekarten, Planhinweiskarten, Szenarienkarten

Stadt Zürich

Masterplan Umwelt

1.3 Einordnung in den planerischen und städtischen Kontext

Die für die Stadt Zürich planerisch relevanten Rechtsgrundlagen und Instrumente sind: das Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich (PBG), die Richtplanung sowie die Bau- und Zonenordnung (BZO).

Gemäss dem Planungs- und Baugesetz (PBG) soll die Richtplanung die räumlichen Voraussetzungen für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen schaffen. Insbesondere soll die Qualität der Siedlungen verbessert werden. Siedlungsgebiete sind gegen nachteilige Umwelteinflüsse abzuschirmen, und vorhandene Belastungen sind abzubauen (§ 18 PBG).

Stadtklimatische Anforderungen wurden auf der Basis der KLAZ 2011 erstmals in der räumlichen Entwicklungsstrategie sowie in der regionalen Richtplanung berücksichtigt. In der erstmaligen Erarbeitung des kommunalen Richtplans Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen (SLöBA) wurden die neusten Erkenntnisse aus der Klimaanalyse des Kantons Zürich (2018) und der Fachplanung Hitzeminderung integriert, ebenso im kommunalen Richtplan Verkehr.

In der aktuell geltenden Bau- und Zonenordnung der Stadt Zürich (BZO) sind zum Beispiel gemäss Art. 11 BZO Dach- und nicht mit Gebäuden überstellte Parzellenflächen im Grundsatz zu begrünen (mit je nach Zonentyp unterschiedlichen Flächenanteilen), und mit Art. 11a sind Bestimmungen zum Baumschutz festgelegt.

Nebst den planerischen Rechtsgrundlagen sind diverse weitere städtische Instrumente zu nennen, die Einfluss auf das Stadtklima haben. Diese reichen vom Freiraum- oder Alleenkonzept bis hin zu neuen Standards und Strategien im Hoch- und Tiefbau.

1.4 Hauptziele: Vermeiden, Entlasten, Erhalten

Die Fachplanung Hitzeminderung hat drei Hauptziele, die nachfolgend erläutert werden. Jedes Ziel steht im Zusammenhang mit dem menschlichen Bedürfnis nach angenehmen Temperaturen im Aussenraum in der Stadt Zürich. Die drei Hauptziele finden ihr Pendant jeweils in einem der drei Teilpläne (Kap. 3).

1. Die Überwärmung im gesamten Stadtgebiet vermeiden

Die Stadt Zürich hat vielfältige und qualitätsvolle Quartiere. Um auch in Zukunft, trotz des Klimawandels, die Wohn- und Lebensqualität zu sichern, ist es von grosser Bedeutung, die Überwärmung der Gesamtstadt zu vermeiden oder zumindest einzudämmen. Im Teilplan «Hitzeminderung» werden flächendeckend für das gesamte Stadtgebiet strukturspezifische Massnahmen zur Hitzeminderung vorgeschlagen. Die öffentliche Verwaltung, Planende und Bauende sollen durch den Teilplan Hitzeminderung motiviert werden, Handlungsansätze zur Hitzeminderung in ihrem Wirkungsbereich stärker zu berücksichtigen und umzusetzen.



Abb. 2: Schemaskizze Teilplan Hitzeminderung

2. Vulnerable Stadtgebiete gezielt entlasten

Das Ziel ist es, in vulnerablen Gebieten (Überwärmung, hohe Bevölkerungsdichte, vulnerable Nutzungen) die Wärmebelastung im Aussenraum für EinwohnerInnen und Beschäftigte zu verringern. Es gilt, öffentliche Grün- und Freiräume klimaökologisch zu erhalten und bei Bedarf zu optimieren. Denn sie stellen wichtige Entlastungsräume im näheren Wohn- und Arbeitsumfeld dar, insbesondere in heissen Sommermonaten. Von ebenso grosser Bedeutung sind die gute Erreichbarkeit, die Vernetzung und die klimaoptimierte Zuwegung dieser Entlastungsräume. Über den Bestand hinaus sollen im öffentlichen Raum neue Entlastungsräume etabliert werden. Das angestrebte Netz, bestehend aus Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität und Entlastungsräumen, wird im Teilplan Entlastungssystem ersichtlich. Der Teilplan Entlastungssystem richtet sich an die öffentliche Verwaltung.



Abb. 3: Schemaskizze Teilplan Entlastungssystem

3. Das bestehende Kaltluftsystem der Stadt Zürich erhalten

Der Siedlungsraum der Stadt Zürich ist von der Topografie geprägt. Über die Hügelzonen und durch verschiedene Windsysteme strömt Kaltluft in den Stadtkörper ein und sorgt für ein verhältnismässig angenehmes Klima. Daher ist es wichtig, das gesamtstädtische Kaltluftsystem zu erhalten und zu fördern. Abgebildet wird das Kaltluftsystem im Teilplan Kaltluftsystem. Darin werden bedeutende Kaltluftströme identifiziert und Empfehlungen für klimaoptimiertes Planen und Bauen erteilt. Der Teilplan Kaltluftsystem richtet sich an die öffentliche Verwaltung, Planende und Bauträgerschaften.



Abb. 4: Schemaskizze Teilplan Kaltluftsystem

1.5 Aufbau der Fachplanung Hitzeminderung

Nachfolgend wird veranschaulicht und beschrieben, aus welchen Komponenten sich die Fachplanung Hitzeminderung zusammensetzt. Die Zusammenhänge werden in Abbildung 5 verdeutlicht.

Grundlagen

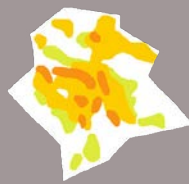
Zentrale Grundlagen bilden die Klimakarten des Kantons Zürich (Kap. 2.2) sowie die Stadt- und Freiraumstruktur der Stadt Zürich (Kap. 2.3). Die Klimakarten zeigen die Temperaturverhältnisse für Tag und Nacht, sowohl für die Gegenwart als auch für die Zukunft sowie Kaltluftströmungsverhältnisse.

Ziele (Kap. 1)

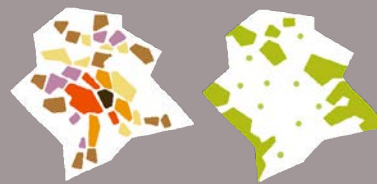
Vermeiden
Entlasten
Erhalten

Grundlagen (Kap. 2.2/2.3)

Klimakarten
Kanton

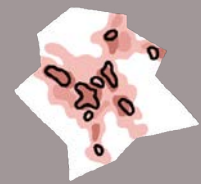


Stadt- und Freiraumstruktur



Analysen (Kap. 2.4/2.5)

Expositions- und
Vulnerabilitätsanalyse
(Hotspots)



Analysen

Die Analysen beziehen sich einerseits auf die Wärmebelastung (Kap. 2.4) am Tag und in der Nacht und andererseits auf das Kaltluftsystem (Kap. 2.5). In Bezug auf die Wärmebelastung wird der Handlungsbedarf mittels einer Expositions- und Vulnerabilitätsanalyse räumlich und zeitlich konkretisiert. Als Gegenstück dazu fungiert das Kaltluftsystem der Stadt Zürich. Es beinhaltet alle bedeutsamen Strukturen, die für ein dauerhaftes Funktionieren der Austauschprozesse notwendig sind (wie z. B. Kaltluftentstehungsgebiete, Leitbahnbereiche). Aus den Strukturen lassen sich Funktionsweisen, Empfindlichkeiten und Bedeutung für die nächtliche Kühlwirkung ableiten.

Teilpläne

Den Kern der Fachplanung Hitzeminderung bilden die drei Teilpläne Hitzeminderung, Entlastungssystem und Kaltluftsystem (Kap. 3.1). In Anlehnung an die drei Ziele der Fachplanung Hitzeminderung (Vermeiden, Entlasten, Erhalten) werden alle Ergebnisse der Analyse in den Teilplänen konzeptionell zusammengeführt. Darüber hinaus können über die Stadt- und Freiraumstruktur mögliche Handlungsansätze räumlich verortet werden.

Toolbox

Die Toolbox setzt sich zusammen aus 8 Handlungsfeldern (Kap. 4), 13 Handlungsansätzen (Kap. 5) und Wirkungsanalysen zu 11 Modellierungsgebieten (Kap. 6). Die 8 Handlungsfelder nehmen Bezug auf die räumlich übergeordnete Entwicklung des gesamten Stadt-

Toolbox

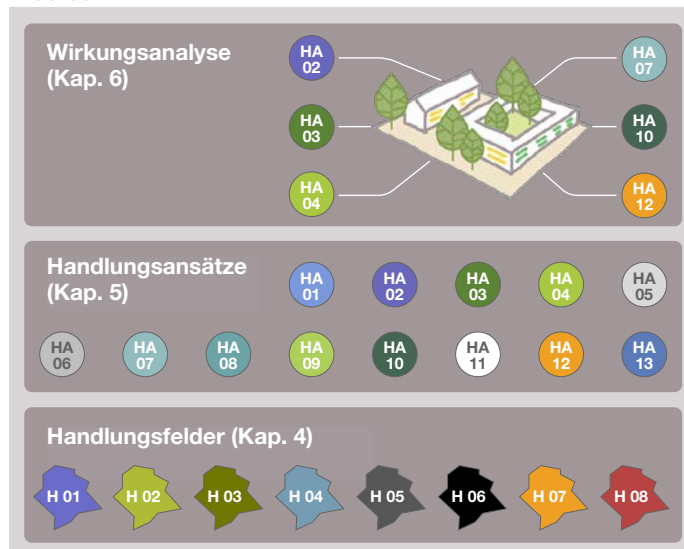


Abb. 5: Methodischer Aufbau der Fachplanung Hitzeminderung

Die drei Teilpläne (Kap. 3)



Umsetzung



gefüges, die 13 Handlungsansätze beziehen sich auf Handlungen im Freiraum und auf Siedlungs- bzw. Gebäudeebene.

In den Wirkungsanalysen werden für überwärmte Stadtstrukturtypen und betroffene Freiraumkategorien, gestützt auf real existierende Gebiete, Wirkungen verschiedener Handlungsansätze simuliert respektive berechnet. Darauf aufbauend werden durch kleinräumige Wirkungsanalysen die wirksamsten Handlungsansätze ermittelt. Dies ermöglicht die typ- und kategoriespezifische Zusammenstellung von Handlungsansätzen, die in der jeweiligen Situation eine besonders gute Wirkung erzielen. Über den Teilplan «Hitzeminderung» und den Teilplan «Entlastungssystem» kann jeder Stadtstrukturtyp und jede Freiraumkategorie mit einem Set wirksamer Handlungsansätze verknüpft werden. Handlungsansätze lassen sich so für bestimmte Situationen im öffentlichen Raum gezielt und typ- bzw. kategoriegerecht auswählen und umsetzen.

Die Umsetzungsagenda dient als Wegleitung für die Umsetzungsphase. Die Umsetzungsagenda beschreibt, wie die Fachplanung Hitzeminderung durch die Stadtverwaltung umgesetzt werden soll. Sie umfasst einen Massnahmenkatalog und beschreibt eine Umsetzungsorganisation, in deren Rahmen die Umsetzung koordiniert und über die Zielerreichung Bericht erstattet werden soll.

Umsetzung

Mehr zum Thema

Umsetzungsagenda 2020–2023 zur Fachplanung Hitzeminderung



2 Hitze in Zürich

Die Ableitung relevanter Rahmenbedingungen für die Stadt Zürich aus der kantonalen Klimaanalyse ermöglicht die Feststellung der bioklimatischen Belastungssituation am Tag und bei Nacht für das gesamte Stadtgebiet. Dabei zeigt sich, dass Hitze verschiedene Stadtstrukturen in ganz unterschiedlicher Weise tangiert. Anhand einer Expositions- und Vulnerabilitätsanalyse werden die Bereiche der Stadt ersichtlich, in denen Menschen Hitzestress besonders ausgeprägt erfahren.



2.1 Stadtklimatische Situation

Wärmeinseleffekt

Aufgrund der starken Aufwärmung tagsüber und der eingeschränkten Abkühlung nachts treten insbesondere im Sommer grössere Städte wie Zürich als Wärmeinseln hervor. Über das Jahr gesehen liegt die mittlere Lufttemperatur in den Innenstädten um 1 bis 3 °C über den Werten des Umlands oder grosser innerstädtischer Grünflächen. Während windschwacher Sommernächte mit wolkenlosem Himmel kann dieser Unterschied in der Stadt Zürich sogar mehr als 10 °C betragen.

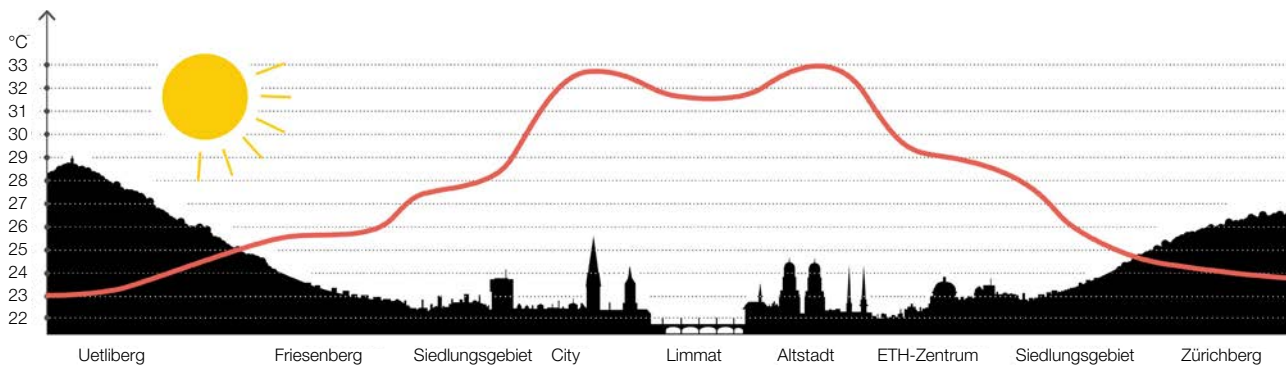


Abb. 6: Tagsituation – Wärmeinseleffekt (Lufttemperatur modelliert, ohne Berücksichtigung der Höhenlage)

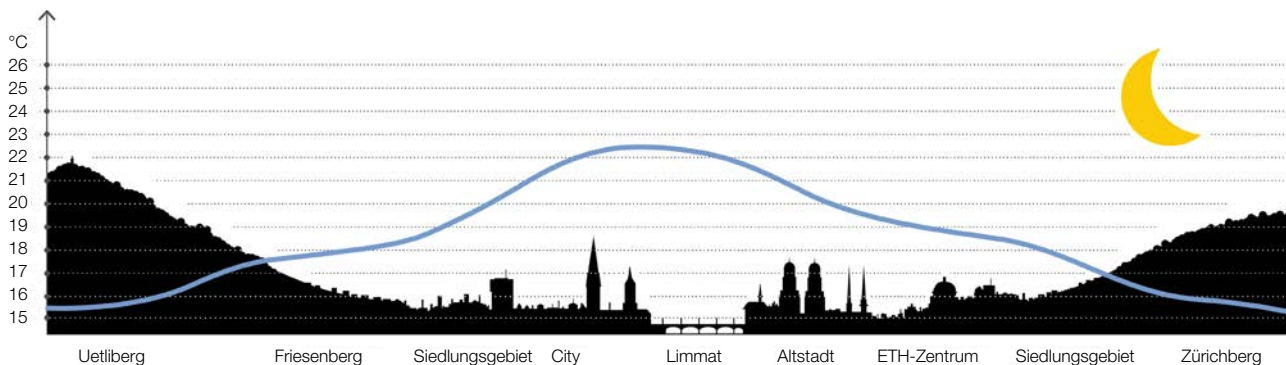


Abb. 7: Nachtsituation – Wärmeinseleffekt (Lufttemperatur modelliert, ohne Berücksichtigung der Höhenlage)

Faktoren für den Wärmeinseleffekt

Die in Städten gegenüber dem Umland divergierenden klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören:

- die starke Oberflächenversiegelung sowie die dichte Bebauung, die am Tag zu einer starken Überwärmung führen können und in den Nachtstunden die Wärme wieder an die Luft abgeben;
- die Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts durch anthropogene Einflüsse;
- die herabgesetzte Verdunstung aufgrund der direkten Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut;
- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischer Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland;

- die aufgrund der vermehrten Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt);
- die erhöhte, durch den Menschen verursachte Wärmeproduktion (z. B. Industrie und Kfz-Verkehr).

Die Stadt Zürich ist von bewaldeten Hügelzonen umgeben. Die Temperatur in den Hanglagen ist selbst an heissen Sommertagen vergleichsweise moderat und nimmt hangabwärts in Richtung Stadtzentrum stetig zu. In den Niederungsbereichen und entlang der Zürcher Gewässer – See, Sihl und Limmat – bewirkt Verdunstungskühle einen minimalen Temperaturrückgang in unmittelbarer Umgebung. Erreichen die Temperaturen tagsüber 30 °C oder mehr, handelt es sich um einen Hitzetag. Die Zahl der Hitzetage wird gemäss aktuellen Klimaszenarien markant zunehmen (Kap. 2.2). In der Kernstadt ist mit einer Verdoppelung von 20 auf 44 Hitzetage zu rechnen (Vergleich der Perioden 1961–1990 und 2021–2040). Dies wird wiederum die Nachtsituation beeinflussen, da die Fähigkeit zur Entwärmung während der Nacht reduziert wird.

Tagsituation

Versiegelte Flächen, Bauten und Wasserflächen, die tagsüber direkte Sonneneinstrahlung absorbieren, geben diese nachts in Form von Wärmeenergie an ihre Umgebung ab. Somit kann die Umgebung nachts nur mässig abkühlen. Nächte, in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C fällt, werden als Tropennächte bezeichnet. Auch die Anzahl Tropennächte wird vor allem im Stadtinneren Zürichs bedeutend zunehmen, gemäss Klimawandelszenarien von 20 auf 50 Tropennächte (Vergleich der Perioden 1961–1990 und 2021–2040). Die Nachtstunden sind insbesondere für die Wohnquartiere und die Schlafqualität ihrer BewohnerInnen von Bedeutung. Die Menschen sind nachts gewissermassen immobil und können sich – anders als am Tag – weniger gezielt gegen die Hitze schützen.

Nachtsituation

Die Überwärmung der Städte wirkt sich auf unterschiedliche Bereiche aus. Als prioritäre Risiken der Wärmebelastung können dabei folgende Aspekte genannt werden:

Auswirkungen der Überwärmung

- Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere von sensiblen Gruppen wie älteren oder geschwächten Personen und Kindern;
- Leistungseinbussen bei der Arbeit;
- Zunahme des Kühlenergiebedarfs;
- Beeinträchtigung der Qualität von Boden, Wasser und Luft;
- Beeinträchtigung der Biodiversität (Hitzestress).

2.2 Klimakarten Kanton Zürich

Ergebnisse für die Stadt Zürich

Bestandesaufnahme der klimatischen Situation

Der Kanton Zürich stellt eine umfassende Bestandsaufnahme der klimatischen Situation für das gesamte Kantonsgebiet inklusive der Stadt Zürich zur Verfügung. Aufbauend darauf können sowohl klimaökologisch wirksame Grün- und Freiflächen als auch bioklimatisch belastete Stadtstrukturen ermittelt werden. Neben der Betrachtung des Ist-Zustands werden nachfolgend auch Prognoserechnungen zum Klimawandel dargestellt.

Klimamodell

Mehr zum Thema

Klimaanalyse. Klimaanalysekarten, Planhinweiskarten, Szenarienkarten. Kanton Zürich Baudirektion

Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich. GEO-NET

Mit dem Klimamodell FITNAH 3D wurden verschiedene meteorologische Parameter für eine windschwache, austauscharme, sommerliche Wettersituation simuliert. Diese sommerliche Hitzesituation wird wegen ihrer belastenden Wirkung auf die Gesundheit des Menschen unter besonderer Beachtung von Älteren, Kranken und Kindern zur Beurteilung der bioklimatischen Situation herangezogen. Unter diesen meteorologischen Rahmenbedingungen können nächtliche Kaltluftströmungen aus dem Umland und aus innerstädtischen Grünflächen zum Abbau der Belastung beitragen. Die Ergebnisse wurden an zwei Messstationen (an der Stampfenbachstrasse in Zürich und an der Dietlikonerstrasse in Wallisellen) abgeglichen und zeigen eine gute Übereinstimmung. Die verwendeten Modelleingangsdaten zur Flächennutzung entsprechen dem Datenstand von Juni 2016. Bei der Klimaanalyse des Kantons Zürich sind wegen fehlender Grundlagen keine baulichen Verdichtungsszenarien in die Prognoserechnungen zum Klimawandel eingeflossen.

Ergebnisse der Klimaanalyse

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz und damit an die Erwärmung und Entwärmung eines Standorts gekoppelt und zeigt in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Die Abkühlung ist kurz nach Sonnenaufgang am stärksten ausgeprägt. Das ist darauf zurückzuführen, dass zu diesem Zeitpunkt der Energieverlust durch die nächtliche Ausstrahlung zunächst nachwirkt, bis er von der aufgehenden Sonne wieder kompensiert wird.

Das sich um 4 Uhr morgens einstellende Temperaturfeld im Untersuchungsraum umfasst mit einem Minimalwert von 11,2 °C und einem Maximalwert von bis zu 20,9 °C eine Spannweite von etwa 10 °C (Abb. 8). Die mittlere Temperatur über alle Nutzungsstrukturen innerhalb des Zürcher Stadtgebiets liegt bei den zugrunde liegenden meteorologischen Rahmenbedingungen bei 17,7 °C. Innerhalb der bebauten Gebiete ist die Temperaturverteilung räumlich differenziert, da Areale mit Einzelhausbebauung, Kernbebauung und Verkehrsanlagen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften und damit unterschiedliche Wärmespeichervermögen aufweisen.

Im Rahmen der durchgeführten Klimamodellierung weisen die Zürcher Innenstadt sowie grössere Gewerbeflächen die höchsten

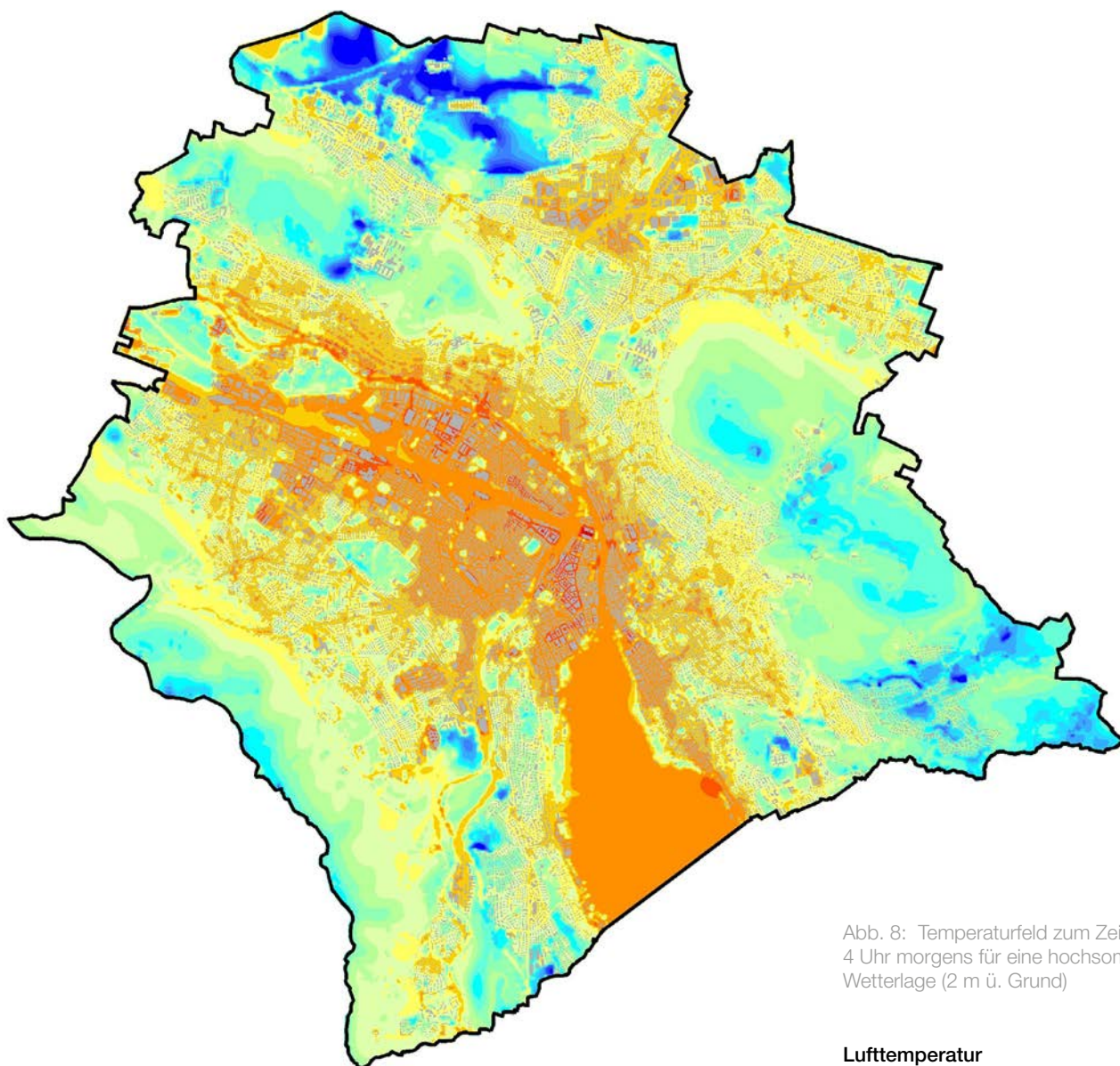


Abb. 8: Temperaturfeld zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens für eine hochsommerliche Wetterlage (2 m ü. Grund)

Lufttemperatur
[°C, 4 Uhr, 2 m ü. Grund]

■	≤ 13
■	> 13,0–13,5
■	> 13,5–14,0
■	> 14,0–14,5
■	> 14,5–15,0
■	> 15,0–15,5
■	> 15,5–16,0
■	> 16,0–16,5
■	> 16,5–17,0
■	> 17,0–17,5
■	> 17,5–18,0
■	> 18,0–18,5
■	> 18,5–19,0
■	> 19,0–19,5
■	> 19,5–20,0
■	> 20,0–20,5
■	> 20,5–21,0

Temperaturen von mehr als 20 °C auf, was mit dem hohen Bauvolumen und der hohen Oberflächenversiegelung zu erklären ist (Abb. 8). Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser zeichnet sich der Zürichsee deutlich im Temperaturfeld ab. Da hier die Lufttemperaturen im Sommer tagsüber niedriger und nachts höher sind als in der Umgebung, wirken grössere Gewässer auf bebaute Flächen tagsüber klimatisch ausgleichend, während sie nachts die Abkühlung mindern.

Zur Peripherie hin nehmen sowohl die Bebauungsdichte als auch die Lufttemperatur tendenziell ab, was sich deutlich im Temperaturfeld zeigt. In durchgrüntem Siedlungsbereichen, wie etwa im Quartier Fluntern, sind Werte zwischen 17 und 18 °C zu beobachten. Im Bereich grösserer Grün- und Freiflächen gehen die Temperaturen lokal noch weiter zurück, lokale Kaltluftabflüsse können hier eine zusätzliche Entwärmung bewirken.

Bodennahes Kaltluftströmungsfeld
[Wind m/s, 4 Uhr, 2 m ü. Grund]

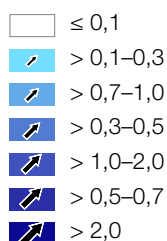
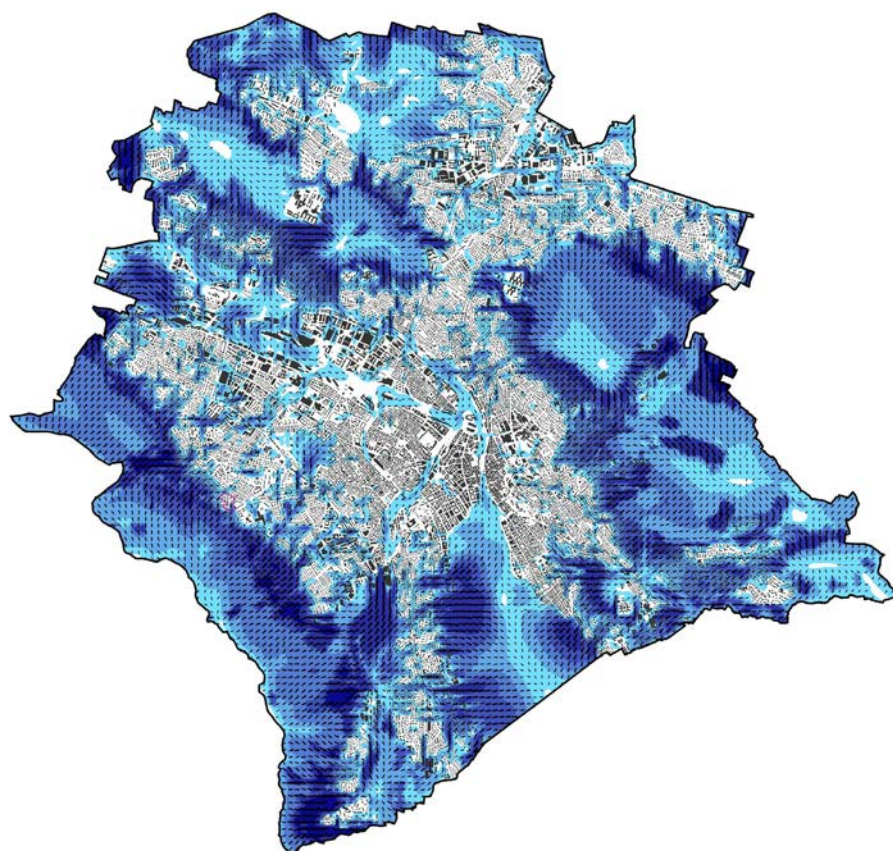


Abb. 9: Bodennahe Windgeschwindigkeit für eine hochsommerliche Wetterlage



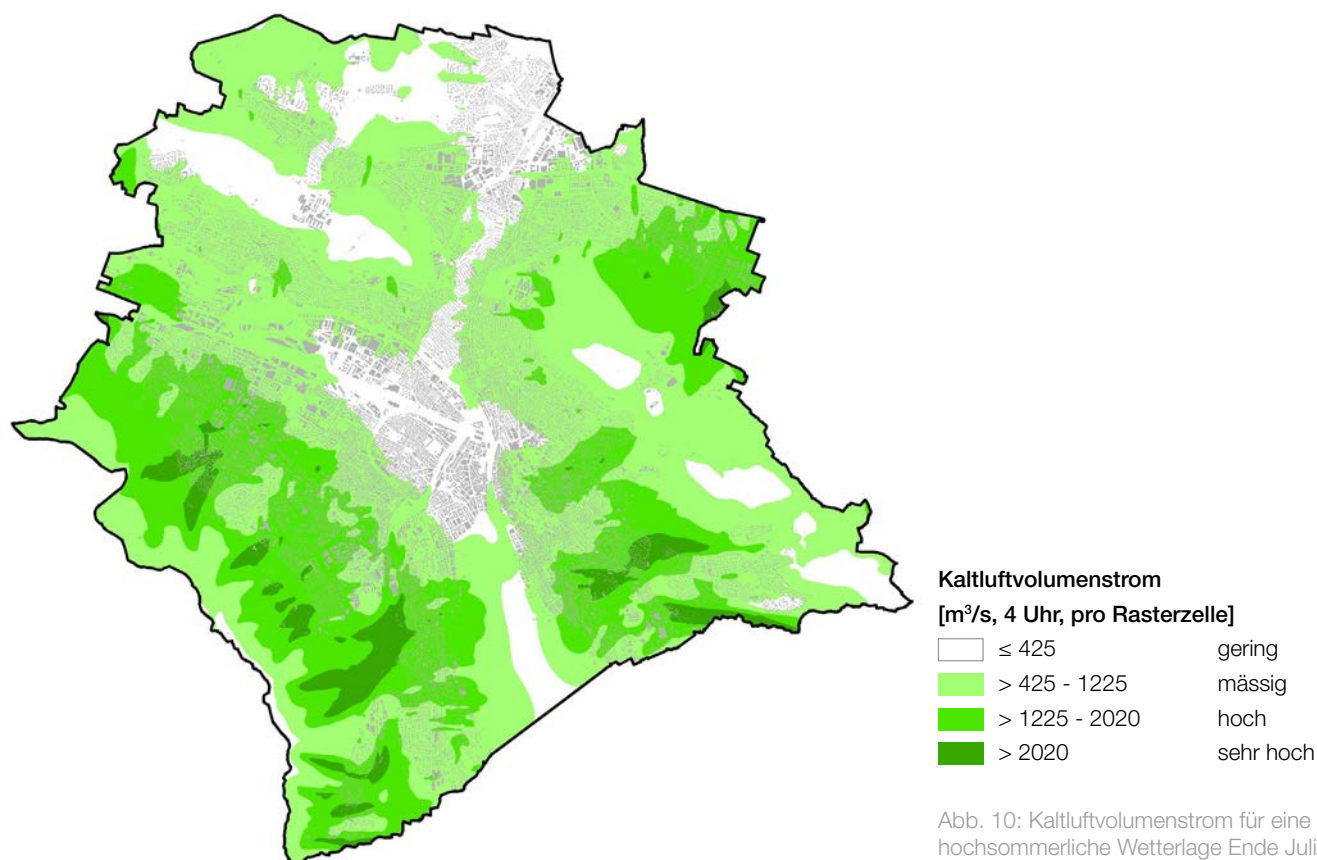
Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser lokaler thermischer Windsysteme sind (Kap. 2.5). Ausgangspunkt dieses Prozesses sind nächtliche Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen ereignen (Kap. 2.1).

Nächtliche Kaltluftentstehung

An den Hangbereichen setzt sich abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung der tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung. Diese Winde werden als Talabwinde und Hangabwinde bezeichnet. Neben den durch die Geländeform bedingten Kaltluftabflüssen bilden sich in ebener Lage sogenannte Flur- und Binnenwinde aus. Es handelt sich um direkte Ausgleichsströmungen zwischen den kühlen Grün- und Freiflächen und den deutlich wärmeren Siedlungsflächen.

Bodennahes Kaltluftströmungsfeld

Die Kaltluftströmungen tragen direkt zur Kaltluftversorgung der angrenzenden Siedlungsflächen bei. Die in Abbildung 9 dargestellte bodennahe Windgeschwindigkeit bezieht sich auf den Aufenthaltsbereich des Menschen 2 m über Grund. Da die Kaltluftströmung in Bodennähe stark durch Bebauung beeinflusst wird, ist dieser Parameter als empfindliche Komponente anzusehen. Der Kaltluftvolumenstrom kann durch eine ausgeprägte Bebauung insoweit beeinträchtigt werden, als er im Überdachniveau zwar noch existiert, im bodennahen Bereich aber nicht mehr wirksam ist. Im Einflussbereich stärkerer Kaltluftabflüsse klingt die Hinderniswirkung von Gebäuden allmählich ab, sodass auf der vom Wind abgewandten



Seite der Kaltluftstrom wieder in den bodennahen Bereich eingreift. Ganz grob kann der gebäudebedingte Einfluss mit dem Zehnfachen der Hindernishöhe abgeschätzt werden. So ist – abhängig von den lokalen Gegebenheiten – auf der von der Kaltluftströmung abgewandten Seite (Lee) eines 10 m hohen Gebäudes noch in etwa 100 m Entfernung eine Wirkung zu erwarten. Auf gesamtstädtischer Ebene zeigt sich die bedeutende Rolle grösserer Grünzüge, da sie die Kaltluft als Leitbahnen in die Bebauung heranführen können.

Weil die klimatische Wirksamkeit nächtlicher Kaltluft nicht allein aus der Geschwindigkeit resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil auch durch ihre Mächtigkeit (d. h. durch die Höhe der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird mit dem Kaltluftvolumenstrom ein weiterer Klimaparameter herangezogen (Abb. 10). Dieser beschreibt die Menge an Kaltluft, die beispielsweise über einen Hangbereich oder eine Leitbahn fliesst und somit auch in grösserer Höhe (z. B. auf Dachniveau) vorhanden sein kann. Zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens befindet sich etwa die Hälfte der Siedlungsfläche der Stadt Zürich im Einwirkungsbereich nächtlicher Kaltluft. Es zeigt sich, dass eine gering überbaute Einzel- und Reihenhausbauung besser durchströmt wird als eine Block- und Blockrandbebauung oder die verdichtete Zürcher Innenstadt. Überdurchschnittlich hohe Kaltluftvolumina entstehen vor allem durch Kaltluftabflüsse über Hangbereichen. Die vom Uetliberg ausgehenden Abflüsse wirken bis zu 2000 m in Richtung der Zürcher Innenstadt ein. Grünareale können als «grüne

Kaltluftvolumenstrom

Trittsteine» das Eindringen von Kaltluft in die Bebauung unterstützen und damit den klimatischen Einwirkungsbereich vergrössern. Eine hohe Bedeutung kommt dabei kleineren Park- und Brachflächen zu, sofern sie Entlastungswirkungen für die benachbarte Bebauung erzeugen können.

Physiologisch Äquivalente Temperatur am Tag (PET)

Neben den Parametern zum nächtlichen Kaltluftsystem wie die bodennahe Lufttemperatur und die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft wurde für die Tagsituation auch die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) berechnet. Sie kann als die tatsächlich wahrgenommene Umgebungstemperatur angesehen werden und je nach Umgebungsbedingungen deutlich höher ausfallen als die Lufttemperatur. Für die PET existiert eine absolute Bewertungsskala, die das Wärmeempfinden und die physiologischen Belastungsstufen beschreibt (z. B. starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; Tab. 1). Zum Zeitpunkt 14 Uhr zeigt sich, dass insbesondere in grösseren Waldbeständen eine mässige Wärmebelastung mit einer PET von 29 bis 32 °C zu beobachten ist. Aber auch in der Nähe von Baumgruppen auf innerstädtischen Grünflächen sowie entlang von Gewässern bestehen annehmbare Aufenthaltsbedingungen (grüne Farben; Abb. 11).

Tab. 1: Zuordnung von Schwellenwerten für PET während der Tagesstunden

PET	therm. Empfinden	physiologische Belastungsstufe
4 °C	sehr kalt	extreme Kältebelastung
8 °C	kalt	starke Kältebelastung
13 °C	kühl	mässige Kältebelastung
18 °C	leicht kühl	schwache Kältebelastung
20 °C	behaglich	keine Wärmebelastung
23 °C	leicht warm	schwache Wärmebelastg.
29 °C	warm	mässige Wärmebelastung
35 °C	heiss	starke Wärmebelastung
41 °C	sehr heiss	extreme Wärmebelastung

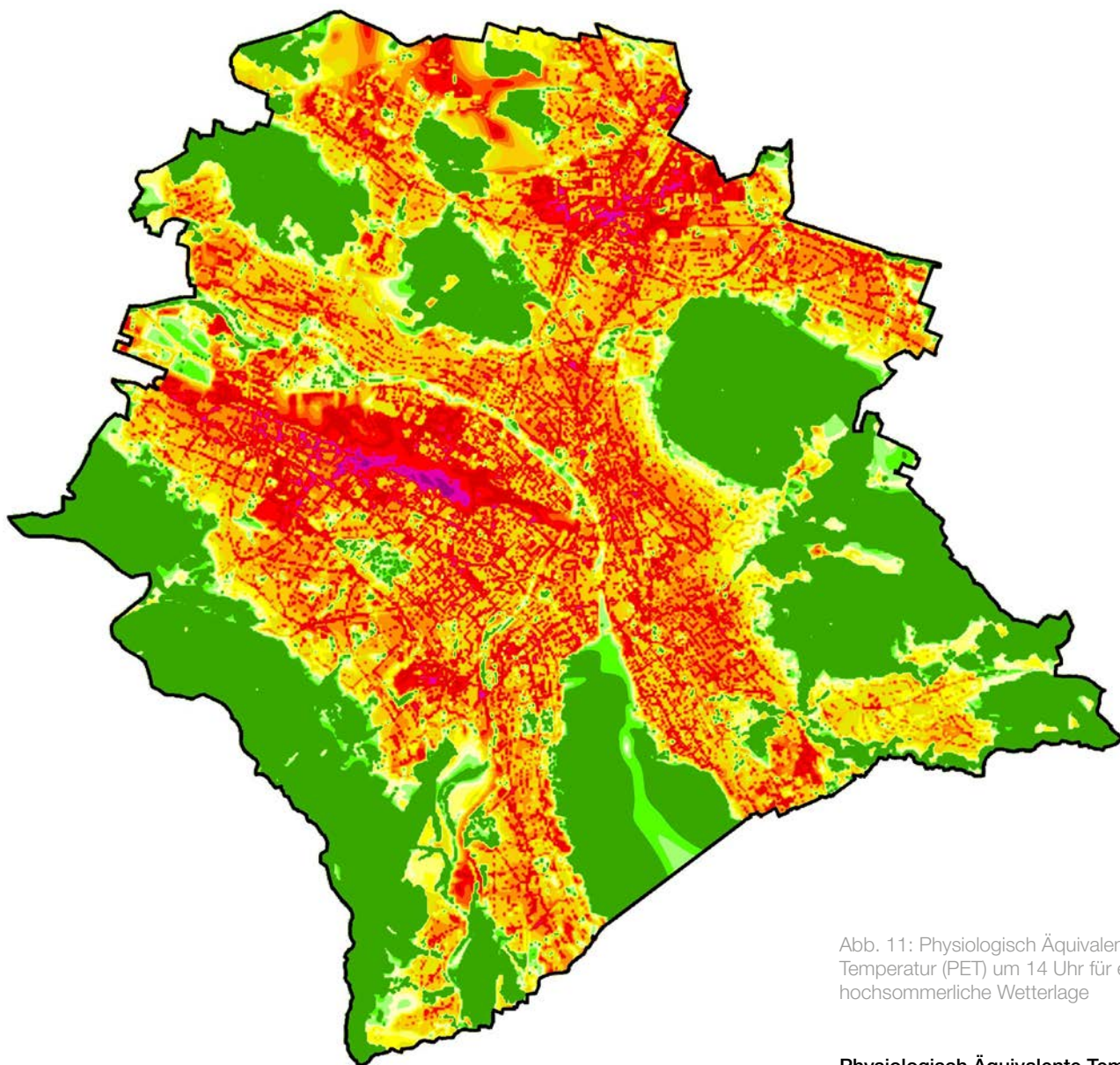
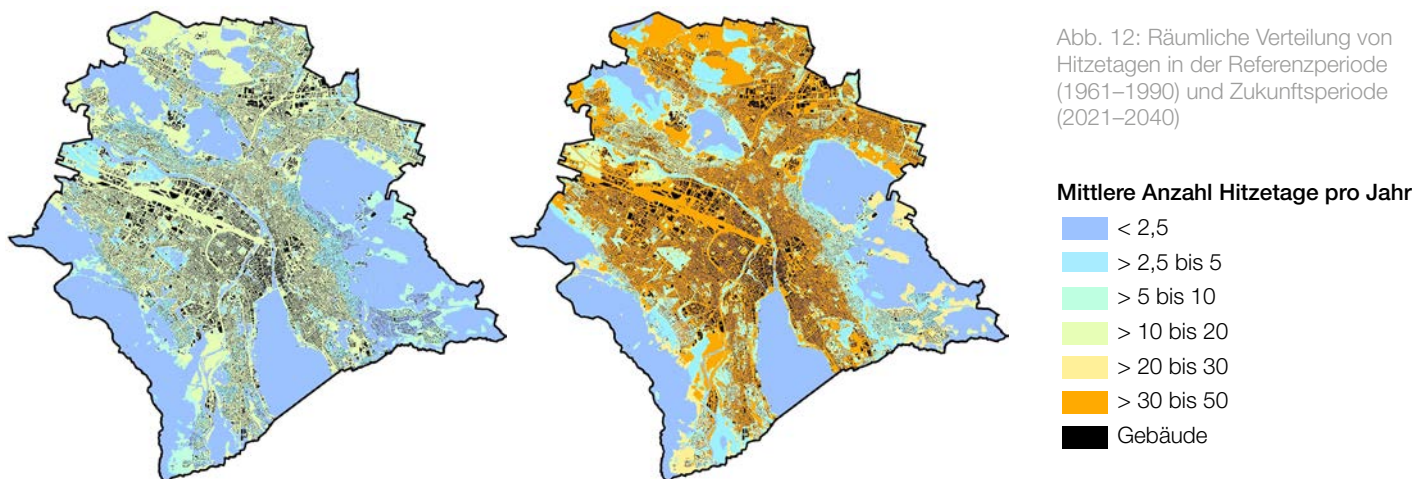


Abb. 11: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) um 14 Uhr für eine hochsommerliche Wetterlage

Dem stehen jene stark besonnten Areale gegenüber, in denen die Wärmebelastung mit einer PET von deutlich mehr als 35 °C als stark einzustufen ist (orange / rot). Die höchste Belastung tritt im Bereich des Güterbahnhofs und des Hardplatzes auf. Mit Bäumen beschattete Plätze wie der Lindenhof stellen wertvolle Aufenthaltsbereiche mit behaglichen Aufenthaltsbedingungen in einem ansonsten bioklimatisch eher ungünstigen Umfeld dar.

**Physiologisch Äquivalente Temperatur
PET [°C, 14 Uhr, 2 m ü. Grund]**

≤ 29
> 29–30
> 30–31
> 31–32
> 32–33
> 33–34
> 34–35
> 35–36
> 36–37
> 37–38
> 38–39
> 39–40
> 40–41
> 41–42
> 42–43



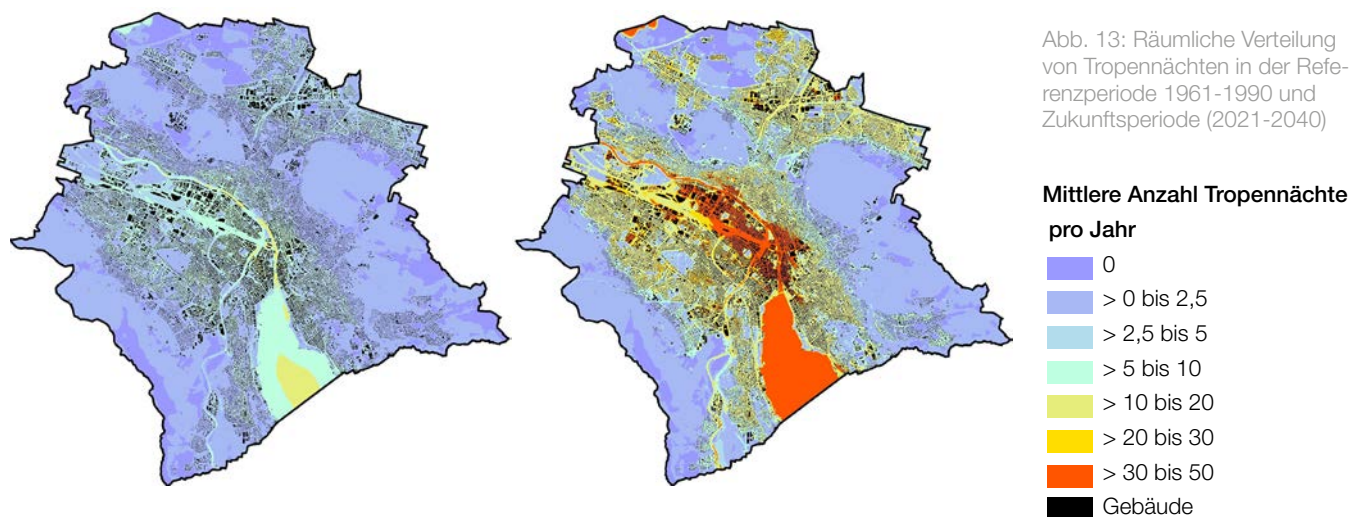
Modellierung von Klimawandelszenarien

Die Modellanalysen beziehen sich auf die sommerliche Wärmebelastung und stellen räumlich differenzierte Informationen zur zukünftigen Entwicklung der Auftretshäufigkeit ausgewählter klimatologischer Kenntage bereit. Im Allgemeinen wird unter einem klimatologischen Kenntag ein Tag verstanden, an dem ein definierter Schwellenwert einer meteorologischen Grösse (z. B. der Lufttemperatur) über- oder unterschritten wird. Die bioklimatische Situation in den Sommermonaten kann über verschiedene meteorologische Parameter sowohl für die Tag- als auch die Nachtsituation ausgedrückt werden. Ausgewertet wurden jeweils die durchschnittlichen jährlichen Auftretshäufigkeiten innerhalb 30-jähriger Zeiträume für die bioklimatischen Kenngrössen Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$).

Aus dem Vergleich mit den Daten für die aktuelle Klimanormalperiode (1961–1990) kann das zu erwartende Ausmass des Stadtklimawandels in Zürich räumlich hochaufgelöst analysiert werden. Diese begrenzt einen Zeitraum der Klimabeobachtung, der von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) auf dreissig Jahre festgelegt wurde. Referenzzeitspanne ist die Periode von 1961 bis 1990. Die aktuelle Normperiode (1991–2020) ist noch nicht beendet und kann daher (noch) nicht verwendet werden. Um die zukünftige Entwicklung der Intensität der Wärmebelastung für die Stadt Zürich räumlich differenziert abbilden zu können, werden vier langjährige Zeiträume bis zum Ende des 21. Jahrhunderts miteinander verglichen. Betrachtungsraum ist dabei der freie, nicht von Gebäuden bestandene Raum (Bodenbedeckung, Stand Juni 2016).

Hitzetage

Die räumliche Verteilung von Hitzetagen zeigt eine Abhängigkeit von der baulichen Dichte. In der Referenzperiode 1961–1990 treten in einem Grossteil der Zürcher Bebauung bis zu 20 Hitzetage im Jahr auf. Weniger als 10 Hitzetage ereignen sich hingegen in den stärker



durchgrünt und weniger überwärmten Stadttypologien wie in Fluntern. Waldflächen weisen generell die niedrigste Anzahl auf. In der Zukunftsperiode 2021–2040 steigt die Anzahl der Hitzetage auf bis zu 44 in der Zürcher Kernstadt an, während in den äusseren und stark durchgrünt Stadtquartieren meist weniger als 20 Tage im Jahr auftreten. Über dem unverschatteten Freiland tritt eine ähnlich hohe Anzahl an Hitzetagen auf wie in den stärker bebauten Siedlungsräumen. Insgesamt bewirkt die Zunahme der Anzahl Hitzetage für die Bevölkerung in der Stadt Zürich eine steigende bioklimatische Belastung im Alltag.

In der Referenzperiode 1961 bis 1990 treten in der Kernstadt bis zu 20 Tropennächte pro Jahr auf. In den aufgelockerten peripheren Siedlungsflächen wie Wipkingen oder Fluntern treten selten mehr als fünf Tropennächte im Jahr auf. Während über Ackerflächen gar keine Tropennächte in Erscheinung treten, weisen Waldflächen in der Referenzperiode ein bis zwei Tropennächte pro Jahr auf. Dies liegt an der Hinderniswirkung des Kronendachs der Bäume. Das Kronendach verhindert in der Nacht das vollständige Auskühlen der Luftschicht zwischen Boden und Blattwerk in Richtung der Atmosphäre, anders als auf einer freien Ackerfläche. Durch den Klimawandel nimmt die Anzahl Tropennächte insgesamt zu. Für bereits belastete Gebiete werden höhere Zunahmen prognostiziert, sodass die Intensität der Belastung in diesen überproportional steigt. Weniger intensiv weitet sich das regelmässige Auftreten von Tropennächten auf die äusseren Stadtquartiere aus. Während in der Kernstadt in der Zukunftsperiode 2021 bis 2040 bis zu 50 Tropennächte im Jahr zu erwarten sind, verbleibt die Anzahl Tropennächte in den peripheren Hangsiedlungen unter 10 Nächten pro Jahr. Die zunehmende Anzahl Tropennächte birgt gesundheitliche Risiken für die Bevölkerung, da diese sich in der Nacht weniger gezielt gegen die Hitze schützen kann.

Tropennächte

Abb. 14: Planhinweiskarte des Kantons Zürich zur Tagsituation

Aufenthaltsqualität von

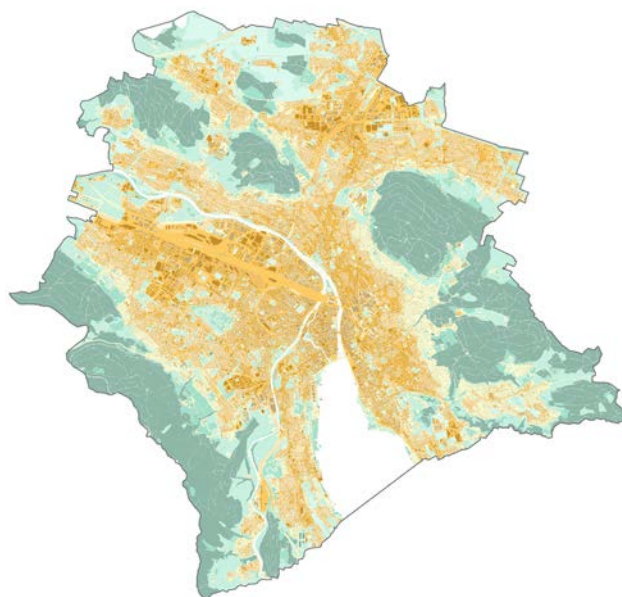
Grünflächen, 14 Uhr

- sehr gering
- gering
- mässig
- hoch

Wärmebelastung PET im

Siedlungsraum, 14 Uhr

- keine
- schwach
- mässig
- stark
- sehr stark
- extrem



Planhinweiskarten des Kantons Zürich

Mit den Planhinweiskarten kann die stadtklimatische Situation im Hinblick auf anwohnende und arbeitende Menschen für die Tag- und Nachtsituation beurteilt werden. Sie beinhalten eine Bewertung der bioklimatischen Belastung in den Siedlungsräumen sowie der Grünflächen hinsichtlich ihrer Funktion als Ausgleichsraum. Aus der Bewertung werden allgemeine Planungshinweise abgeleitet. Diese geben Auskunft über die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. In Abhängigkeit von Belastung und Bedeutung beschreiben die Planungshinweise Handlungsbedarf von «Zustand erhalten» über «Verbesserung empfohlen» bis «Verbesserung notwendig».

Planhinweiskarte zur Tagsituation

Die Planhinweiskarte zur Tagsituation legt die Wärmebelastung (PET, 4 Uhr) im Siedlungsraum und die Aufenthaltsqualität von Grünflächen dar. Daraus lassen sich die thermische Belastung und ihre Wirkung auf den Aufenthalt im Freien bestimmen.

In Bezug auf die thermische Belastung reicht die sechsstufige Bewertungsskala von «keine Wärmebelastung» bis zu «extreme Wärmebelastung». Bei bioklimatisch günstigen Bedingungen sind diese zu erhalten. Bei extremer Wärmebelastung sind Massnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig und prioritär. Extrem belastet sind Strassen, Wege und Plätze sowie Baufelder mit hohem Versiegelungsgrad. Mit Bäumen bestandene Flächen oder durch Gebäude stark verschattete Bereiche weisen mässig bis starke thermische Belastungen auf.

Hinsichtlich des Aufenthalts im Freien ist die Bewertungsskala vierstufig und erstreckt sich von «sehr geringe Aufenthaltsqualität» bis «hohe Aufenthaltsqualität». Je geringer die Aufenthaltsqualität, desto eher sollten verschattende Vegetationselemente entwickelt werden. Grünflächen, wie z. B. Waldflächen oder Parkanlagen mit ausgeprägtem Baumbestand, weisen aufgrund geringer Wärmebelastung eine hohe Aufenthaltsqualität auf. Landwirtschaftlich

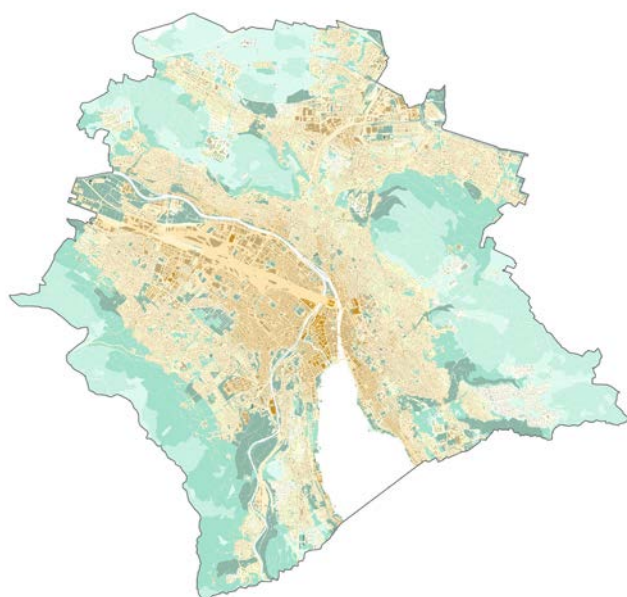


Abb. 15: Planhinweiskarte des Kantons Zürich zur Nachtsituation

Bioklimatische Bedeutung von Grünflächen, 4 Uhr

- sehr gering
- gering
- mässig
- hoch

Überwärmung im Siedlungsraum, 4 Uhr

- keine
- schwach
- mässig
- hoch
- sehr hoch

genutzte Flächen bieten tagsüber aufgrund der meist ungehinderten Einstrahlung nur eine geringe Aufenthaltsqualität.

Die Planhinweiskarte zur Nachtsituation zeigt die Überwärmung (Lufttemperatur, 4 Uhr morgens) im Siedlungsraum und die bioklimatische Bedeutung von Grünflächen. In der Nacht steht der Luftaustausch im Fokus, der erholsamen Schlaf ermöglicht und indirekt die Tagsituation beeinflusst (Kap. 2.1).

Die fünf Bewertungskategorien umfassen eine Spanne von «keine Überwärmung» bis «sehr hohe Überwärmung». Ist keine oder nur eine schwache Überwärmung vorhanden, so ist das bestehende Bioklima zu sichern und Vegetationsanteile sind zu erhalten. Ab mässiger Überwärmung sollten die Baukörperstellung beachtet, Freiflächen erhalten und nach Möglichkeit eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden. Eine hohe bis sehr hohe Überwärmung in der Nacht weisen aufgrund des hohen Versiegelungsgrads in Verbindung mit einer unzureichenden Durchlüftung die Kernstadt, grössere Gewerbeflächen, Blockrandbebauungen sowie Strassen und Plätze auf.

Die Bewertung der bioklimatischen Bedeutung von Grünflächen berücksichtigt deren Lage und Kaltluftliefervermögen. Eine hohe bis sehr hohe bioklimatische Bedeutung weisen Grünflächen auf, die für den Siedlungsraum einen Ausgleichsraum darstellen. Grünflächen, die derzeit keine solche Funktion erfüllen, sind entsprechend von geringer bioklimatischer Bedeutung. Im Falle einer zusätzlichen Bebauung im Bereich dieser Flächen kann sich deren Funktion und Bedeutung ändern. Die vierstufige Bewertungsskala der Grünflächen reicht von «geringe Bedeutung» bis «sehr hohe Bedeutung». Je höher der klimaökologische Stellenwert der Grünflächen, umso eher ist auf die Durchströmbarkeit einer angrenzenden Bebauung und auf die Vernetzung mit benachbarten Grünflächen zu achten.

Planhinweiskarte zur Nachtsituation

Mehr zum Thema

Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich

- Bioklimatisch belastete Siedlungsgebiete in der Nacht und abgeleitete Planungshinweise
- Bioklimatisch belastete Siedlungsgebiete am Tag und abgeleitete Planungshinweise

2.3 Stadt- und Freiraumstruktur

Ansatz und Vorgehensweise

Als Arbeitsgrundlage für die Fachplanung Hitzeminderung wird das gesamte Zürcher Stadtgebiet in Stadtstruktur- und Freiraumkategorien aufgeschlüsselt, die wiederum detaillierter in Stadt- und Freiraumstrukturtypen eingeteilt werden können. Diese Strukturtypen fungieren als Bezugsraum für die Belastungs- und Betroffenheitsinformationen in der Vulnerabilitätsanalyse (Kap.2.4). Sie dienen des Weiteren als Grundlage für gesamtstädtische Analysen und Konzeptansätze, als Modellierungsgebiete für Wirkungsanalysen zu verschiedenen Handlungsansätzen sowie als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Teilpläne. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Wirkungsanalysen zu den verschiedenen Modellierungsgebieten auf Gebiete mit ähnlichen Strukturen, Eigenschaften und Rahmenbedingungen übertragen lassen.

Stadtstruktur: Kategorien und Typen

Die Kategorien der Stadtstruktur werden in enger Abstimmung mit den «Siedlungsstrukturen» des kommunalen Richtplans SLöBA gebildet. Sie umfassen Kategorien des «kompakten» (Abb. 16, Kategorien 1 bis 4) sowie des «durchgrünten Stadtkörpers» (Kategorien 5 und 6). Insgesamt fünfzehn ausdifferenzierte Stadtstrukturtypen lassen sich den Kategorien zuordnen (vgl. Legende zu Abb. 17). Einen Sonderfall bilden die institutionellen Einrichtungen, die unterschiedliche Funktionen aufweisen können. Stadtstrukturtypen sind generalisiert und nicht parzellenscharf erfasst.

Die Analyse der Stadtstruktur basiert auf Daten von 2016 und ist damit mit der Klimaanalyse des Kantons Zürich (Kap. 2.2) kompatibel. Der Strukturtyp kann sich im Rahmen der baulichen Entwicklung ändern.

Siedlungsstrukturen

Abb. 16: Die sechs Siedlungsstrukturen des kommunalen Richtplans SLöBA



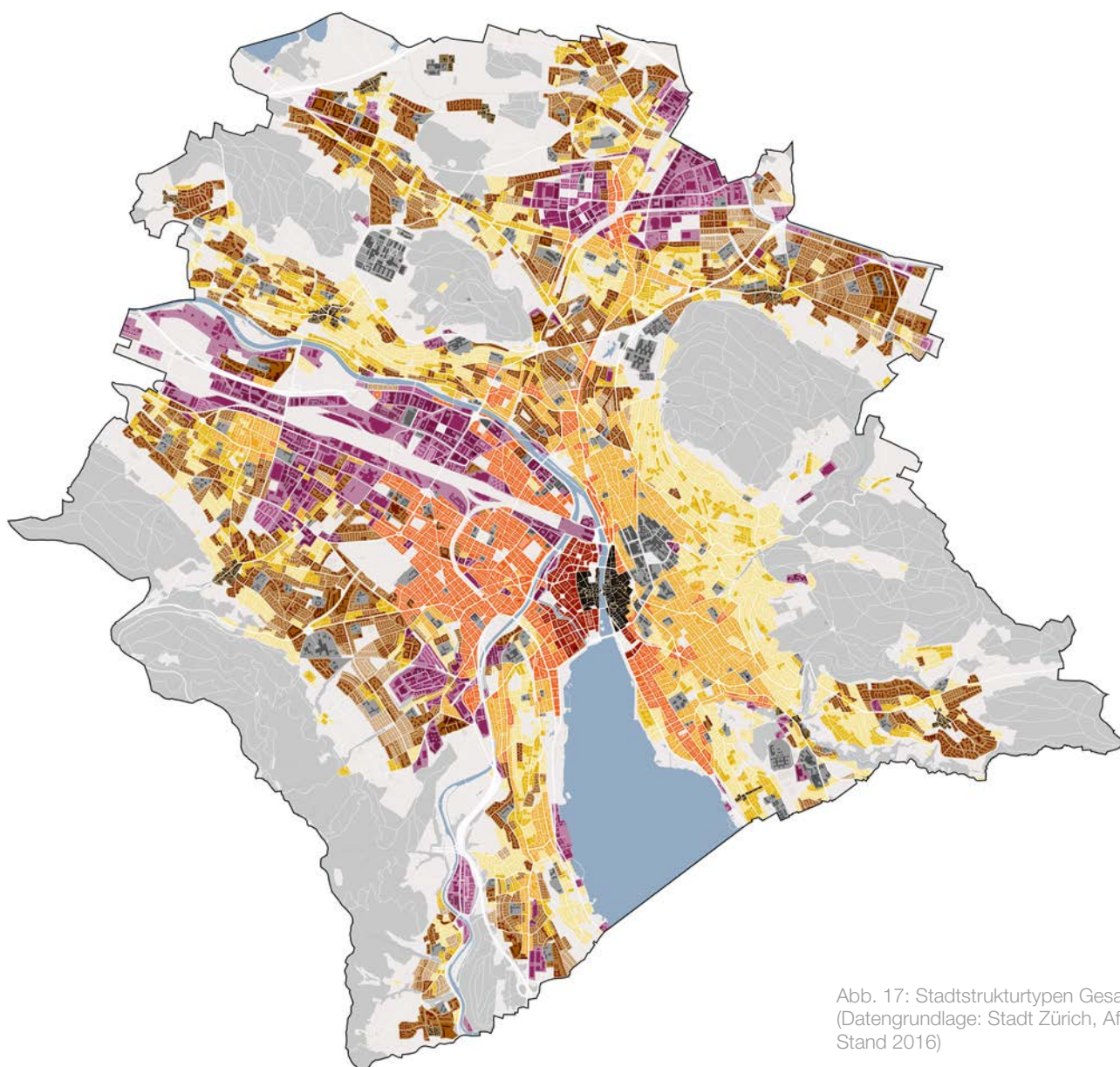


Abb. 17: Stadtstrukturtypen Gesamtstadt
(Datengrundlage: Stadt Zürich, AfS,
Stand 2016)

1 Historische Kerne

- 1.1 historische Altstadt
- 1.2 Dorfkern

2 Heterogene Gebiete

- 2.1 Büro / Verwaltung
- 2.2 Gewerbe / Industrie
- 2.3 Mischgebiet Wohnen

3 Urbane Kerngebiete

- 3.1 Kernblock
- 3.2 geschlossene Randbebauung

4 Urbane Wohnstadt

- 4.1 offene Randbebauung

5 Grüne Wohnstadt

- 5.1 Wohnsiedlung höherer Dichte
- 5.2 Wohnsiedlung mittlerer Dichte
- 5.3 Zeilenbebauung
- 5.4 Reihenhäuser

6 Kleinteilige Wohngebiete

- 6.1 heterogener Geschosswohnungsbau
- 6.2 Ein- / Mehrfamilienhäuser

7 Institutionelle Einrichtung

- Schule, Universität, Spital, Alters- und Pflegezentrum, Gemeinschaftszentrum

Freiräume

- Waldflächen
- Gewässer
- Platz- und Strassenräume
- sonstige Freiräume

Freiraumstruktur: Kategorien

Analog zur Stadtstruktur wird auch die Freiraumstruktur in Kategorien eingeteilt. Die Freiraumkategorien stehen in Beziehung zu unterschiedlichen Planungskonzepten der Stadt Zürich, wie etwa dem Freiraumkonzept und der Freiraumversorgung.

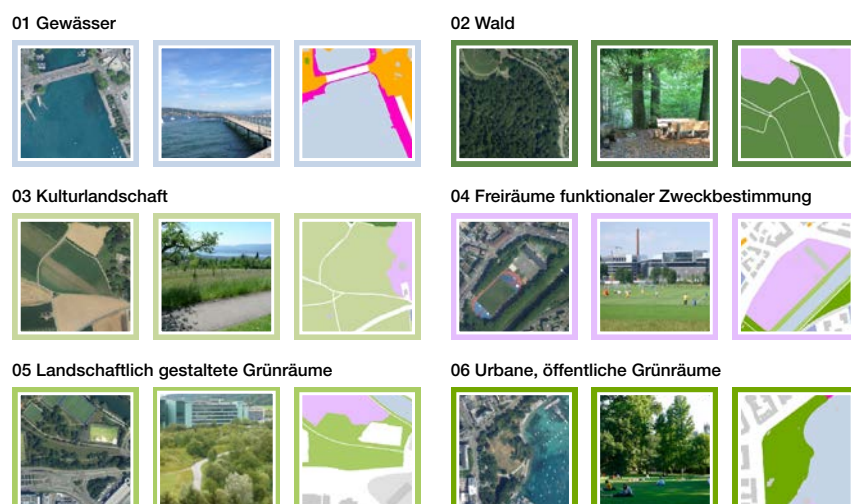
Die Freiraumkategorien (Abb. 18 und 19) bilden den Ausgangspunkt bei der Erarbeitung des Entlastungssystems und sind Basis für den entsprechenden Teilplan. Dort übernehmen sie die Trägerschaft für spezifische Pakete von Handlungsansätzen, die als Baukastensystem eingesetzt werden können.

Die elf Freiraumkategorien reichen von Gewässern über Grünräume bis hin zu Platz- oder Strassenräumen. Eine Sonderrolle nehmen auch hier die institutionellen Einrichtungen ein, die neben ihrer Zugehörigkeit zu den Stadtstrukturen auch Freiraumanteile aufweisen und damit zu einem eigenständigen Strukturtyp werden. Jeder Freiraum weist eine bestimmte klimaökologische Ausstattung auf, die individuell ausgeprägt ist.

Die Analyse der Freiraumstruktur basiert auf Daten von 2016 und ist damit mit der Klimaanalyse des Kantons Zürich (Kap. 2.2) kompatibel. Die Freiraumkategorien können sich aufgrund von Planungsvorhaben ändern.

Freiraumkategorien

Abb. 18: Die elf übergeordnete Freiraumkategorien



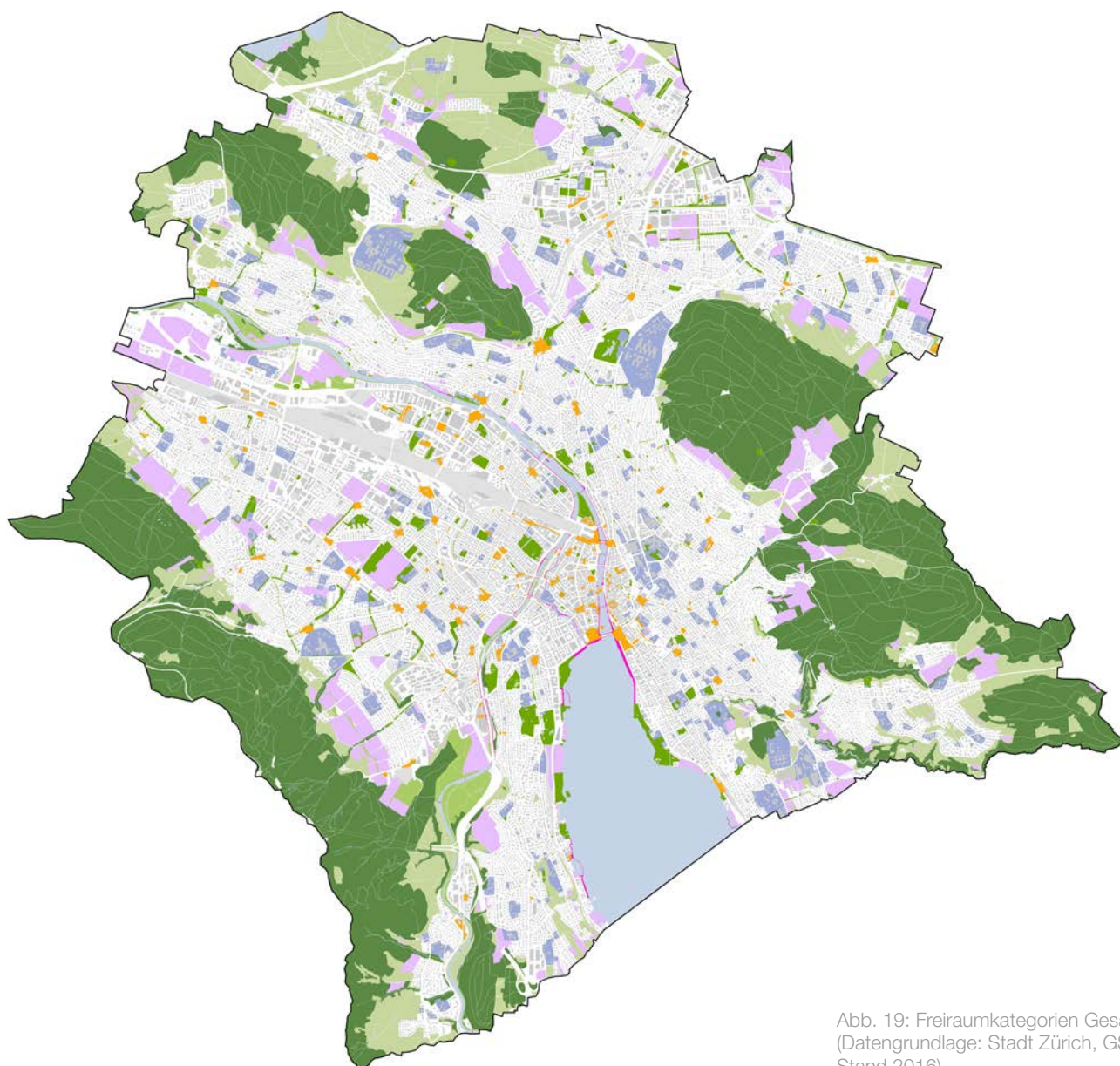


Abb. 19: Freiraumkategorien Gesamtstadt
(Datengrundlage: Stadt Zürich, GSZ,
Stand 2016)

07 Institutionelle Freiräume



09 Fussgängerräume



11 Bahnflächen / sonstige Flächen



08 Platzräume



10 Strassenräume



Freiraumkategorien

- 01 Gewässer
- 02 Wald
- 03 Kulturlandschaft
- 04 Freiräume funktionaler Zweckbestimmung
- 05 Landschaftlich gestaltete Grünräume
- 06 Urbane, öffentliche Grünräume
- 07 Institutionelle Freiräume
- 08 Platzräume
- 09 Fussgängerräume
- 10 Strassenräume
- 11 Bahnflächen / sonstige Flächen

2.4 Expositions-, Vulnerabilitätsanalyse und Handlungsbedarf

Ermittlung des Handlungsbedarfs

Mit Bezug zur Wärmebelastung wird mittels einer Expositions- und Vulnerabilitätsanalyse der Handlungsbedarf räumlich und zeitlich konkretisiert.

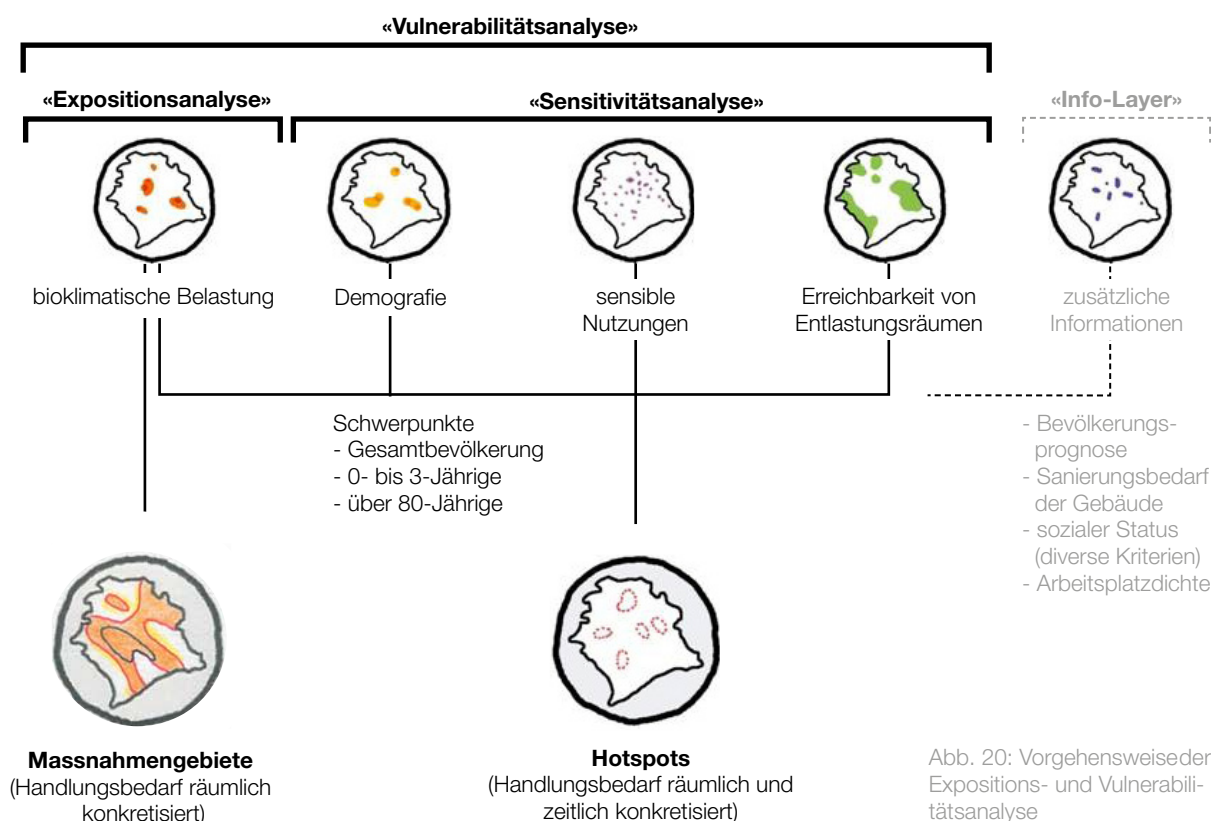


Abb. 20: Vorgehensweise der Expositions- und Vulnerabilitätsanalyse

Expositionsanalyse

Die Expositionsanalyse («einer Wirkung ausgesetzt sein») überführt die Ergebnisse der Klimaanalyse zur Wärmebelastung am Tag und zur Überwärmung in der Nacht als Leitkriterien in Karten und zeigt den Handlungsbedarf räumlich differenziert auf. Für die Ableitung des räumlichen Handlungsbedarfs sind insbesondere die Planhinweiskarten und die zugehörigen Planungshinweise des Kantons Zürich von Bedeutung (Kap. 2.2).

Für eine pragmatische Anwendung werden die Kategorien aus den Planhinweiskarten des Kantons wie folgt zusammengefasst:

- Gebiete, in denen Handlungsansätze zur Verbesserung der bioklimatischen Situation notwendig sind (Planhinweiskarte Tag: Wärmebelastung «stark», «sehr stark», «extrem» sowie Planhinweiskarte Nacht: Überwärmung «hoch», «sehr hoch»)
- Gebiete, in denen Handlungsansätze zur Erhaltung oder Verbes-

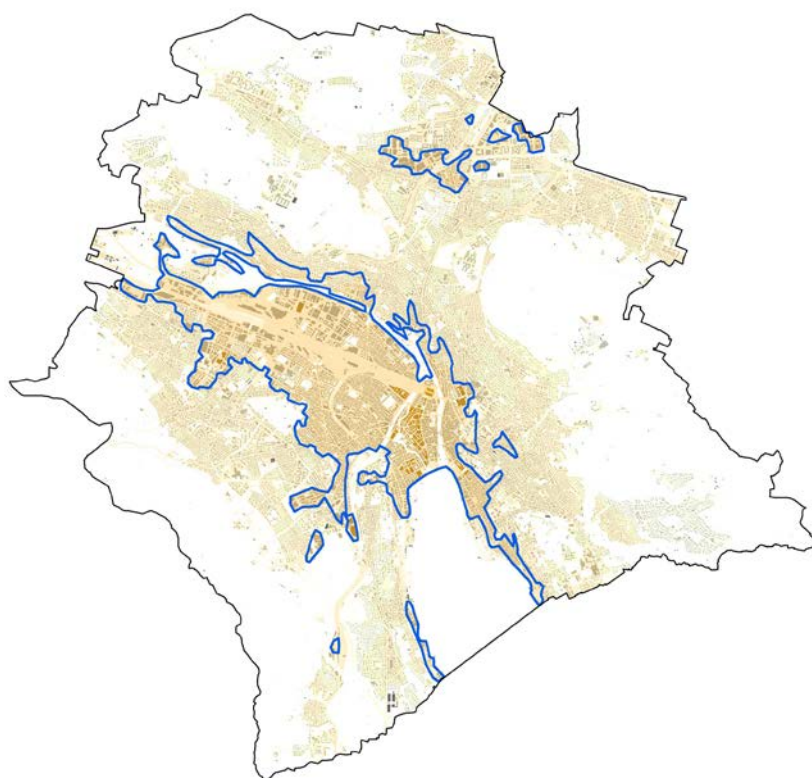


Abb. 21: Bioklimatische Belastung nachts – bodennahe Lufttemperatur 4 Uhr (gemäss Planhinweiskarte und Planungshinweisen des Kantons Zürich)

Überwärmung im Siedlungsraum, 4 Uhr

keine	Erhaltung oder Verbesserung der bioklimatischen Situation empfohlen
schwach	
mässig	
hoch	Verbesserung der bioklimatischen Situation notwendig
sehr hoch	

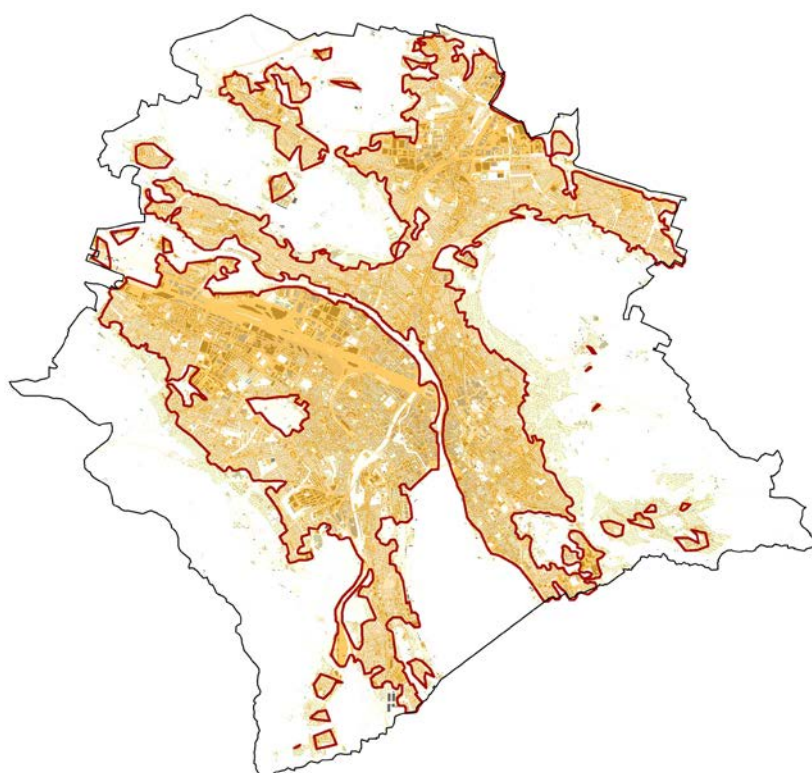


Abb. 22: Bioklimatische Belastung tagsüber – PET 14 Uhr (gemäss Planhinweiskarte und Planungshinweisen des Kantons Zürich)

Wärmebelastung PET im Siedlungsraum, 14 Uhr

keine	Erhaltung oder Verbesserung der bioklimatischen Situation empfohlen
schwach	
mässig	
stark	Verbesserung der bioklimatischen Situation notwendig
sehr stark	
extrem	

serung der bioklimatischen Situation empfohlen sind (Planhinweiskarte Tag: Wärmebelastung «nicht vorhanden», «schwach», «mässig» sowie Planhinweiskarte Nacht: Überwärmung «keine», «schwach», «mässig»).

Wie die Abbildungen 21 und 22 (S. 41) zeigen, überlagern sich die Gebiete, in denen Massnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag und in der Nacht notwendig sind. Die Schnittmenge entspricht dem Massnahmengebiet 1. Gebiete, in denen Massnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation vornehmlich am Tag notwendig sind, entsprechen dem Massnahmengebiet 2. Im Massnahmengebiet 3, welches das restliche Siedlungsgebiet umfasst, sind Massnahmen zur Erhaltung oder Verbesserung der Situation empfohlen. In Abbildung 28 (Kap. 3.1, S. 53) sind die Massnahmengebiete dargestellt.

Vulnerabilitätsanalyse (Hotspots)

Die Vulnerabilitätsanalyse dient dazu, diejenigen Bereiche in Zürich zu identifizieren, in denen die Wärmebelastung und die Empfindlichkeit der Bevölkerung besonders hoch sind sowie die Umsetzung hitzemindernder Ansätze zeitlich prioritär ist, um den Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten. Ergänzend zur Expositionsanalyse erfolgt daher eine Sensitivitätsanalyse.

Sensitivitätsanalyse

Wärmebelastung stellt vor allem dann ein Problem dar, wenn Lebensräume von Menschen beeinträchtigt werden. In der Sensitivitätsanalyse werden folgende Kriterien berücksichtigt (Bevölkerungsdaten basierend auf Grundlagen von Statistik Zürich, 2016):

- Die Bevölkerungsdichte dient als Indikator für besonders hohe Bedarfe an Hitzeminderung und Entlastung. Bereiche mit überdurchschnittlich vielen Einwohnern (ab 100 Einwohnern pro Hektar) werden berücksichtigt.
- die überdurchschnittlichen Einwohnerzahlen der besonders jungen (0- bis 3-Jährige) und der älteren Bevölkerung (über 80-Jährige), da sie in besonderem Mass durch Wärmebelastung betroffen sind (ab jeweils 7–8 jungen / alten Einwohnern pro Hektar)
- Kindergärten, Schulen, Alters- und Pflegezentren sowie Spitäler werden als sensible Nutzungen besonders berücksichtigt.
- Defiziträume hinsichtlich der Erreichbarkeit geeigneter Entlastungsflächen sind diejenigen Bereiche, von denen aus in einer vertretbaren Distanz von maximal 400 m kein geeigneter Entlastungsraum erreicht werden kann.

Als ergänzende Info-Layer fließen Informationen zur Arbeitsplatzdichte, zum Sanierungsbedarf der Gebäude sowie zur Sozialstruktur der Stadtbevölkerung Zürichs mit in die Vulnerabilitätsanalyse ein.

Info-Layer

Die verschiedenen Kriterien aus der Expositions- und Sensitivitätsanalyse werden gleichwertig gewichtet und räumlich überlagert, um die jeweiligen Betroffenheitsgrade im Stadtgebiet zu ermitteln (Abb. 23). Die Gebiete mit hoher bioklimatischer Belastung und hoher Sensitivität werden als vulnerable Gebiete oder auch Hotspots bezeichnet.

Ermittlung des Betroffenheitsgrades

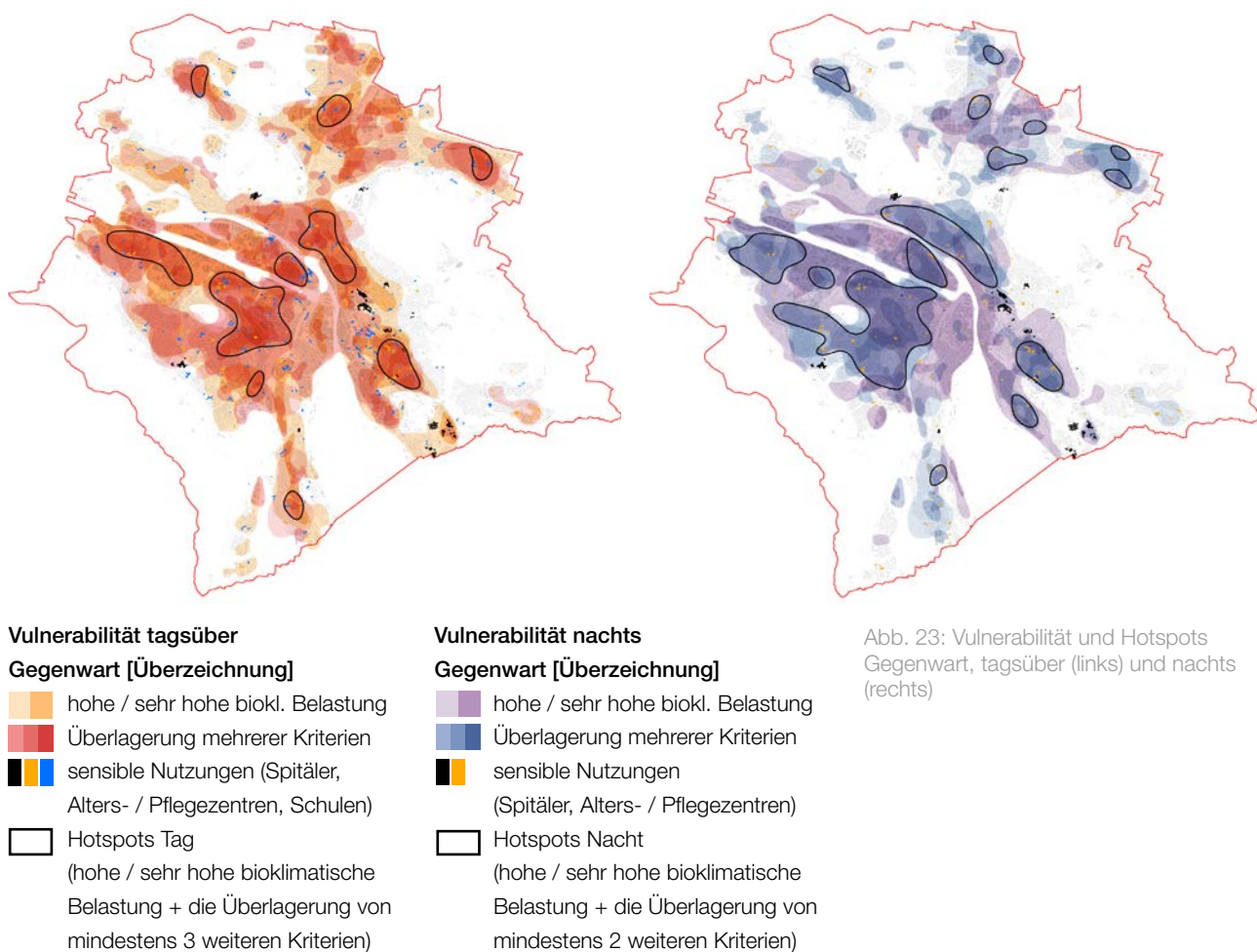
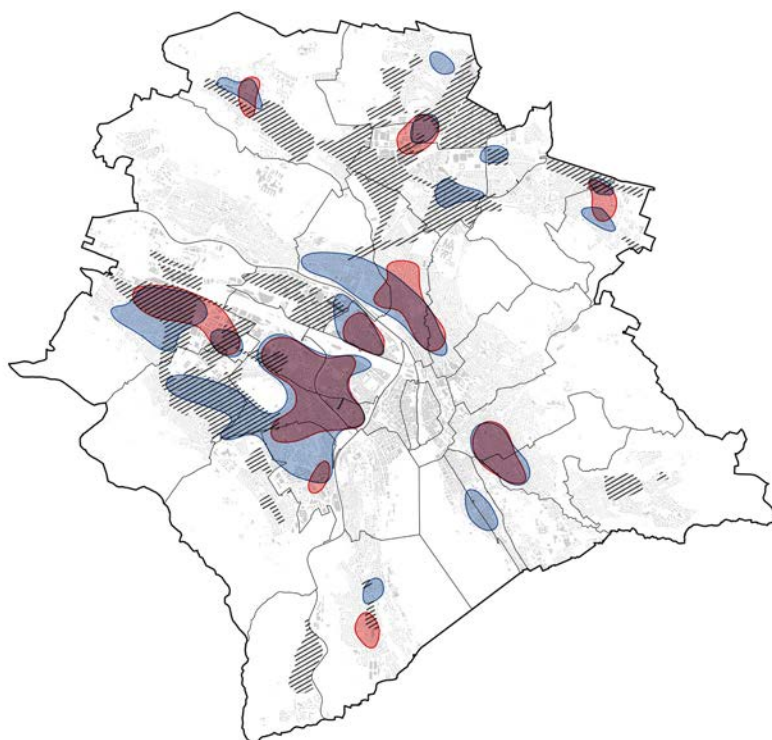


Abb. 23: Vulnerabilität und Hotspots Gegenwart, tagsüber (links) und nachts (rechts)

Abb. 24: Vulnerabilität und Überlagerung der Hotspots am Tag und in der Nacht, Gegenwart

Hotspots Tag und Nacht, Gegenwart, mit den Verdichtungsgebieten

- Hotspots Tag
- Hotspots Nacht
- Hotspots Tag und Nacht
- Siedlungsraum
- Stadtquartiere Zürich
- Gebiete mit baulicher Verdichtung über BZO 2016 hinaus (kommunaler Richtplan SLöBA)



Betrachtung Gegenwart

Im Ergebnis der Vulnerabilitätsanalyse werden die identifizierten Bereiche abschliessend zu zehn Hotspots am Tag und fünfzehn Hotspots in der Nacht zusammengeführt. Manche Hotspots weisen nur eine Tag-, andere nur eine Nachtbetroffenheit auf. Viele Gebiete sind jedoch von einer Doppelbelastung am Tag und in der Nacht betroffen. Abbildung 24 zeigt die Lage der Hotspots im Stadtgebiet. In besonderem Masse sind dies die zentrumsnahen Quartiere Langstrasse, Werd, Sihlfeld, Hard sowie Gewerbeschule, Unterstrass und Hottingen / Hirslanden. Ausserhalb der Kernstadt liegen Teile von Altstetten, Affoltern, Seebach / Oerlikon und Hirzenbach ebenfalls in Hotspots.

Bei der Ableitung der Hotspots (Gegenwart) sind Gebiete mit baulicher Verdichtung über 2016 hinaus (kommunaler Richtplan SLöBA) nicht eingeflossen. Gebiete mit baulicher Verdichtung werden in Abbildung 24 zur Orientierung nachrichtlich dargestellt.

Entscheidend für das Verständnis des Ergebnisses und seine weitere Verwendung in der Fachplanung Hitzeminderung ist jedoch die Tatsache, dass in Zürich nicht nur die Hotspots von der Wärmebelastung betroffen sind. Starke Wärmebelastung tritt auch in vielen anderen Gebieten der Stadt auf (vgl. Belastungssituation in Abb. 21 und 22, S. 41). Allerdings weisen diese nicht dieselbe Vulnerabilität auf, da beispielsweise die Bevölkerungsdichte geringer ist, weniger sensible Nutzungen betroffen sind oder gut erreichbare Erholungsräume vorliegen.

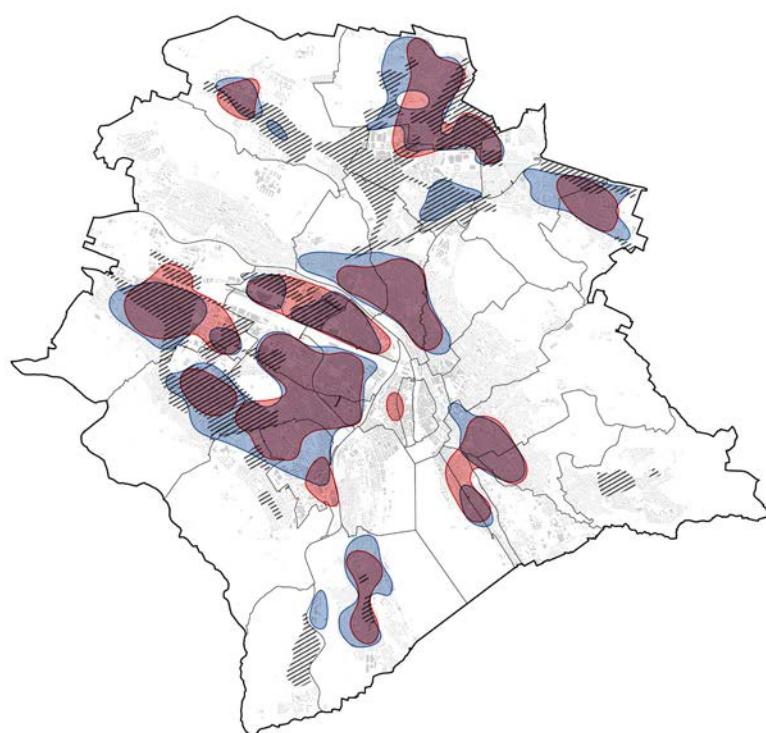


Abb. 25: Vulnerabilität und Überlagerung der Hotspots am Tag und in der Nacht, Prognose 2030

Hotspots Tag und Nacht, Gegenwart, mit den Verdichtungsgebieten

- Hotspots Tag
- Hotspots Nacht
- Hotspots Tag und Nacht
- Siedlungsraum
- Stadtquartiere Zürich
- Gebiete mit baulicher Verdichtung über BZO 2016 hinaus (kommunaler Richtplan SLöBA)

Die Vulnerabilitätsanalyse kann auch für die zukünftige Situation durchgeführt werden. Hierbei kommen Klimaprognosen sowie Prognosen, Berechnungen und Einschätzungen der nichtklimatischen Kriterien zur Anwendung. Genauigkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse nehmen dabei mit zunehmender zeitlicher Distanz des Betrachtungsraums ab. So ist beispielsweise in der Stadt Zürich mit einer massgeblichen baulichen Verdichtung zu rechnen. Räumlich konkret verorten lässt sich diese Entwicklung jedoch nicht. Allenfalls sind Abschätzungen möglich. In den Teilplänen wird daher die Gegenwartsbetrachtung bevorzugt.

Betrachtung Prognose 2030

Die bioklimatische Belastungssituation kann für die Zukunft methodisch nicht mehr von der PET und der nächtlichen Lufttemperatur abgeleitet werden. Hierfür wird die Prognose der Anzahl Hitzetage und der Anzahl Tropennächte herangezogen und kleinräumig ausgewertet. Bei den nichtklimatischen Kriterien wird einerseits auf die Bevölkerungsprognose der Stadt Zürich zurückgegriffen. Andererseits werden die Verdichtungsgebiete mit einer Prognose der Inanspruchnahme der Geschossflächenreserven im Bestand abgeglichen und daraus die räumlichen Schwerpunkte der Bevölkerungszunahme im Zeithorizont abgeschätzt.

Im Ergebnis zeigt sich eine deutliche Zunahme der Hotspot-Bereiche, allerdings nicht in ihrer Anzahl, sondern in ihrer Intensität. Neue Hotspots sind nur vereinzelt zu erkennen, die Hotspots der Gegenwart dehnen sich jedoch erheblich aus oder weisen zusätzlich noch die Tag- oder Nachtbetroffenheit auf.

2.5 Kaltluftanalyse

Ermittlung der Windsysteme

Die Identifikation der Windsysteme im Zürcher Stadtgebiet basiert auf den Klimakarten des Kantons Zürich (Kap. 2.2). Aus dem bodennahen Kaltluftströmungsfeld und dem Kaltluftvolumenstrom konnten alle bedeutsamen Strukturen, welche die Luftaustauschprozesse beeinflussen, abgeleitet werden. Von Bedeutung sind Kaltluftentstehungsgebiete (Grün- und Freiräume, Waldflächen), Leitbahnen mit Prozessräumen und Übergangsbereichen sowie das Siedlungsgebiet mit Baustruktur und Verdichtungsgebieten. Ausgehend von der Siedlungsgrenze lassen sich hangaufwärts die jeweiligen Kaltluftentstehungsflächen identifizieren. Zur Abgrenzung der Kaltluft produzierenden Grünflächen werden die Kaltlufteinzugsgebiete herangezogen. Der Zuschnitt der Einwirkbereiche orientiert sich an der Strömungsrichtung.

Vier Windsysteme

75 Prozent des Siedlungsgebiets werden heute durch vier Windsysteme mit Kaltluft versorgt. Talabwinde versorgen dabei 47 Prozent, Hangabwinde 26 Prozent und Flur- und Binnenwinde jeweils 1 Prozent der Siedlungsfläche.

Talabwindsystem

Talabwinde finden sich vor allem entlang der Albis- und Uetlibergkette. Der nächtliche Kaltluftabfluss orientiert sich an Leitbahnen, die von Tal- und Niederungsbereichen bestimmt sind, aber auch grössere Freiräume und Verkehrsflächen umfassen. Das System ist geprägt durch primäre Leitbahnen, die in Form einer klimatisch wirksamen bodennahen Strömungsgeschwindigkeit hervortreten. Während die Strömung im bodennahen Bereich allmählich durch die Bebauung abgebremst wird, können auf dem Überdachniveau weiterhin hohe Kaltluftvolumina vorliegen, die bei Vorhandensein grösserer Freiflächen oder Öffnungen in den Siedlungsraum einwirken. Die Bereiche mit hohem und sehr hohem Volumenstrom definieren sekundäre Leitbahnen. In Abhängigkeit von Stadtstruktur und Baukörperstellung entscheidet sich, wie weit ein Einwirken von Kaltluft aus dem Dachniveau bis in den bodennahen Bereich möglich ist. Dort, wo die Kaltluft über die sekundäre Leitbahn hinaus in die innerstädtischen Bereiche einwirkt, befindet sich der sogenannte Einwirkbereich.

Hangabwindsystem

Das Hangabwindssystem auf der gegenüberliegenden Talseite, im Umfeld des Käfer- und Adlisbergs, funktioniert indes anders. Dort treten vor allem flächenhafte Kaltluftabflüsse auf, die als Hangabwinde bezeichnet werden. Hangabwinde weisen im Gegensatz zu Talabwinden einen vorwiegend massigen Kaltluftvolumenstrom auf, der flächenhaft in der Breite hangabwärts strömt. Dabei werden nur einzelne, lokal hervortretende Leitbahnbereiche als Sonderleitbahnen ausgewiesen, etwa in kleineren zusammenhängenden Grünstrukturen (z. B. Tobel). Aufgrund des homogen ausgeprägten Volumenstroms lässt sich kein sekundärer Leitbahnbereich bestimmen.

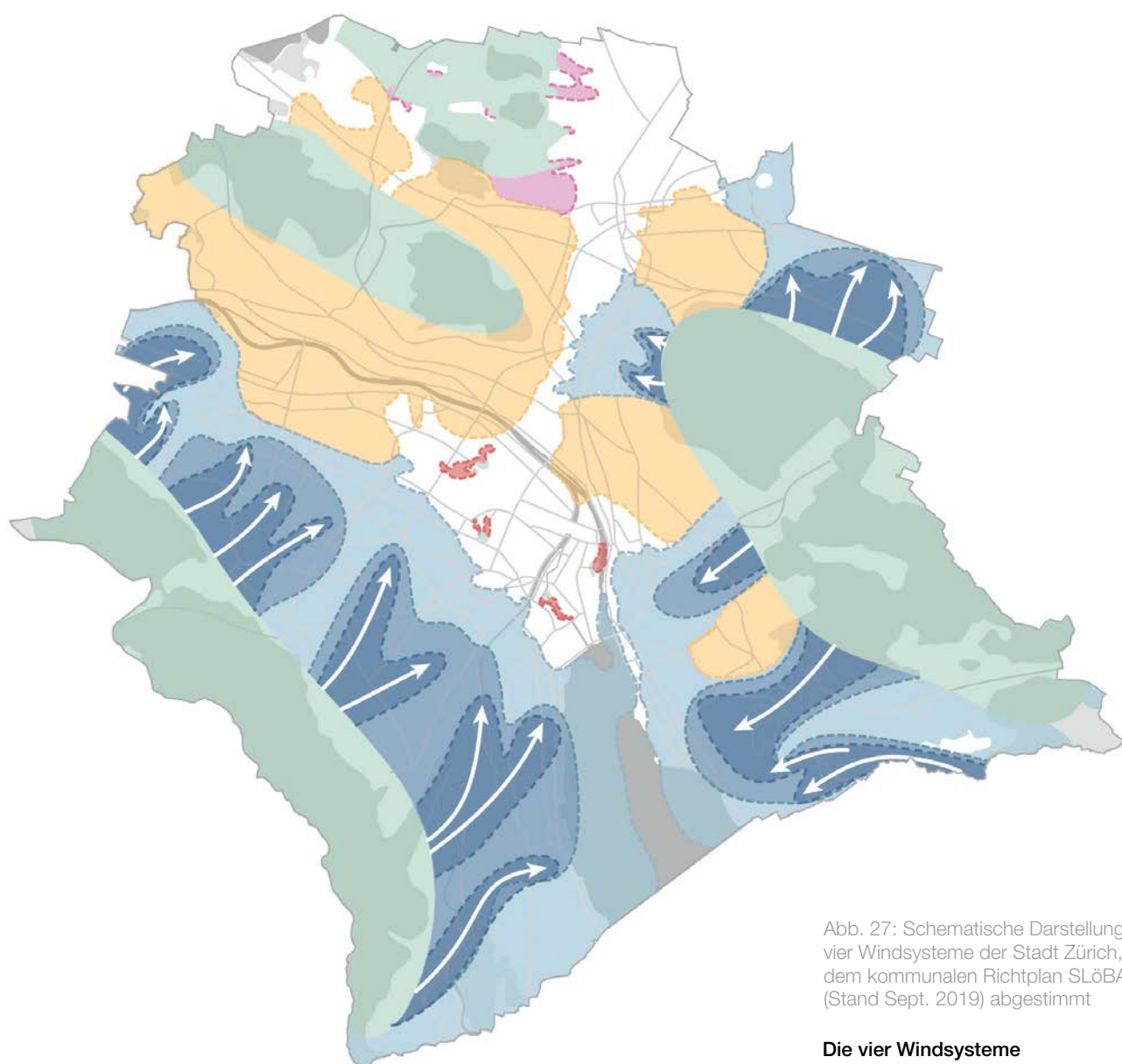


Abb. 27: Schematische Darstellung der vier Windsysteme der Stadt Zürich, mit dem kommunalen Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019) abgestimmt

Die vier Windsysteme

- Kaltluftentstehungsgebiet
- Kaltluftleitbahn von Talabwind
- primäre Leitbahn von Talabwind
- sekundäre Leitbahn von Talabwind
- Kaltluftentstehungsbereich von Talabwind
- Kaltluftentstehungsbereich von Hangabwind
- Kaltluftentstehungsbereich von Flurwind
- Kaltluftentstehungsbereich von Binnenwind

Flurwinde

Flurwinde weisen eine thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung auf. Im Stadtgebiet Zürich treten sie nur kleinräumig im Quartier Seebach in Erscheinung. Sie entstehen aufgrund horizontaler Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in Richtung der Überwärmungsbereiche.

Binnenwinde

Einen geringfügigen Beitrag zur Kaltluftversorgung der Stadt Zürich leisten Binnenwinde. Dabei handelt es sich um kleinräumige Strömungsphänomene, die sich zwischen strukturellen Elementen einer Stadt ausbilden. In Zürich finden sich Binnenwinde beispielsweise ausgehend von einer innerstädtischen Grünfläche wie der Josefs- wiese entlang der Bebauung zu den angrenzenden Bahngleisen an der Hardbrücke.

Relevanz

Das Kaltluftsystem der Stadt Zürich ist von hoher Bedeutung, da der Zustrom kühlerer Luft aus Grün- und Freiflächen der Umgebung (Kaltluftentstehungsflächen) der Wärmebelastung in den Nachtstunden entgegenwirkt. Fällt dieser Zustrom weg, sehen sich insbesondere die Gebiete in den Hotspots, aber auch viele angrenzende Bereiche mit neuen Wärmebelastungen konfrontiert. Nachts sind Kaltluftentstehungsflächen und eine auf den Luftaustausch ausgerichtete Gebäudestellung besonders effektiv. Sie ermöglichen optimale Bedingungen für den Kaltlufttransport. Alle weiteren Handlungsansätze wirken nachsorgend, indem sie die Wärmebelastung am Tag abmildern und die Aufenthaltsbedingungen im Aussenraum verbessern.

Das Stadtgebiet wird vornehmlich durch Talabwinde und Hangabwinde mit Kaltluft versorgt. Insbesondere die Kernbereiche der Stadt sind auf den Zustrom kühlerer Luft von den Hangbereichen der umliegenden Erhebungen angewiesen. Der bodennahe Kaltluftstrom trifft in der heutigen Bebauungssituation auf überwiegend durchströmbare Strukturen. Die Kaltluft nutzt dabei jeden Durchlass (Strassenräume, Grünanlagen, private Gärten oder Abstandsflächen). Je mehr Durchlässe diese Räume aufweisen, umso besser ist die Weiterleitung der kalten Luft in die Hotspot-Gebiete.

Je nach Windsystem liegen unterschiedliche Empfindlichkeiten vor. Im Talabwindsystem sorgt jedes Strömungshindernis in den Leitbahnen für eine Einschränkung des Systems und eine Reduktion des Einwirkbereichs. Beim Hangabwindsystem ist der Saum zwischen Bebauung und Kaltluftentstehungsflächen von hoher Bedeutung. Auf den ersten zwei bis drei Parzellentiefen wird die grundsätzliche Weiche gestellt, ob und wie viel Kaltluft in die Niederungen strömt. Entsprechend sensibel ist dieser Bereich zukünftig zu behandeln. Eine genaue, individuelle Untersuchung der Windsysteme je Situation ist erforderlich.

Empfindlichkeiten



3 Die Fachplanung in drei Teilplänen

In drei Teilplänen werden alle konzeptionellen Aussagen zur Klimaanpassung «Hitze» für das ganze Stadtgebiet räumlich konkret zusammengeführt. Die drei Pläne bilden gemeinsam das Planwerk zur Fachplanung Hitzeminderung und umfassen Planungsgrundlagen, Empfehlungen sowie Handlungsansätze für die zukünftige klimaoptimierte Entwicklung der Stadt. Die drei Teilpläne beziehen sich auf die Hitzeminderung, das Entlastungssystem und das Kaltluftsystem.



3.1 Die drei Teilpläne

Planwerk

Konzeptionelle Aussagen zur Hitzeminderung sind in drei Teilplänen formuliert und liefern Anstösse für die zukünftige Entwicklung der Stadt Zürich. Dabei steht das menschliche Bedürfnis nach angenehmer Aufenthaltsqualität im Aussenraum im Fokus.

Die Kerninhalte werden in den drei Teilplänen «Hitzeminderung», Entlastungssystem und Kaltluftsystem dargestellt. Gemeinsam bilden sie das Planwerk zur Fachplanung Hitzeminderung.

Teilplan Hitzeminderung

Der Teilplan Hitzeminderung ist ein flächendeckender Plan, der einerseits den Handlungsbedarf ausweist und andererseits alle Stadtstrukturtypen und Freiraumkategorien mit den jeweiligen Portfolios an Handlungsansätzen verknüpft. Somit wird für jeden öffentlichen und privaten Akteur ersichtlich, wo in der Stadt Massnahmen zur Hitzeminderung notwendig bzw. empfohlen sind.

Teilplan Entlastungssystem

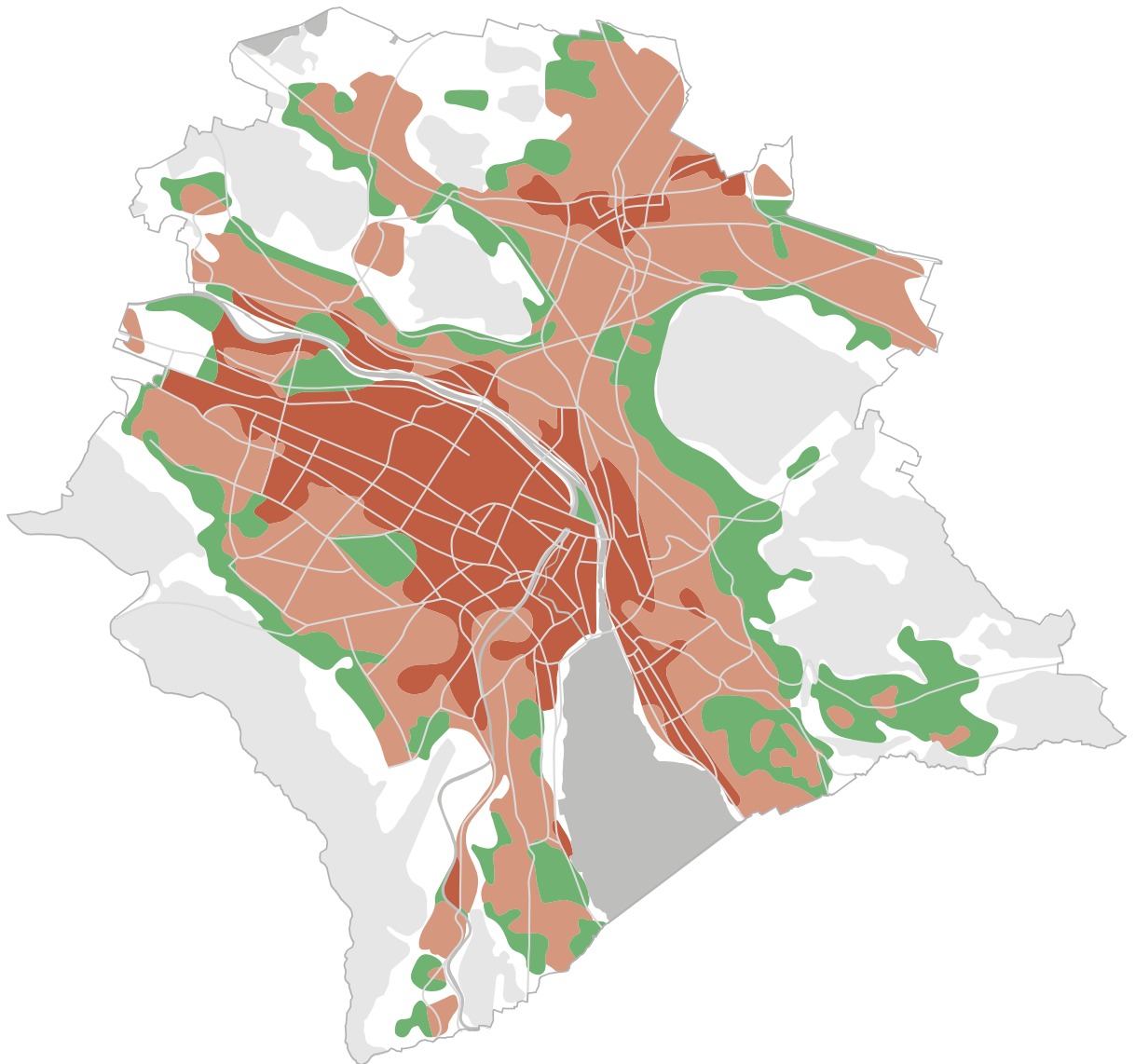
Der Teilplan Entlastungssystem bildet ein dezidiertes System verschiedener Freiräume und entsprechender beschatteter Wege aus. Er beschränkt sich auf vulnerable Gebiete, sogenannte Hotspots und ihr jeweiliges Einzugsgebiet von 400 m (Puffer) zur Abbildung systemischer Zusammenhänge und richtet sich vordringlich an die öffentliche Hand, die das System über die kommenden Jahre möglichst weitgehend herstellen soll.

Teilplan Kaltluftsystem

Im Teilplan Kaltluftsystem werden das heute noch weitgehend funktionierende Kaltluftsystem Zürichs abgebildet und erste Empfehlungen für ein klimaoptimiertes Planen und Bauen abgeleitet. Der Teilplan richtet sich sowohl an die öffentliche Hand als auch an private Akteure.

Anwendung

Die Anwendung des Planwerks orientiert sich an den vom Kanton Zürich publizierten Planhinweiskarten sowie den dazu formulierten Planungshinweisen. In Abhängigkeit von der bioklimatischen Belastung für Tag und Nacht (Kap. 2.2) werden drei Massnahmengebiete mit unterschiedlichem Handlungsbedarf hergeleitet (Kap. 2.4) und in Abbildung 28 sowie im Teilplan Hitzeminderung dargestellt. Im Massnahmengebiet 1 sind Massnahmen zur Verbesserung der Tag- und Nachtsituation notwendig. Im Massnahmengebiet 2 sind Massnahmen zur Verbesserung der Situation am Tag notwendig. Im Massnahmengebiet 3 sind Massnahmen zur Erhaltung oder Verbesserung empfohlen.



Massnahmengebiete (hergeleitet aus der Planhinweiskarte und den Planungshinweisen des Kantons Zürich)

- Massnahmengebiet 1: Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag und in der Nacht notwendig
- Massnahmengebiet 2: Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag notwendig
- Massnahmengebiet 3: Erhaltung oder Verbesserung der bioklimatischen Situation empfohlen

Abb. 28: Massnahmengebiete 1 bis 3 mit Handlungsbedarf

3.2 Hitzeminderung

Teilplan Hitzeminderung

Der Wärmeinseleffekt ist in der Stadt Zürich bereits nachgewiesen worden (Kap. 2.1). Aktuelle Klimaszenarien gehen zudem davon aus, dass die Zahl der Hitzetage und Tropennächte (Kap. 2.2) markant zunehmen wird. Demzufolge werden zukünftig mehr Menschen unter Hitzestress leiden. Hier setzt der Teilplan Hitzeminderung an. Als flächendeckender Ansatz soll er die Wärmebelastung in der Stadt Zürich in allen Stadt- und Freiraumstrukturen insbesondere an heissen Tagen verringern und angenehme Aufenthaltsbedingungen im Aussenraum schaffen. Die bestehenden Stadt- und Freiraumstrukturen weisen teilweise bereits heute klimaökologische Funktionen auf. Optimierungsmöglichkeiten bestehen jedoch im gesamten Stadtgebiet.

Planinhalte

Der Teilplan Hitzeminderung zeigt flächendeckend für das gesamte Gemeindegebiet mögliche Handlungsweisen zur Reduktion der Wärmebelastung in den Stadt- und Freiräumen. Ersichtlich wird:

- wo im Siedlungsgebiet Massnahmen mit welchem Handlungsbedarf umgesetzt werden sollen (Massnahmegebiete),
- welche Handlungsansätze im jeweiligen Stadtstrukturtyp oder in der Freiraumkategorie zur Hitzeminderung beitragen können,
- welche Handlungsansätze einen besonders hohen Wirkungsgrad aufweisen.

Funktionsweise der Toolbox

Die Toolbox beinhaltet unterschiedliche Werkzeuge. Zu den Werkzeugen gehören einerseits Handlungsfelder (Kap. 4), welche die übergeordnete Entwicklung des gesamten Stadtgefüges betreffen, und andererseits Handlungsansätze (Kap. 5), die sich auf konkrete, lokale Komponenten und Handlungen im Freiraum und auf Siedlungs- bzw. Gebäudeebene beziehen.

Bei der Anwendung der Toolbox lassen sich individuelle Sets von Handlungsansätzen für bestimmte Situationen ziel- und kategoriegerecht zusammenstellen und umsetzen. In Kapitel 6 zeigen Wirkungsanalysen zu ausgewählten Modellierungsgebieten beispielhaft auf, wie die Toolbox auf die Stadt- und Freiraumstrukturen angewendet werden könnte.

Abgeleitet aus den Erfahrungen in den Modellierungsgebieten (Kap. 6) wird in den Teilplänen für Stadt- und Freiraumstrukturen ein spezifisches Set von Handlungsansätzen vorgeschlagen, das in

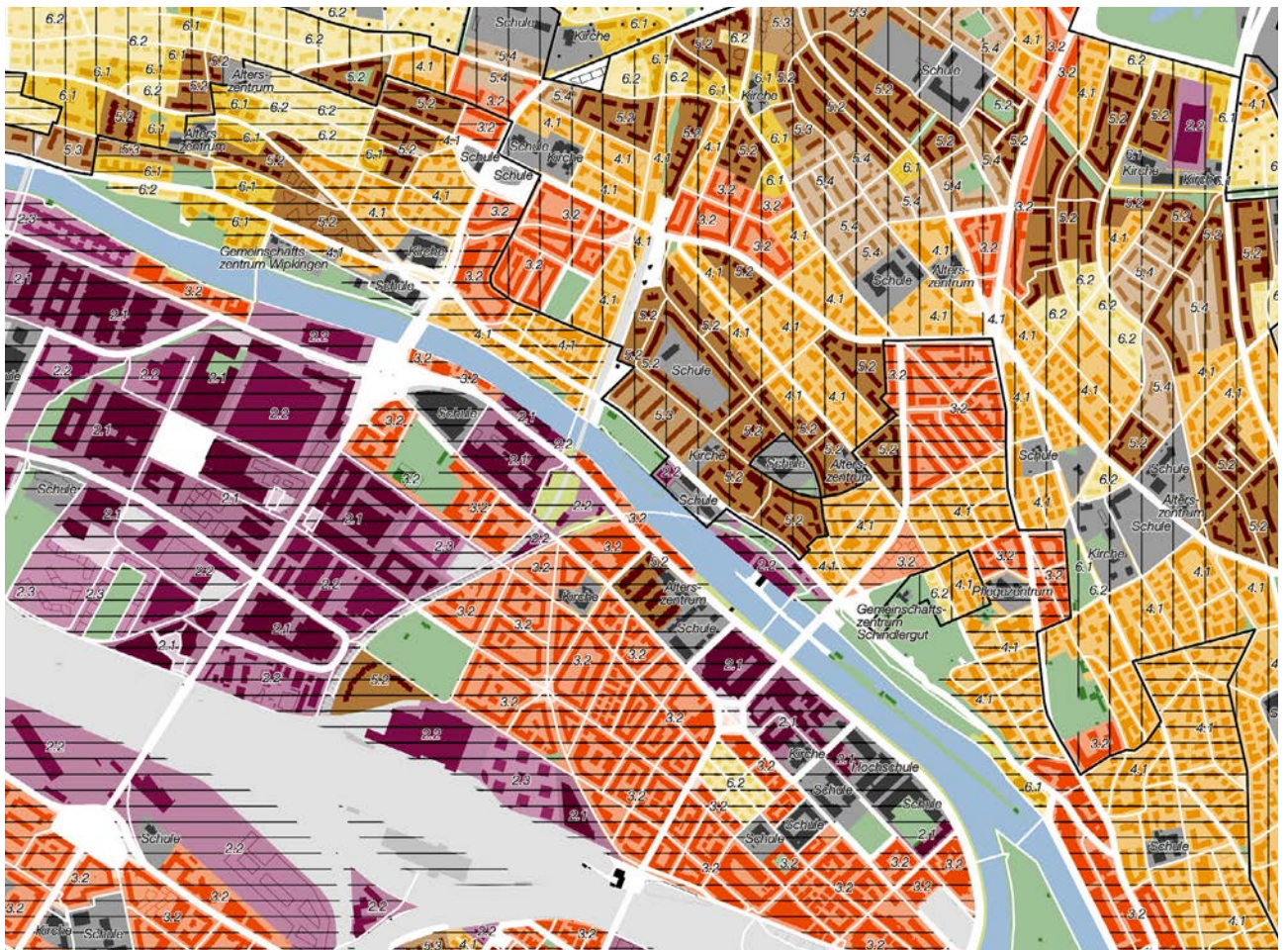


Abb. 29: Ausschnitt aus dem Teilplan Hitzeminderung (Massstab 1 : 15 000)

der jeweiligen Situation eine besonders gute Wirkung erzielt. Über die Stadt- und Freiraumstrukturen erfolgt eine räumliche Verortung der Sets von Handlungsansätzen im Teilplan. Die Anwendung des vorgeschlagenen Sets von Handlungsansätzen ist für die jeweils vorliegende Ausgangslage zu prüfen. Jederzeit können Handlungsansätze durch weitere, an einem spezifischen Ort sinnvolle Handlungsansätze ergänzt werden.

Teilplan Hitzeminderung

1 Historische Kerne

- 1.1 Historische Altstadt
- 1.2 Dorfkern

2 Heterogene Gebiete

- 2.1 Büro / Verwaltung (MG 01)
- 2.2 Gewerbe / Industrie (MG 02)
- 2.3 Mischgebiet Wohnen

3 Urbane Kerngebiete

- 3.1 Kernblock
- 3.2 Geschlossene Randbebauung (MG 03)

4 Urbane Wohnstadt

- 4.1 Offene Randbebauung (MG 04)

5 Grüne Wohnstadt

- 5.1 Wohnsiedlung höherer Dichte
- 5.2 Wohnsiedlung mittlerer Dichte (MG 05)
- 5.3 Zeilenbebauung (MG 06)
- 5.4 Reihenhäuser

6 Kleinteilige Wohngebiete

- 6.1 Heterogener Geschosswohnungsbau (MG 07)
- 6.2 Ein- / Mehrfamilienhäuser

7 Institutionelle Einrichtung

- Schule, Universität, Hochschule, Spital, Alters- und Pflegezentrum, Gemeinschaftszentrum (MG 08)

Freiraumstruktur

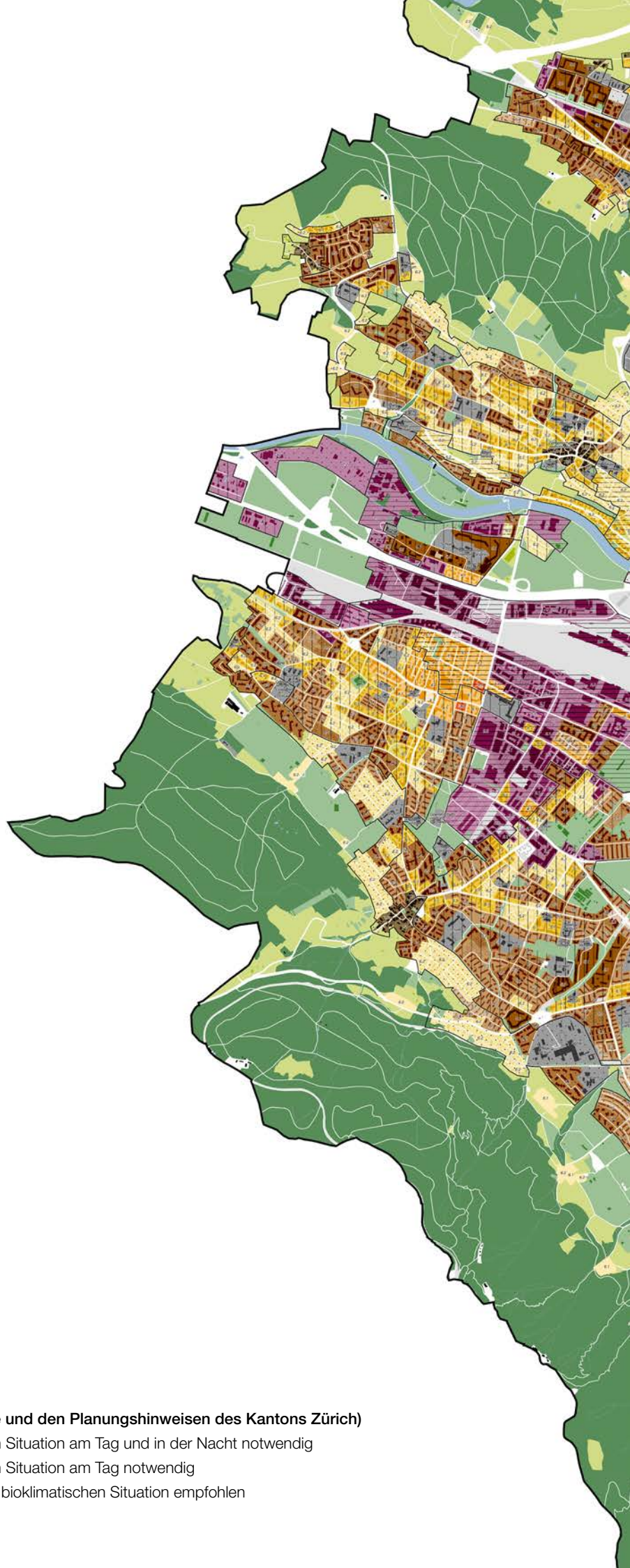
- Wald
- Grün- und Freiräume
- Kulturlandschaft
- Institutioneller Freiraum
- Gewässer
- Platz- und Strassenräume
- Sonstige Flächen

Baustruktur

- Gebäude Bestand (Stand 2016)
- Gebäude Neubau (Stand Juni 2019)

Massnahmegebiete (hergeleitet aus der Planhinweiskarte und den Planungshinweisen des Kantons Zürich)

- Massnahmegebiet 1: Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag und in der Nacht notwendig
- Massnahmegebiet 2: Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag notwendig
- Massnahmegebiet 3: Erhaltung oder Verbesserung der bioklimatischen Situation empfohlen



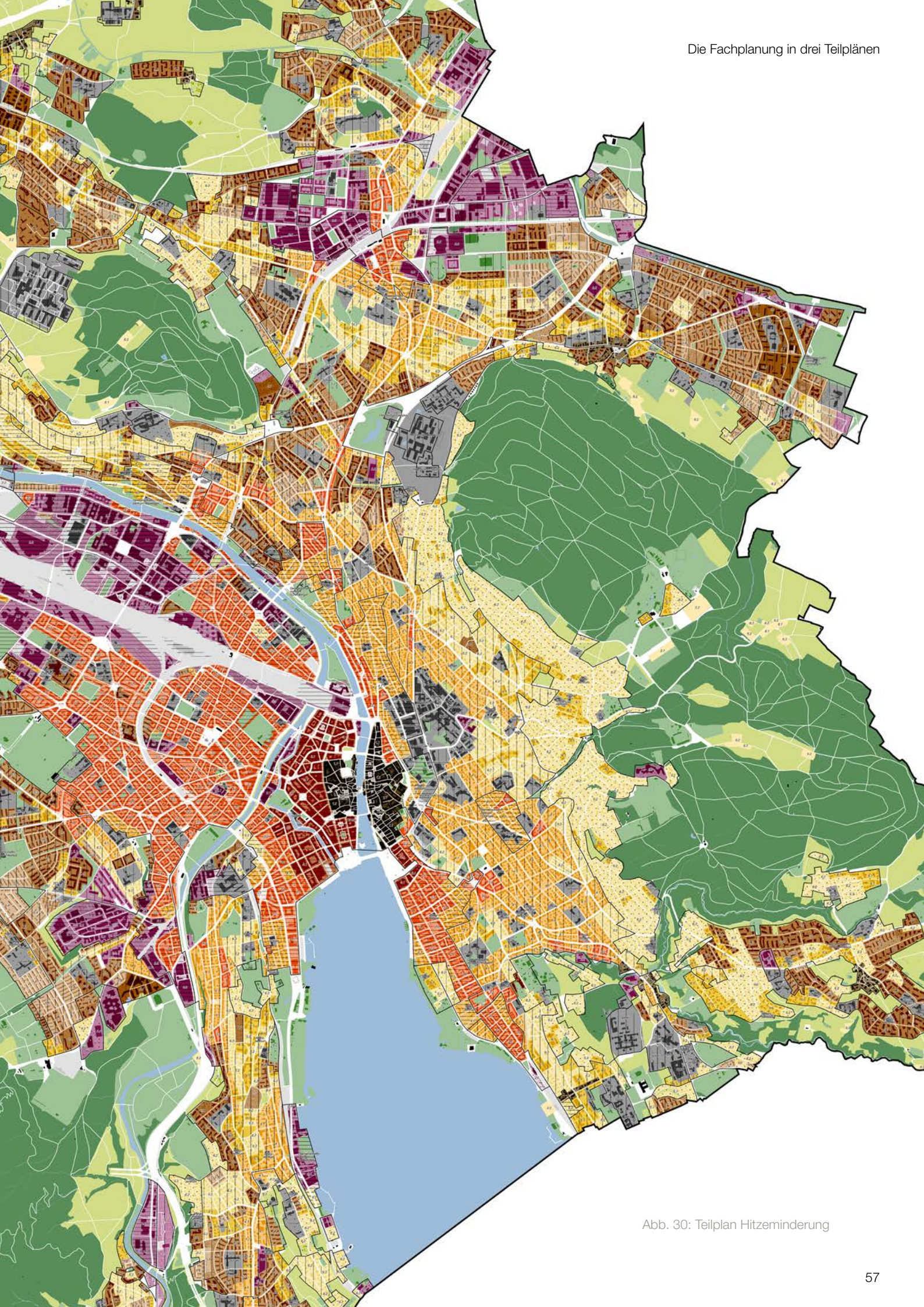


Abb. 30: Teilplan Hitzeminderung

3.3 Entlastungssystem

Teilplan Entlastungssystem

In den Hotspots (Kap. 2.4) sind EinwohnerInnen und Beschäftigte vom zunehmenden Hitzestress besonders betroffen. Neben hitzemindernden Massnahmen, die stadtweit verfolgt werden (Teilplan Hitzeminderung), sollen hier insbesondere im Bestand gezielt bessere Regenerationsmöglichkeiten im näheren Wohn- und Arbeitsumfeld geschaffen werden. Der öffentliche Raum nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein. Sommerkühle Freiräume sollen in kurzer Distanz oder auf klimatisch angenehmen Wegen erreichbar sein. Dieses speziell für Hotspots zu entwickelnde, klimaoptimierte Freiraumnetz wird Entlastungssystem genannt. Viele Grünanlagen, Plätze und Wege erfüllen bereits die stadtklimatischen Anforderungen, andere müssen wiederum optimiert oder, wo sie fehlen, neu hergestellt werden, um ein funktionsfähiges Gesamtsystem zu erreichen. Im kommunalen Richtplan SLöBA sowie im kommunalen Richtplan Verkehr befindliche Vorgaben sind dabei zu berücksichtigen.

Versorgung mit klimaökologisch wirksamen Freiräumen

Das System basiert auf einer Bewertung aller öffentlichen Freiräume hinsichtlich:

- klimaökologisch wirksamer Ausstattung,
- Grad der Zugänglichkeit und zeitlichen Verfügbarkeit (z. B. Eigentum, Gebühr, Veranstaltung) sowie
- Flächengrösse.

In Anlehnung an die Analyse der Freiraumversorgung in der Stadt Zürich wird ermittelt, in welchem Mass die Hotspots bereits von klimaökologischen Entlastungsangeboten profitieren können. Je nach stadtklimatischer Bedeutung und Nutzungskapazität eines Freiraums werden für diese Abschätzung unterschiedlich grosse Einzugsdistanzen im benachbarten Stadtraum angenommen. Bei einer hohen Bedeutung des Entlastungsraums werden 400 m angesetzt, bei funktionalen Einschränkungen entsprechend weniger. Aus der Freiraumstrukturanalyse unter Berücksichtigung von Einzugsdistanzen und Freiraumfunktionen zeigt sich, dass innerhalb der Hotspots in quantitativer und/oder qualitativer Hinsicht Handlungsbedarf besteht.

Planinhalte

Der Teilplan stellt auf der Basis einer aktuellen Bestandsübersicht besonders betroffene Gebiete (Hotspots) dar, die aufgrund ihrer Lage und Stadtstruktur einer hohen Wärmebelastung ausgesetzt sind, eine hohe Bevölkerungsdichte und/oder sensible Nutzungen aufweisen. Innerhalb der Hotspots sind zudem Handlungsansätze mit kompensatorischem Charakter verortet. Aufgezeigt wird:

- wo die klimaökologische Wirksamkeit bestehender Freiräume verbessert werden soll,
- wo Freiraum mit klimaökologischer Wirksamkeit neu geschaffen oder erweitert werden soll,



- wo Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität die innerstädtischen Freiräume sowohl untereinander als auch mit den siedlungsnahen Erholungsräumen verflechten sollen. Innerhalb der Hotspots soll (anhand einer durchgehenden Gestaltung bestimmter Fussverbindungen) ein angenehmes klimatisches Milieu, zum Beispiel durch Beschattung mit Bäumen, geschaffen werden.

Abb. 31: Ausschnitt aus dem Teilplan Entlastungssystem (Massstab 1:15 000)

Wie beim Teilplan Hitzeminderung können auch beim Entlastungssystem individuelle Sets von Handlungsansätzen für bestimmte Situationen ziel- und kategoriegerecht ausgewählt und umgesetzt werden. In Kapitel 6 zeigen Modellierungsgebiete beispielhaft auf, wie die Toolbox auf die Freiraumstrukturen angewendet werden könnte.












Funktionsweise der Toolbox

Die Toolbox beinhaltet unterschiedliche Werkzeuge. Zu den Werkzeugen gehören einerseits Handlungsfelder (Kap. 4), welche die übergeordnete Entwicklung des gesamten Stadtgefüges betreffen, und andererseits Handlungsansätze (Kap. 5), die sich auf konkrete, lokale Komponenten und Handlungen im Freiraum und auf Siedlungs- oder Gebäudeebene beziehen.

Abgeleitet aus den Erfahrungen in den Modellierungsgebieten (Kap. 6) wird auf den Teilplänen für verschiedene Freiraumstrukturen ein spezifisches Set von Handlungsansätzen vorgeschlagen, das in der jeweiligen Situation eine besonders gute Wirkung erzielt. Über die Freiraumstrukturen erfolgt eine räumliche Verortung der Sets von Handlungsansätzen im Teilplan. Die Anwendung des vorgeschlagenen Sets von Handlungsansätzen ist für die jeweils vorliegende Ausgangslage zu prüfen. Jederzeit können Handlungsansätze durch weitere, an diesem spezifischen Ort sinnvolle Handlungsansätze ergänzt werden.

Teilplan Entlastungssystem




Freiraumkategorien / Entlastungsräume

-  Gewässer
-  Wald
-  Kulturlandschaft
-  Freiräume funktionaler Zweckbestimmung
-  Landschaftlich gestaltete Grünräume
-  Urbane, öffentliche Grünräume
-  Institutionelle Freiräume
-  Platzräume
-  Fussgängerräume
-  Strassenräume
-  Sonstige Flächen




Freiräume klimarelevant entwickeln

-  bestehenden Freiraum klimarelevant entwickeln



Freiräume in Planung – kommunaler Richtplan SLöBA

-  Aufwertung bestehende Freiräume
-  neuer Freiraum geplant
-  neue Schulanlage geplant



Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität – kommunaler Richtplan Verkehr

-  Fussverbindung mit erhöhter Aufenthaltsqualität klimarelevant erhalten und weiterentwickeln
-  Fussverbindung mit erhöhter Aufenthaltsqualität klimarelevant entwickeln
-  Fussverbindung

Baustruktur

-  Gebäude Bestand (Stand 2016)
-  Gebäude Neubau (Stand Juni 2019)

Hotspots Tag / Nacht

-  Hotspots Tag
-  Hotspots Nacht



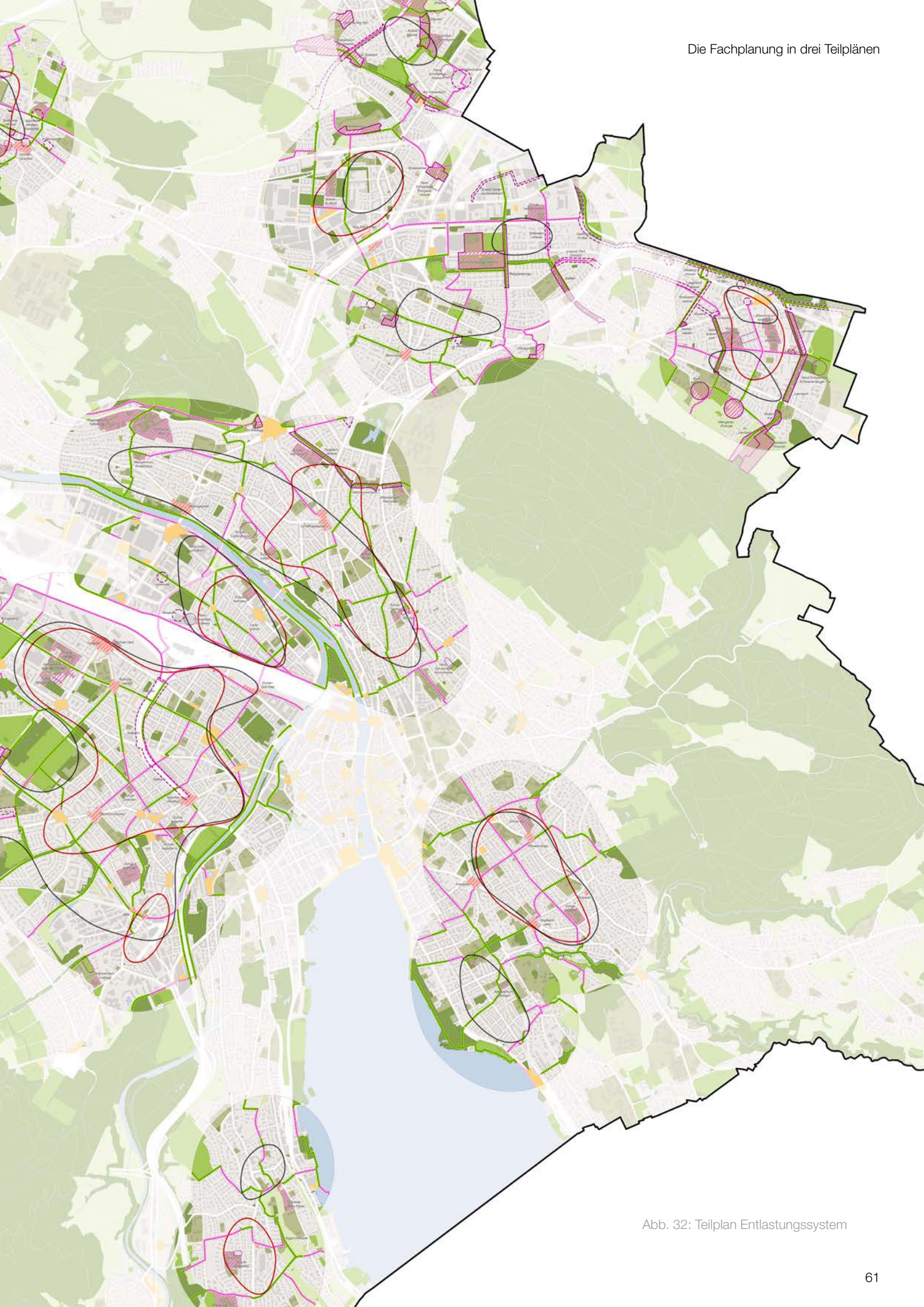


Abb. 32: Teilplan Entlastungssystem

3.4 Kaltluftsystem

Teilplan Kaltluftsystem

In der Stadt Zürich ist eine tendenzielle Zunahme der Anzahl Tropennächte zu erwarten (Kap. 2.2). Die Wärmebelastung in der Nacht verursacht vor allem in Wohnquartieren Wärmebelastung bei der Bevölkerung. Der Teilplan Kaltluftsystem zielt daher auf den Erhalt und den Schutz des Kaltluftsystems ab. Das Stadtgebiet wird vornehmlich durch Talabwinde und Hangabwinde mit Kaltluft versorgt (Kap. 2.5). Insbesondere die Kernbereiche der Stadt sind auf den Zustrom kühlerer Luft von den Hangbereichen der umliegenden Erhebungen angewiesen.

Gewährleistung von Luftaustauschprozessen

Hinsichtlich der Bedeutung für die nächtliche Kühlwirkung gilt es, die spezifischen Windsysteme bei Planungen zu berücksichtigen. So üben beispielsweise Neubauten je nach Ausprägung (Länge, Breite, Höhe und Stellung des Gebäudes) nachweislich unterschiedlich starken Einfluss auf klimaökologisch relevante Faktoren wie bodennahe Kaltluft, Windgeschwindigkeit, Kaltluftvolumenstrom sowie Temperatur und PET aus. Die Windsysteme sollten weitgehend unbeeinträchtigt bestehen bleiben, damit sie weiterhin ihre Funktion erfüllen und für nächtliche Abkühlung sorgen können. Der Zustrom kühlerer Luft in den Siedlungskörper hinein darf nicht unterbrochen werden. Luftaustauschprozesse sind für angenehme Temperaturen in Wohnquartieren entscheidend.

Planinhalte

Der Teilplan Kaltluftsystem stellt alle bedeutsamen Strukturen dar, die für ein dauerhaftes Funktionieren der Luftaustauschprozesse notwendig sind und bei Planungen berücksichtigt werden müssen. Dazu zählen:

- Kaltluftentstehungsgebiete (Grün- und Freiräume, Waldflächen),
- das bodennahe Kaltluftströmungsfeld,
- Leitbahnen mit Prozessräumen und Übergangsbereichen sowie
- das Siedlungsgebiet mit Baustruktur und geplanten Verdichtungsgebieten über BZO 2016 hinaus (kommunaler Richtplan SLöBA).

Empfehlungen für den Umgang mit dem Kaltluftsystem

Im Rahmen konkreter Planungen sind folgende übergeordnete Empfehlungen bezüglich der Gebäudestruktur zu prüfen und situationsbedingt anzuwenden. Die Empfehlungen basieren auf Erfahrungswerten der Stadt Zürich und GEO-NET Umweltconsulting GmbH.

- Je höher die Gebäude, desto wichtiger ist ihre strömungsgünstige Stellung.
- Der Einfluss von Gebäudelänge und -stellung kann situationsbedingt sehr unterschiedlich ausfallen. Eine hohe Porosität bzw. Körnigkeit von Baustrukturen hat im Allgemeinen einen positiven



Einfluss auf die Durchströmbarkeit und verringert den gebäudebedingten Widerstand.

- Die Hinderniswirkung längerer Gebäudekörper kann durch Höhenstaffelung reduziert werden, da eine Überströmbarkeit sichergestellt wird.
- Bei einer hangparallelen Bebauung haben Gebäudeabstände einen positiven Einfluss. Je grösser die Gebäudeabstände sind und je besser diese aufeinander ausgerichtet werden, umso geringer ist die Beeinträchtigung des Kaltluftvolumenstroms.
- Mit ausreichenden Gebäudeabständen können vergleichbare Effekte erzielt werden wie über eine strömungsparallele Stellung von Bauten.

Abb. 33: Ausschnitt aus dem Teilplan Kaltluftsystem (Massstab 1 : 15 000)

In Bezug auf **Freiräume** sind je nach Windsystem folgende Empfehlungen zu prüfen.

Talabwindsysteme

In den Talabwindsystemen wird Folgendes empfohlen:

- **Kaltluftentstehungsflächen (1):** Erhalt und Optimierung entsprechend wirksamer Flächen
- **primäre (2) und sekundäre (3) Leitbahnbereiche:** Erhalt, Schutz und gegebenenfalls Ausbau des heutigen Grünanteils; Optimierung versiegelter Bereiche (z. B. mittels Entsiegelung, hoher Albedo oder Beschattung)
- **Kontaktsaum (4):** Erhalt kleinräumiger Strömungsbahnen für den Eintritt von Kaltluft in den Einwirkungsbereich
- **Einwirkungsbereich (5):** Anwendung der Toolbox (Teilplan Hitzeminderung, Teilplan Entlastungssystem)

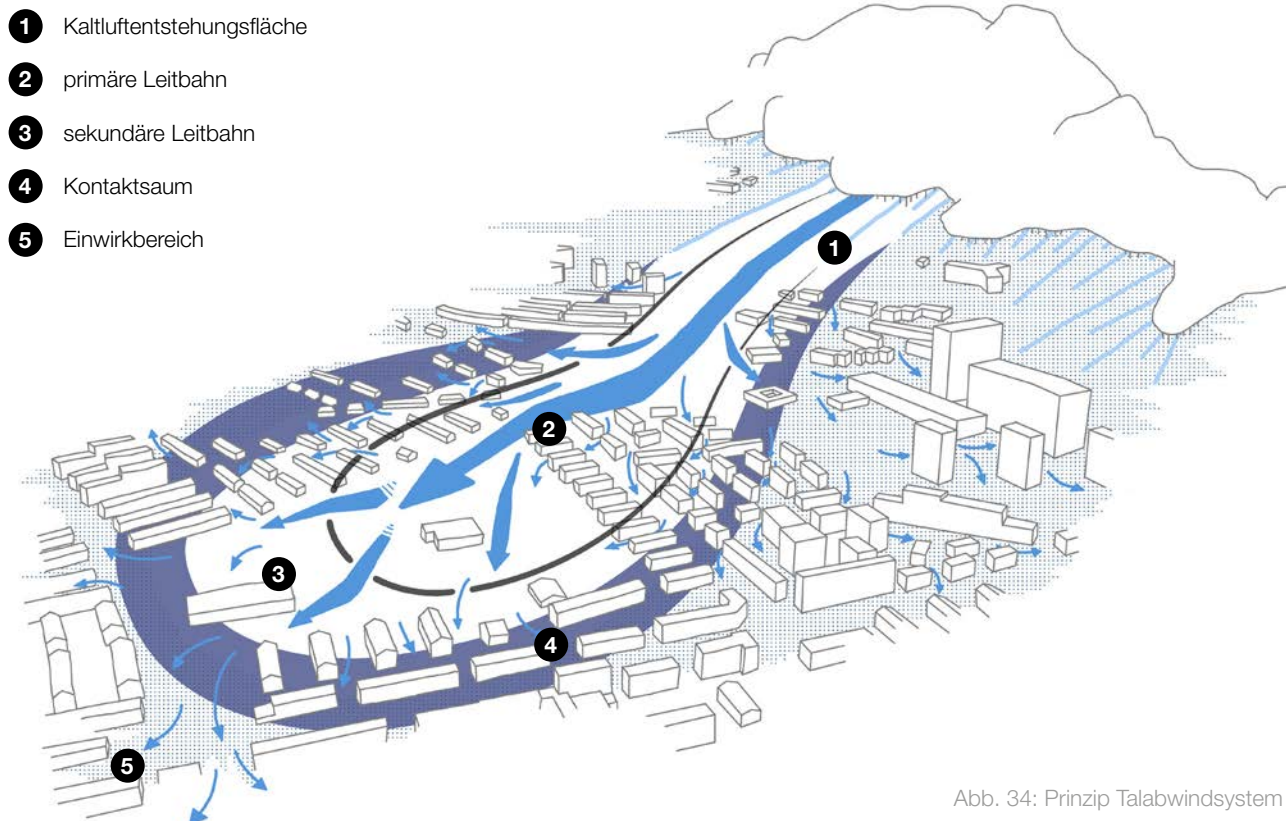


Abb. 34: Prinzip Talabwindsystem

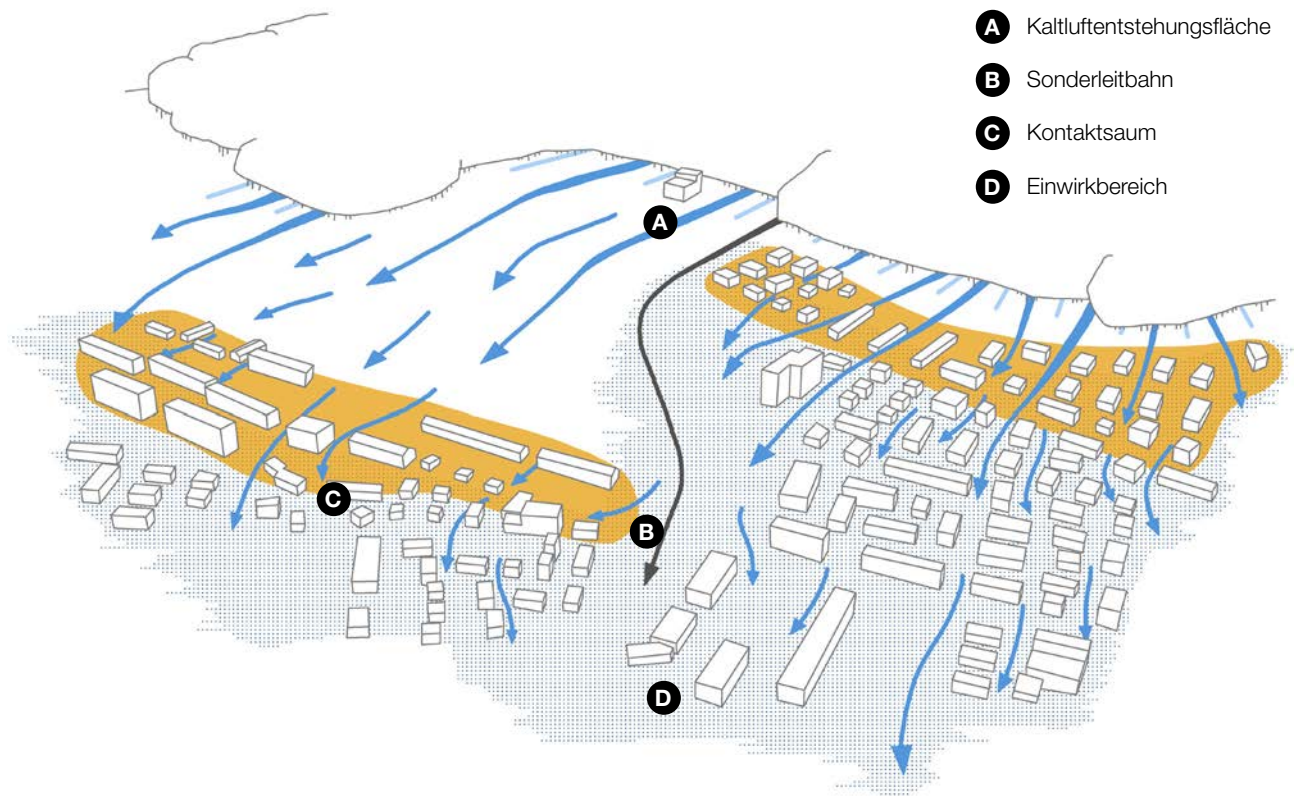


Abb. 35: Prinzip Hangabwindssystem





In den Hangabwindssystemen sollten folgende Empfehlungen beachtet werden:

Hangabwindssysteme


- **Kaltluftentstehungsflächen (A):** Erhalt und Optimierung entsprechend wirksamer Flächen
- **Sonderleitbahnen (B):** Vernetzung vorhandener Grünflächen / Trittsteine; Schaffung von Flächen mit geringer Rauigkeit / Grünflächen mit hoher Kaltluftproduktivität
- **Kontaktsaum (C):** Erhalt offener, gut durchströmbarer Baustrukturen
- **Einwirkungsbereich (D):** Erhalt, Schutz und gegebenenfalls Ausbau von Grünflächen; Flächenoptimierung, Entsiegelung, Beschattung

Teilplan Kaltluftsystem

Windsystem Talabwind

-  primäre Leitbahn
-  primäre Leitbahn – Siedlungsgebiet
-  sekundäre Leitbahn
-  sekundäre Leitbahn – Siedlungsgebiet
-  Einwirkungsbereich
-  Sonderleitbahn

Windsystem Hangabwind

-  Kontaktsaum (Breite: 2 bis 3 Parzellentiefen)
-  Einwirkungsbereich
-  Sonderleitbahn

Windsystem Flurwind

-  Einwirkungsbereich
-  Sonderleitbahn

Windsystem Binnenwind




-  Einwirkungsbereich

Bodennahes Kaltluftströmungsfeld



[Windgeschwindigkeit m/s, 4 Uhr, 2 m ü. Grund]

- | | |
|---|---|
|  > 0,1–0,3 |  > 0,7–1,0 |
|  > 0,3–0,5 |  > 1,0–2,0 |
|  > 0,5–0,7 |  > 2,0 |


Siedlungsgebiete und Grünräume

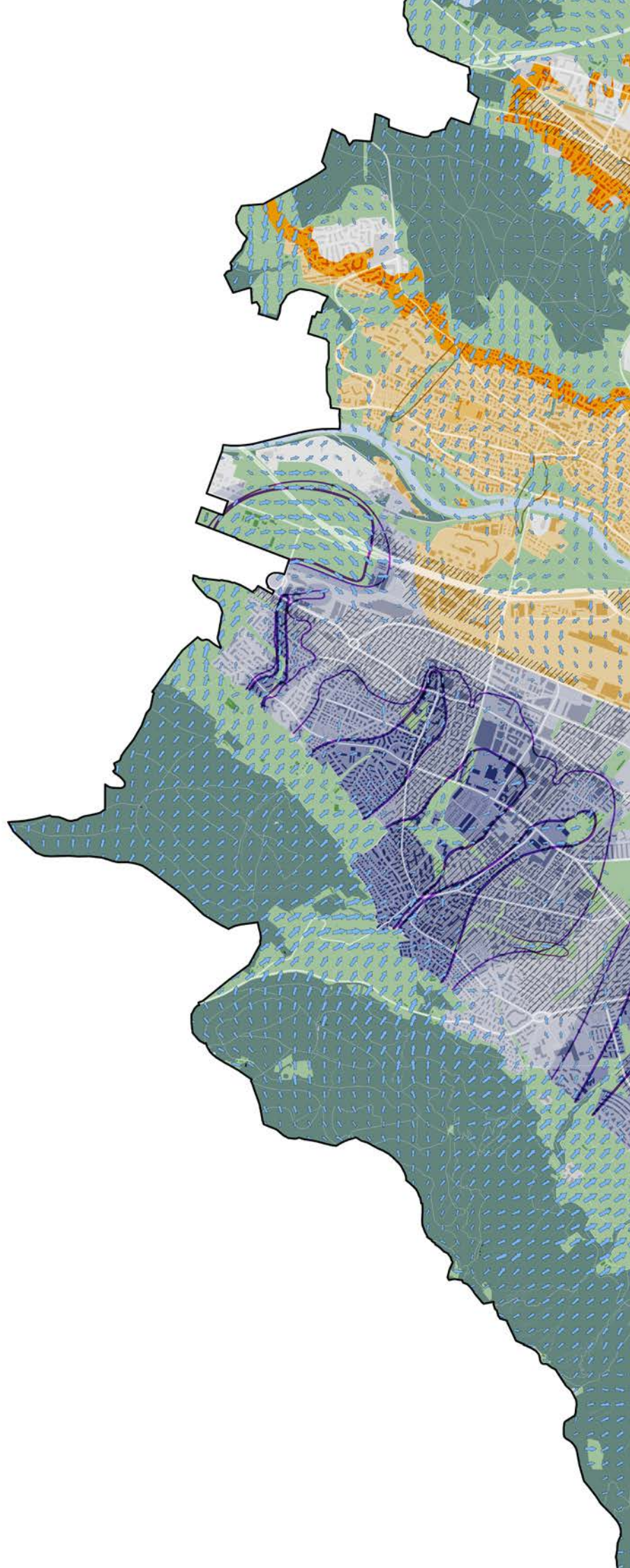
-  Siedlungsgebiet
-  Grün- und Freiräume
-  Waldfläche

Baustruktur

-  Gebäude Bestand (Stand 2016)
-  Gebäude Neubau (Stand Juni 2019)

Verdichtungsgebiete

-  Gebiete mit baulicher Verdichtung über BZO 2016 hinaus (Kommunaler Richtplan SLöBA)



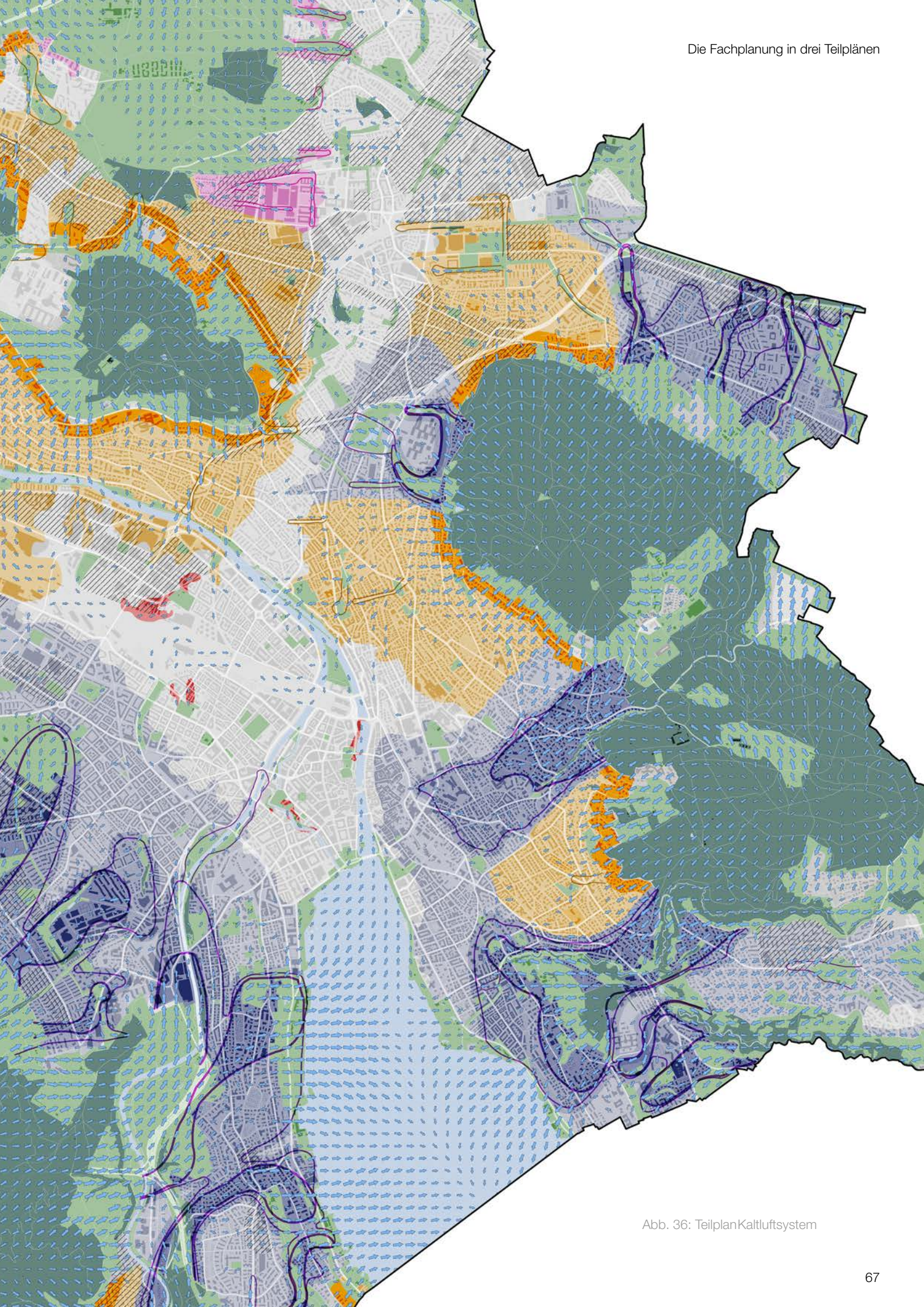


Abb. 36: Teilplan Kaltluftsystem



4 Handlungsfelder

Gesamtstädtische, übergeordnete Handlungsfelder zur Hitzeminderung werden beschrieben. Sie stellen die Grundlage für ein klimangepasstes Stadtgefüge dar und bilden Leitsätze, die bei allen zukünftigen baulich-planerischen Überlegungen zur Orientierung beigezogen werden können. Dabei handelt es sich nicht um starre Regeln, sondern um Prinzipien, die Handlungsoptionen und -spielräume eröffnen.

4. Handlungsfelder

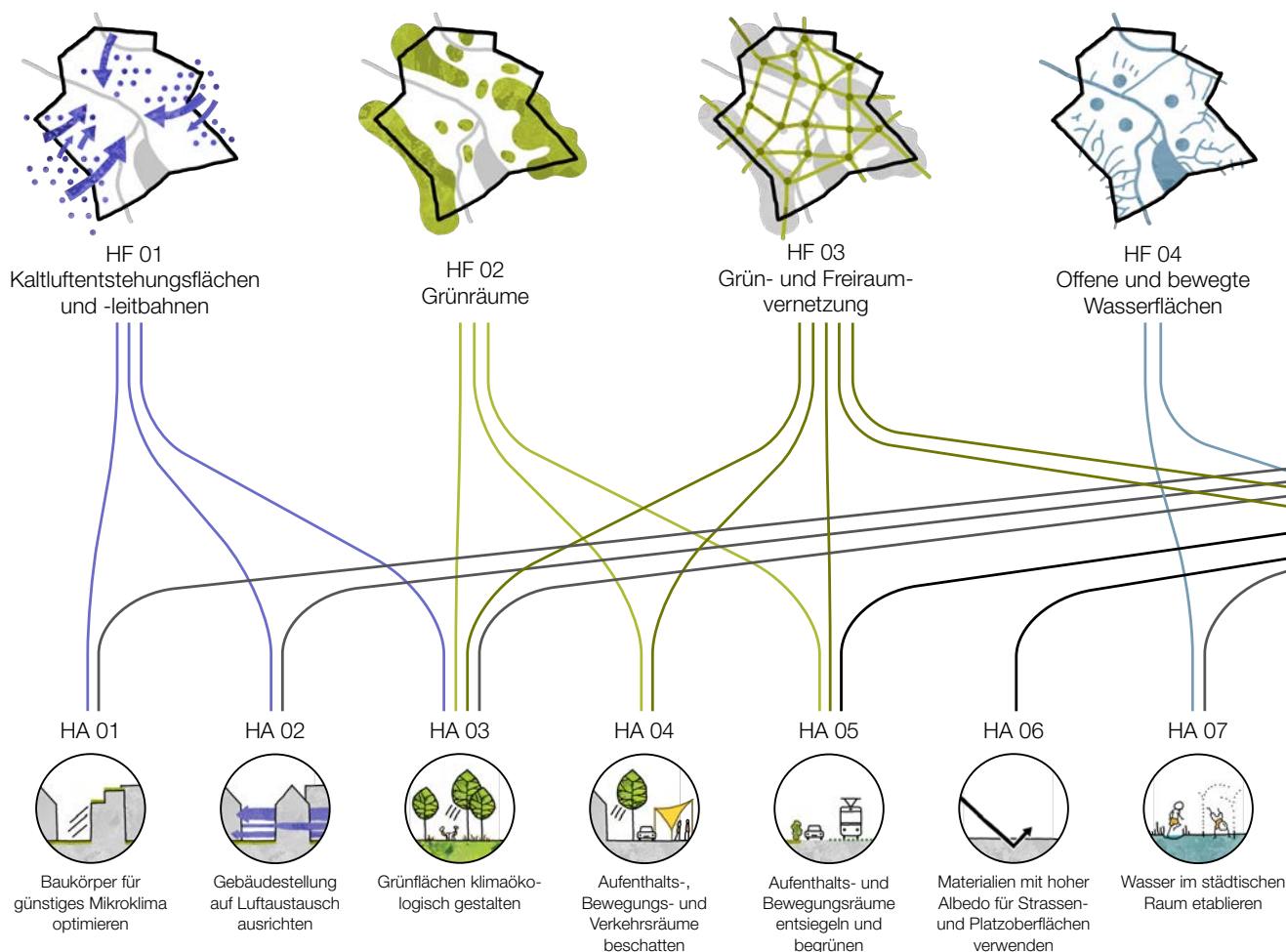
Handlungsfelder

Handlungsfelder (HF) sind gesamtstädtische, übergeordnete Planungsgrundlagen zum zukünftigen Umgang mit den aus Sicht der Hitzeminderung wichtigsten städtischen Themen: Kaltluft, Grünräume, Grün- und Freiraumvernetzung, Wasser, Bebauung, Straßen und Plätze sowie Wärmeemissionen.

Die Handlungsfelder dienen der Orientierung bei allen grundsätzlichen Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung des Stadtkörpers. Jedem Handlungsfeld lassen sich gleichzeitig mehrere konkrete Handlungsansätze (HA) auf lokaler Ebene im Quartier oder am Gebäude zuordnen (Abb. 37).

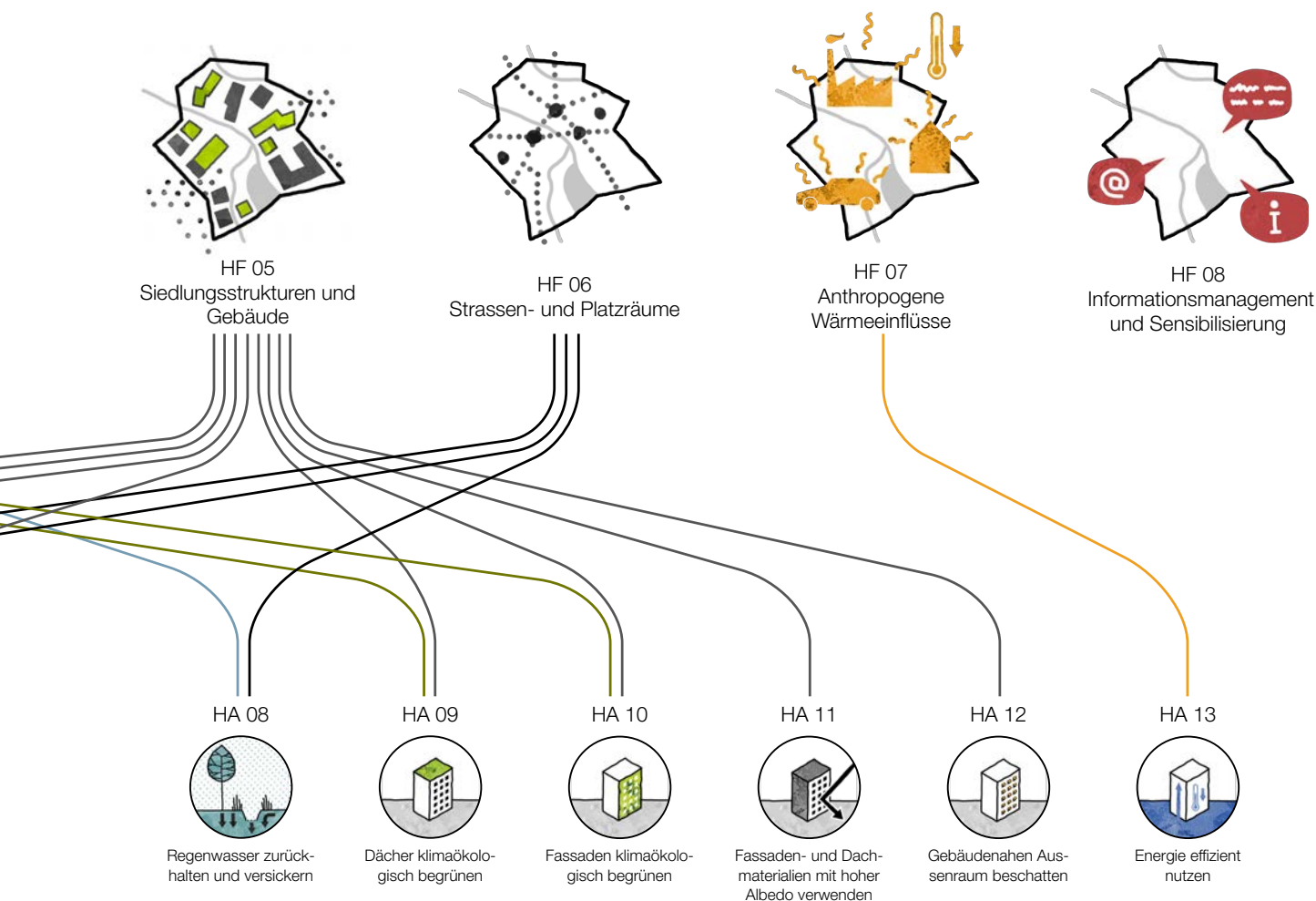
Systematische Beschreibung

In diesem Kapitel werden die acht Handlungsfelder steckbriefartig beschrieben und mit verschiedenen Beispielen und weiteren Informationen nachvollziehbar dargestellt. Jedes Handlungsfeld wird dabei nach folgender Systematik erläutert:



- **Beschreibung:** Zuerst wird das Handlungsfeld erläutert und dessen Potenzial im Hinblick auf die Hitzeminderung dargelegt.
- **Zielsetzung:** Es wird aufgezeigt, welche übergeordneten Absichten und Ziele mit dem Handlungsfeld verfolgt werden.
- **Synergien und Herausforderungen:** Dieser Abschnitt formuliert einerseits mögliche Synergieeffekte, andererseits legt er eine Auswahl an Herausforderungen dar, die bei gegenläufigen Zielen hinderlich wirken können.
- **Schnittstellen:** Hier werden Instrumente, Konzepte und Leitbilder beschrieben, die bereits Zielsetzungen der Handlungsfelder beinhalten oder eine bestimmte Relevanz für das Klima in der Stadt Zürich aufweisen.
- **Mehr zum Thema:** Ausgewählte Fachliteratur sowie zusätzliche Informationen zur Stadt Zürich beziehungsweise zu anderen Städten im In- und Ausland sowie zu Bund und Kantonen und weiteren Institutionen werden hier und im Anhang genannt. Die Auflistung ist nicht abschliessend.

Abb. 37: Die Verknüpfung von Handlungsfeldern (obere Reihe) und lokalen Handlungsansätzen (untere Reihe) zur klimatischen Anpassung der Stadt





4.1 Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen (HF 01)

Beschreibung

Kaltluft entsteht in grossen Mengen am Siedlungsrand (Wälder, Wiesen und Felder) und kann um mehr als 10 °C kühler sein als die Luft im Stadtkern. Kaltluftleitbahnen leiten als lineare, vegetationsgeprägte, hindernisarme Freiflächen (Gewässerräume, Grünzüge oder auch grössere, möglichst begrünte Verkehrswege) die nächtlich produzierte Kaltluft ins thermisch belastete Siedlungsgebiet.

Zielsetzung

Die Stadt Zürich erhält, entwickelt und fördert ihr wirksames Kaltluftluftsystm durch Beibehaltung der unbebauten, durchgrünzten Flächen und Grünzüge. Wo nötig werden neue Grünflächen geschaffen. Gebäudestruktur und Gebäudestellung werden bei Neu- und Umbau hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Kaltluftstrom geprüft.

Synergien und Herausforderungen

Die Durchlüftung der Siedlungsstruktur kann eine unmittelbare Verbesserung der Luftqualität zur Folge haben, indem Luftschadstoffe sowie störende und belastigende Immissionen (Gerüche, Rauch, Stäube) abtransportiert werden. Der Erhalt und die Förderung der Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen unterstützen die Sicherung der Erholungsräume, der land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie der Flächen für die biologische Vielfalt (Lebensraum Stadtflora, Stadtfauna). Begrünte und unversiegelte Flächen ermöglichen die Regenwasserversickerung und folglich die Grundwasserneubildung.

Gleichzeitig stellen die dauerhafte Sicherung von Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen in Bauzonen und die Gewährleistung ihrer Wirkung für das Stadtklima eine Herausforderung für die Stadt- und Nutzungsplanung dar.

Schnittstellen

- **Regionaler Richtplan (2017):** Formuliert das Ziel: Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen sind wegen ihrer stadtklimatischen und lufthygienischen Wohlfahrtswirkung zu erhalten.
- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Von einer weiteren Bauland-Einzonung wird abgesehen. Verdichtungsabsichten sind mit den stadtklimatischen Anforderungen abgestimmt. Die Berücksichtigung des Stadtklimas in Planungen ist als Ziel formuliert. Die Kaltluftleitbahnen ins Stadtgebiet sollen speziell bei Sondernutzungsplanungen und im Rahmen städtischer Projekte (öffentliche Bauten und Anlagen, Freiräume) erhalten werden.
- **Nutzungsplanung:** Die Kaltluftentstehungsflächen sind in der Bau- und Zonenordnung durch Freihalte-, Erholungs-, Landwirtschaftszonen und Wald gesichert. Dagegen befinden sich Kaltluftleitbahnen teilweise in Bau- und Erholungszonen, wo sie nicht ausreichend geschützt sind und durch ungünstige Gebäudestrukturen und -stellungen empfindlich gestört werden können. Hier kann die Stadt in der Bau- und Zonenordnung, bei Sondernutzungsplanungen und konkreten Bauvorhaben darauf

hinwirken, dass die Leitbahnen weiterhin funktionsfähig bleiben und gefördert werden. Dies gilt insbesondere für Bauvorhaben im Zusammenhang mit städtischen Planungen.

- **Räumliche Entwicklungsstrategie Stadt Zürich (2009):** Die für das Klima wichtigen Wälder, Landschafts- und Freiräume im Siedlungsgebiet werden in ihrer Funktion als Kaltlufterzeuger gestärkt.
- **Planhinweiskarten des Kantons Zürich (2018):** Differenziert für eine Tag- und Nachtsituation liegen Planhinweiskarten vor, die eine flächendeckende Bewertung der klimatischen Belastungssituationen (Siedlungsräume) und Entlastungsfunktionen (Grünflächen, bioklimatische Bedeutung) beinhalten.

Mehr zum Thema

Stadtwald. GSZ

Landwirtschaft in der Stadt Zürich. GSZ

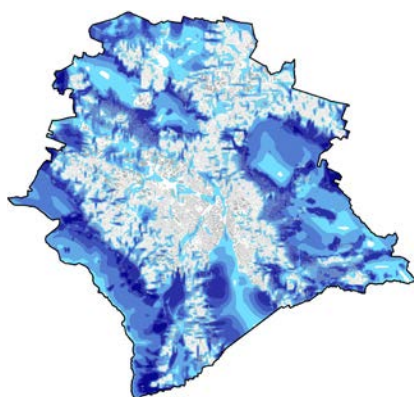


Abb. 38: Bodennahes Kaltluftströmungsfeld (Legende siehe Abb. 9, S. 28)

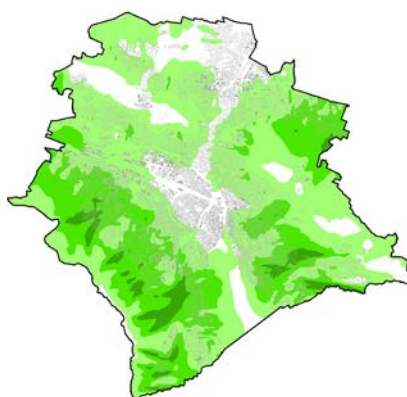


Abb. 39: Kaltluftvolumenstrom (Legende siehe Abb. 10, S. 29)

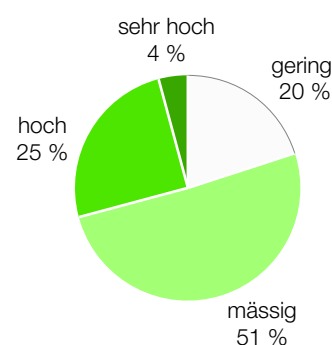


Abb. 40: Diagramm Kaltluftvolumenstrom

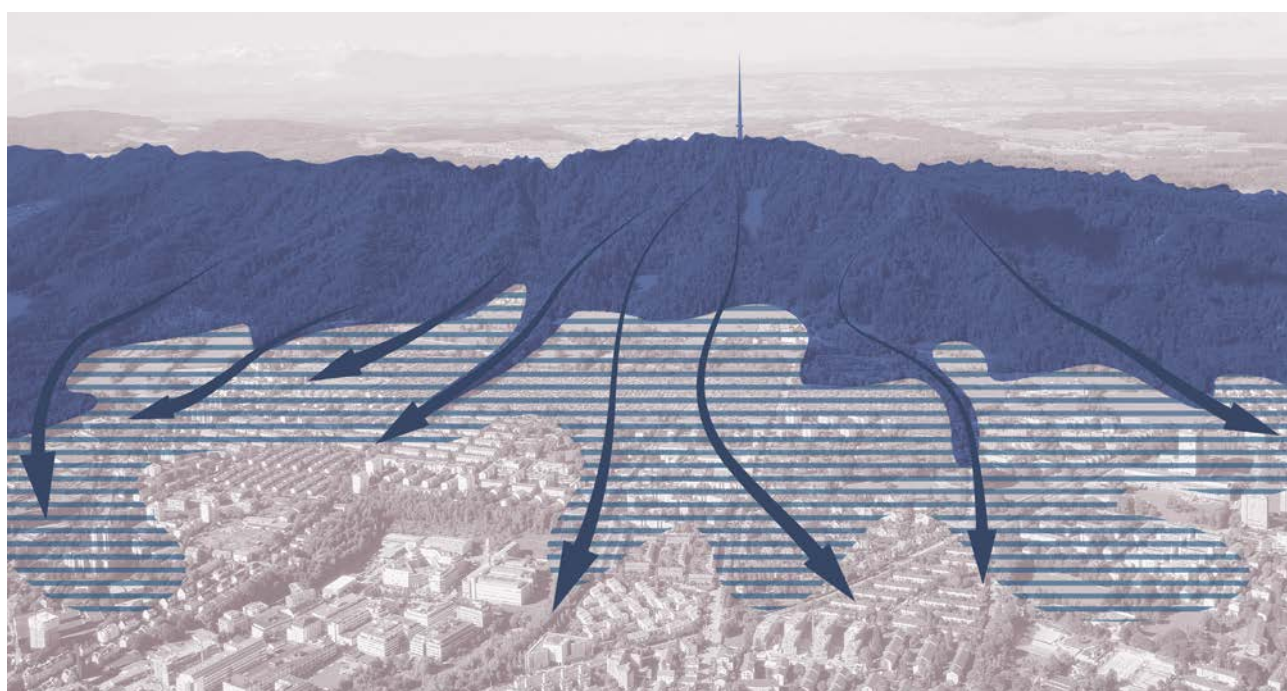


Abb. 41: Kaltluftleitbahnen versorgen das Stadtgebiet, hier vom Uetliberg, über die Tobel, Grün- und Strassenzüge.



4.2 Grünräume (HF 02)

Beschreibung

Ab einer Grösse von etwa einem Hektar können Grünräume im Siedlungsgebiet über Luftaustauschprozesse kühlere Luft in benachbarte Quartiere liefern und stellen somit als Rückzugs- und Erholungsräume auch Klima-Oasen dar. Innerhalb des Siedlungsgebiets der Stadt Zürich ist die Auswahl entsprechender Grünräume begrenzt. Die für das Kaltluftsystem besonders wirksamen Grünräume liegen vorwiegend ausserhalb des Siedlungsgebiets. Zusammenhängende Waldgebiete, Felder und Wiesen sind wichtige Kaltluftentstehungsgebiete, die sauerstoffreiche, staubfreie, wenig belastete Luft liefern.

Zielsetzung

Bestehende klimaökologische Grünräume bleiben erhalten oder werden, wo nötig, mit hoher mikroklimatischer Vielfalt (Schattenplätze, Verdunstungsflächen usw.) verbessert und entwickelt, neue Grünräume werden nach Möglichkeit als «kühle Inseln» geschaffen. Bei der Verdichtung bestehender Quartiere und Siedlungsgebiete wird die Entwicklung neuer und klimaökologischer Grünräume in besonderem Mass berücksichtigt.

Synergien und Herausforderungen

Eine zur Bevölkerungsentwicklung ausgewogene Grünraumentwicklung stellt aufgrund des Fehlens von Freiflächen und Landreserven, insbesondere im innerstädtischen Siedlungsgebiet, eine Herausforderung dar. Die Erhaltung und Entwicklung klimatisch günstiger, beschatteter Grünräume kann sich durch viele parallele Flächenansprüche sowie schlechtere Wachstumsbedingungen für Bäume schwierig gestalten. Die Einhaltung von Grenzabständen muss berücksichtigt werden. Dies kann Entwicklungsmöglichkeiten wesentlich einschränken. Die ausreichende Verfügbarkeit von Wasser ist eine Grundvoraussetzung für die Verdunstungsleistung der Vegetation in Grünräumen, stellt aber gerade in Hitzeperioden zunehmend eine weitere Herausforderung dar.

Schnittstellen

- **Gemeindeordnung Stadt Zürich:** Art. 2^{octies} verpflichtet die Stadt Zürich, öffentlichen Grünraum auf dem gesamten Stadtgebiet zu sichern, unversiegeltes Land zu schützen, zu vernetzen sowie dessen Qualität als Naherholungsgebiet und die ökologische Funktion langfristig zu gewährleisten.
- **Regionaler Richtplan (2017):** Ziele der Gesamtstrategie sind die Sicherstellung der stadtklimatischen Wohlfahrtswirkung unversiegelter städtischer Grünflächen und Freiraumbänder sowie der Erhalt des bestehenden und die Schaffung neuen Grünvolumens im kompakten Stadtkörper. Im Sinne des ökologischen Ausgleichs fordert der regionale Richtplan einen Anteil von mindestens 15 Prozent ökologisch wertvoller Flächen, u. a. im Siedlungsgebiet, die auch das Stadtklima verbessern können. Ausserdem gelten 8 m² öffentlicher, multifunktionaler Freiraum pro Einwohner und 5 m² pro Arbeitsplatz (nicht zwingend Grünraum) als Planungsrichtwerte für eine «gute Freiraumversorgung».

- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Eines der Ziele der Freiraumentwicklung für die Erholung ist die Gestaltung von Freiräumen mit hohem Wert für das Stadtklima. Unter anderem bilden grosskronige Baumbestände wichtige Kompensationsmassnahmen in stadtklimatisch belasteten Räumen.
- **Nutzungsplanung:** Die planungsrechtliche Sicherung der Grünräume erfolgt über die Bau- und Zonenordnung (Freihalte- und Erholungszonen). Durch die Einführung der Baumschutzgebiete in der BZO-Teilrevision 2016 besteht die baurechtliche Basis, Baumfällungen einzuschränken und Ersatzpflanzungen einzufordern.
- **Grünbuch Stadt Zürich (2019):** Definiert Wirkungsziele für Grün Stadt Zürich. So sollen mit Grün- und Freiräumen unerwünschte Effekte der sich wandelnden Klimabedingungen gemildert werden. Grün Stadt Zürich will und soll zum Schutz und zur Vernetzung unbebauter und unversiegelter Flächen in der Stadt Zürich beitragen.

Mehr zum Thema

Wohn- und Arbeitsumfeld. GSZ



Abb. 42: Die Zürcher Grünräume sind wichtige Elemente für Stadtbild, Erholung und Kaltluftsystem; grössere Grünflächen können Kaltluft in angrenzende Gebiete liefern, kleinere Grünanlagen wirken als Trittsteine sowie als Klima-Oasen für die Bevölkerung.

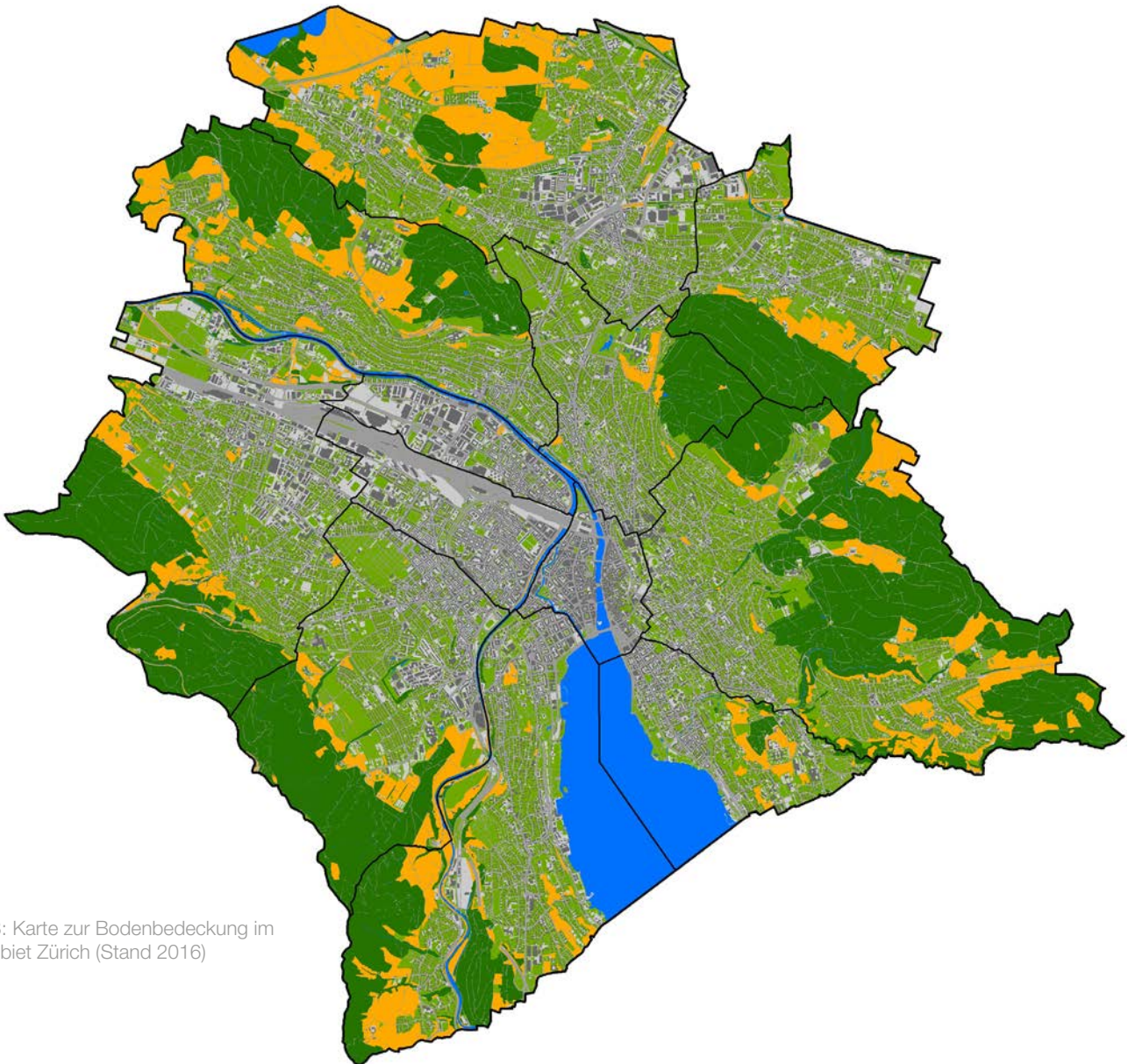


Abb. 43: Karte zur Bodenbedeckung im Stadtgebiet Zürich (Stand 2016)

Flächenkategorien Bodenbedeckung

- Gebäude
- Verkehrsfläche
- befestigte Fläche
- Landwirtschaftsfläche
- Grünfläche
- bestockte Fläche / Wald
- Gewässer

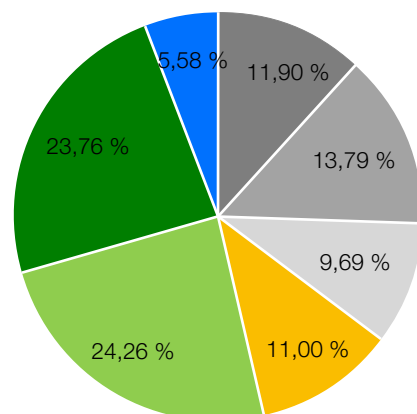


Abb. 44: Diagramm zur Bodenbedeckung im Stadtgebiet Zürich (Stand 2016)

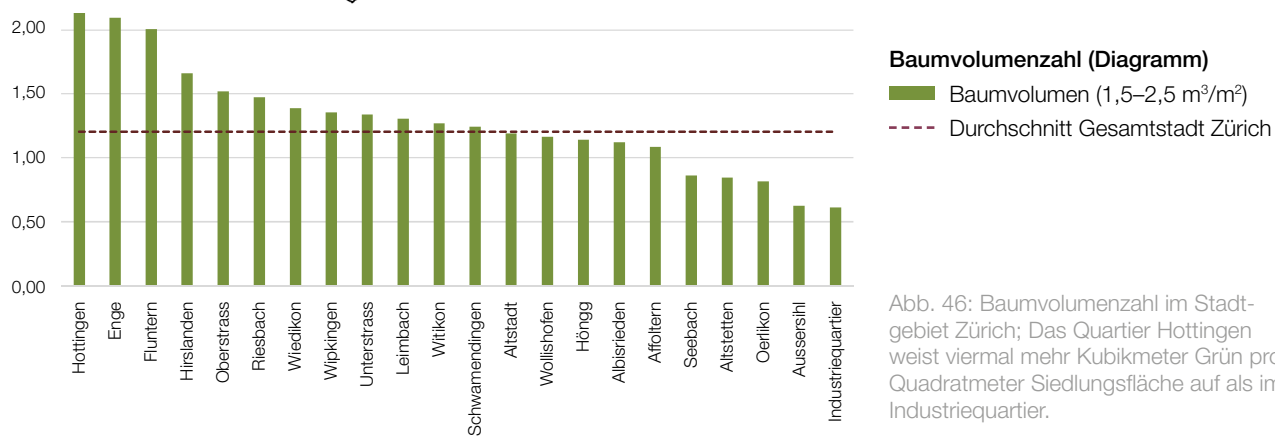
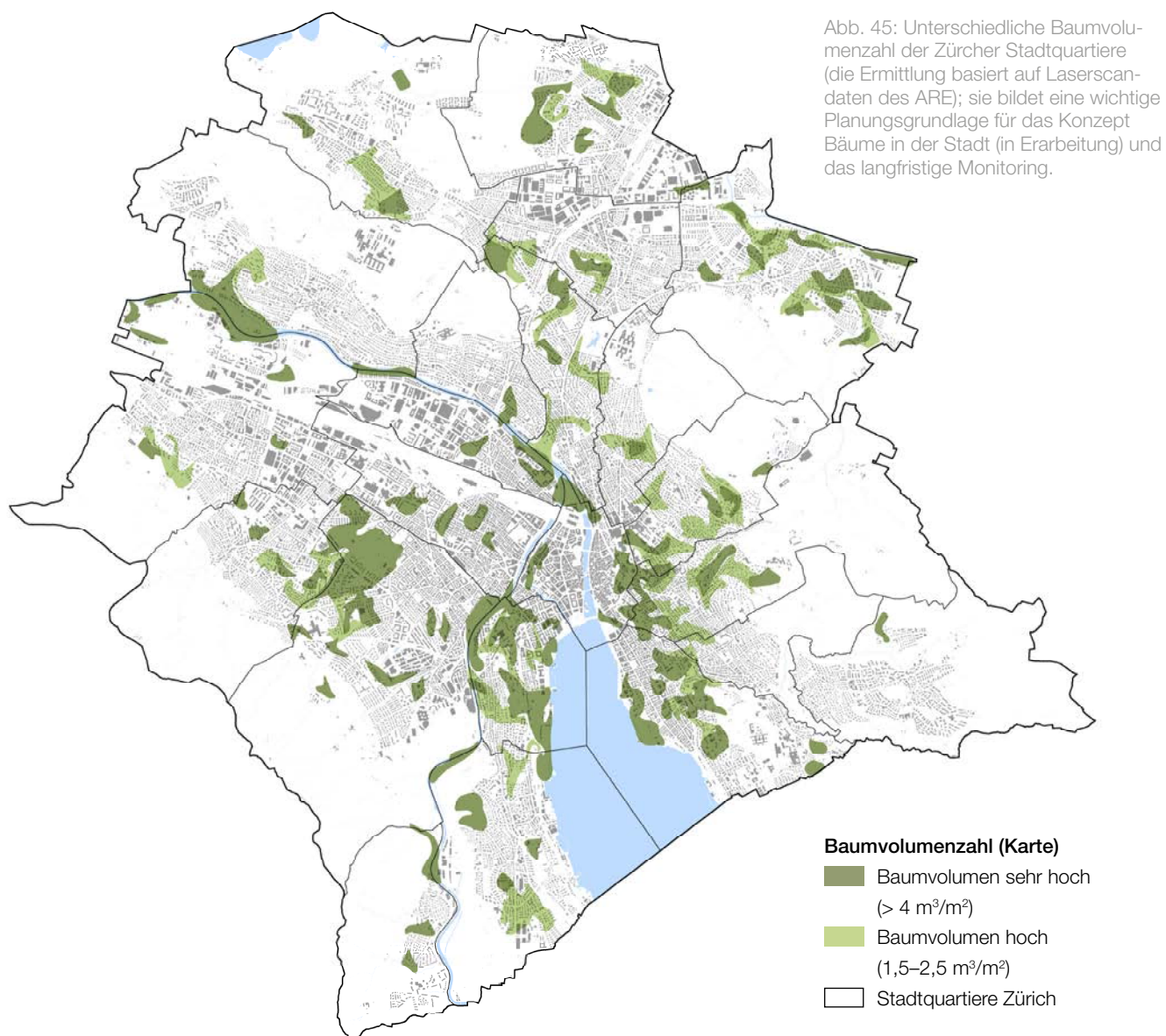


Abb. 46: Baumvolumenzahl im Stadtgebiet Zürich; Das Quartier Hottingen weist viermal mehr Kubikmeter Grün pro Quadratmeter Siedlungsfläche auf als im Industriequartier.



4.3 Grün- und Freiraumvernetzung (HF 03)

Beschreibung

Die Vernetzung von Grünräumen erfolgt über die Begrünung und Bepflanzung von Strassenräumen und Wegen mit Bäumen und durch die Entwicklung regelmässiger Trittsteine, z. B. in Form von kleinen Parks und Platzräumen aber auch von Gärten.

Zielsetzung

Klimaökologische Grünräume am Stadtrand vernetzen die Stadt Zürich konsequent mit dem Siedlungskörper. Die Bevölkerung kann dank der Grün- und Freiraumvernetzung nahe gelegene Grünräume stressfrei und beschattet über entsprechend ausgestaltete Wegeverbindungen erreichen. Zudem können grössere und kleinere Grünstrukturen als Trittsteine den Kaltlufttransport unterstützen.

Synergien und Herausforderungen

Die Vernetzung von Grünräumen dient neben der Schaffung klimatischer Trittsteine der Freiraumversorgung, der biologischen Vielfalt und der Luftreinigung. Insbesondere die Bepflanzung mit grosskronigen Bäumen wirkt als räumliches Element positiv auf die Gestaltung der Stadt- und Strassenräume. Der Sicherung von grünen Vernetzungskorridoren ist insbesondere in Verdichtungsperimetern Rechnung zu tragen. Begrünte und unversiegelte Flächen ermöglichen Regenwasserversickerung sowie Retention und tragen damit zur Grundwasserneubildung bei.

Nutzungskonflikte mit der Verkehrsinfrastruktur (Velowegen, Haltestellen, Anforderungen an Strassenbreiten), die schwieriger werdenden Standortbedingungen in Städten (Klimawandel) und der finanzielle Aufwand durch Erstellung und Erhaltung stellen Herausforderungen dar. Trotz vielerlei Anforderungen an die Pflanzenauswahl muss die Möglichkeit einer gesunden Entwicklung zur klimaökologischen Vegetationsstruktur gewährleistet sein.

Schnittstellen

- **Gemeindeordnung Stadt Zürich:** Art. 2^{octies} verpflichtet die Stadt Zürich, öffentlichen Grünraum auf dem gesamten Stadtgebiet zu sichern, unversiegeltes Land zu schützen, zu vernetzen und dessen Qualität als Naherholungsgebiet und die ökologische Funktion langfristig zu gewährleisten.
- **Kommunaler Richtplan Verkehr (Stand Sept. 2019):** In Zentrumsgebieten, Quartierzentren und bei Nutzungsschwerpunkten wird den Bedürfnissen des Fussverkehrs Priorität eingeräumt. Die «Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität» formulieren höhere Anforderungen an Gestaltungs- und Aufenthaltsqualität. Verschiedene Ansätze sind möglich, u. a. die Schaffung klimatisch angenehmer Verhältnisse (Beschattung, Entsiegelung, Begrünung).

- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Als Ziel für die Entwicklung der Stadtnatur ist ein angemessener Bestand an Grossbäumen auch im verdichteten Stadtkörper gesichert und dient unter anderem der Kompensation in Hitzegebieten. Vernetzungskorridore leisten als Versickerungs- und Verdunstungsflächen einen positiven Beitrag an das Stadtklima.
- **Nutzungsplanung:** Die planungsrechtliche Sicherung der Grünraumvernetzungen erfolgt über die Bau- und Zonenordnung (Freihalte- und Erholungszonen).
- **Grünbuch Stadt Zürich (2019):** Es definiert Wirkungsziele für Grün Stadt Zürich. Der Grün- und Freiraumplan stellt das Grün- und Freiraumnetz der Stadt Zürich dar. Das Grün- und Freiraumangebot soll quantitativ und qualitativ erhalten, gezielt aufgewertet, erweitert sowie gut vernetzt werden. Bioklimatische Belastungen sollen mit Gegenmassnahmen abgeschwächt werden.

Mehr zum Thema

Alleenkonzept. GSZ

Urban Green & Climate Bern. Die Rolle und Bewirtschaftung von Bäumen in einer klimaangepassten Stadtentwicklung. BAFU



Abb. 47: Prinzip der Vernetzung übergeordneter Frei- und Grünräume

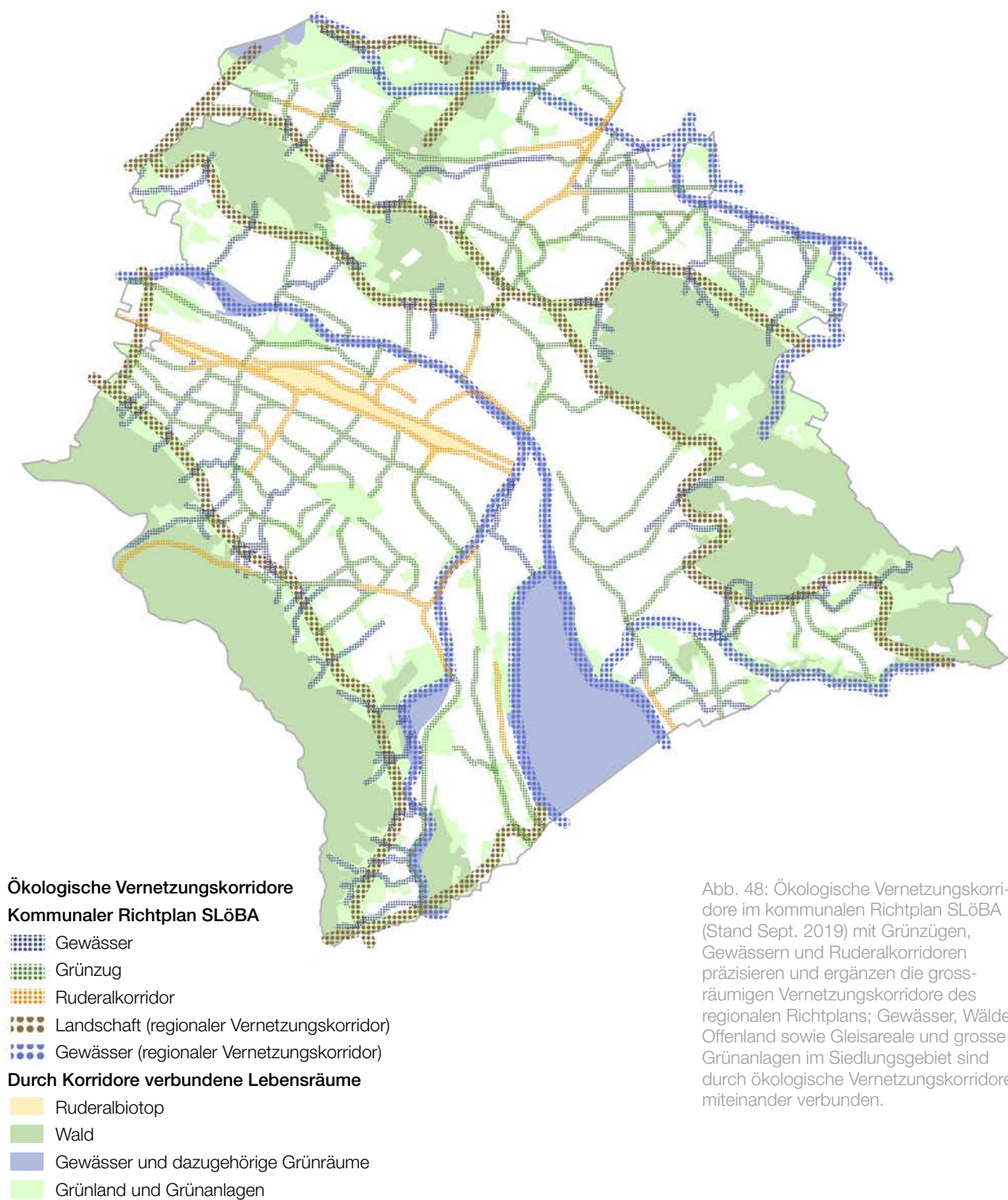


Abb. 48: Ökologische Vernetzungskorridore im kommunalen Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019) mit Grünzügen, Gewässern und Ruderalkorridoren präzisieren und ergänzen die grossräumigen Vernetzungskorridore des regionalen Richtplans; Gewässer, Wälder, Offenland sowie Gleisareale und grosse Grünanlagen im Siedlungsgebiet sind durch ökologische Vernetzungskorridore miteinander verbunden.



Abb. 49: Der Grünzug Stauffacherstrasse mit Alleen in Grünstreifen ist ein lokaler Vernetzungskorridor von kommunaler Bedeutung und bietet als Fussweg erhöhte Aufenthaltsqualität zwischen Sihl, Helvetiaplatz / Bäckeranlage und Bullingerplatz / Bullingerhof.



Abb. 50: Baumreihen entlang der Stauffacherstrasse beschatten den Strassenraum und vernetzen die Allee sowie die Quartiere Langstrasse und Hard miteinander.



Abb. 51: Der Schanzengraben ist ein wichtiger Naherholungsraum an zentraler Lage.



4.4 Offene und bewegte Wasserflächen (HF 04)

Beschreibung

Offene Wasserflächen entziehen der Luft an heissen Tagen Wärme und kühlen sie ab. Es entsteht Verdunstungskühle. Je grösser das Gewässer ist, desto stärker ist dessen Kühlwirkung. Bewegtes Wasser erbringt durch die grössere Oberfläche eine noch grössere Verdunstungsleistung.

Zielsetzung

Die Stadt Zürich baut ihr System und die Zugänglichkeit von Oberflächengewässern weiter aus. Offene Wasserflächen und -elemente werden dabei im Hinblick auf eine optimierte Verdunstungsleistung entwickelt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Kombination mit Konzepten der Siedlungsentwässerung gelegt, z. B. bezüglich des Zurückhaltens und Versickerns von Regenabwasser in begrün-ten Gräben oder Mulden.

Synergien und Herausforderungen

Offene und bewegte Wasserflächen fördern neben ihrer kühlenden Verdunstungswirkung die biologische Vielfalt und verbessern die Aufenthaltsqualität im Freiraum. Gewässer erzeugen als räumliche und gestalterische Elemente Synergien mit der Umgebungsgestaltung und sorgen für eine ökologische Aufwertung. Ausserdem tragen sie, gezielt eingesetzt, zur Verbesserung der akustischen Qualität (Über-tönung von Verkehrslärm durch bewegte Wasserelemente) bei. Als Herausforderung ist der entstehende finanzielle Aufwand durch die Erstellung und Erhaltung offener Gewässer, Brunnen und Was-serspiele (Wasserqualität) zu nennen.

Schnittstellen

- **Regionaler Richtplan (2017):** Das Ziel für die Weiterentwicklung der Gewässer ist, dass sie attraktive und gut zugängliche Erholungs- und Erlebnissräume bieten und wichtige Räume für die biologische Vielfalt und ökologische Vernetzung darstellen. Das Ziel für die Wasserversorgung ist ein Netz öffentlich zugänglicher Brunnen, das den öffentlichen Raum in der Stadt Zürich bereichert.
- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Eines der Ziele der Freiraumentwicklung für die Erholung ist die Gestaltung von Freiräumen mit hohem Wert für das Stadtklima. Unter anderem sind offene und bewegte Wasserflächen wichtige Kompensationsmassnahmen in stadtklimatisch belasteten Räumen.
- **Bachkonzept:** In den 1980er-Jahren wurde ein «Bachkonzept» erarbeitet und vom Stadtrat als Planungsinstrument genehmigt. Dieses zeigt Möglichkeiten für Bachöffnungen und Bachaufwertungen auf und wird aktiv umgesetzt. Seit 1988 wurden mehr als 15 Kilometer Fliessgewässer wieder freigelegt.
- **Leitbilder und Konzepte Stadt und Kanton:** Für die künftige Entwicklung der bedeutenden Gewässer in der Stadt Zürich werden Leitbilder und Konzepte entwickelt, um unterschiedliche Ansprüche und Nutzungen an Gewässern zu koordinieren (Leitbild Zürichsee 2050, Leitbild Seebecken Stadt Zürich usw.).

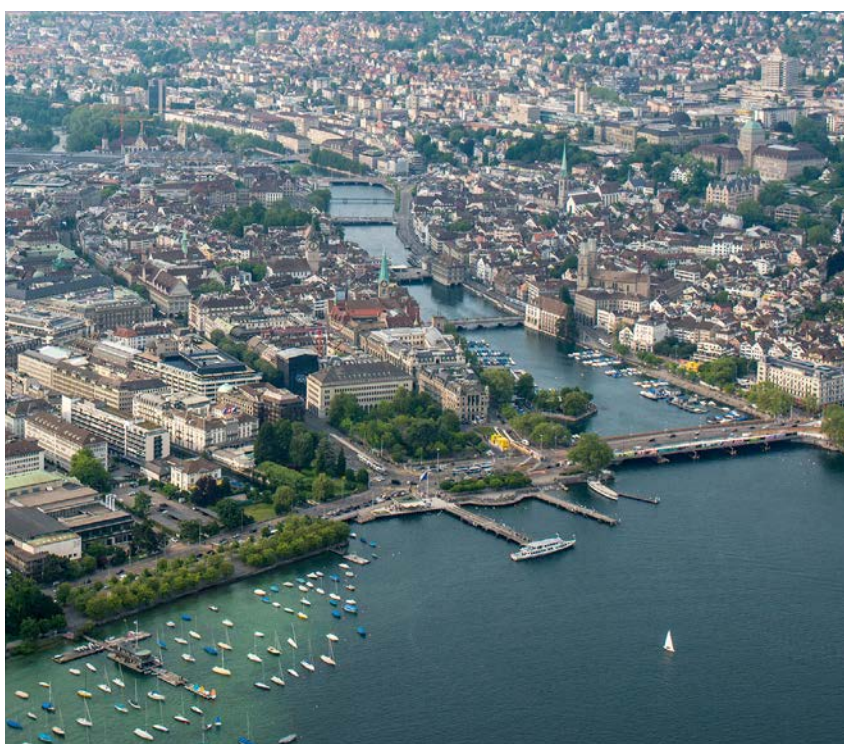


Abb. 52: Der Übergang vom Zürichsee zur Limmat

Mehr zum Thema

Stadtbäche – entdecken Sie Zürichs grüne Oasen. ERZ

Arbeitshilfe «Versickerung in Stadträumen». ERZ

Brunnen und Quellen in Zürich. WVZ

Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung Universität Stuttgart

Leitfaden zur zielorientierten Planung von Massnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Kuras

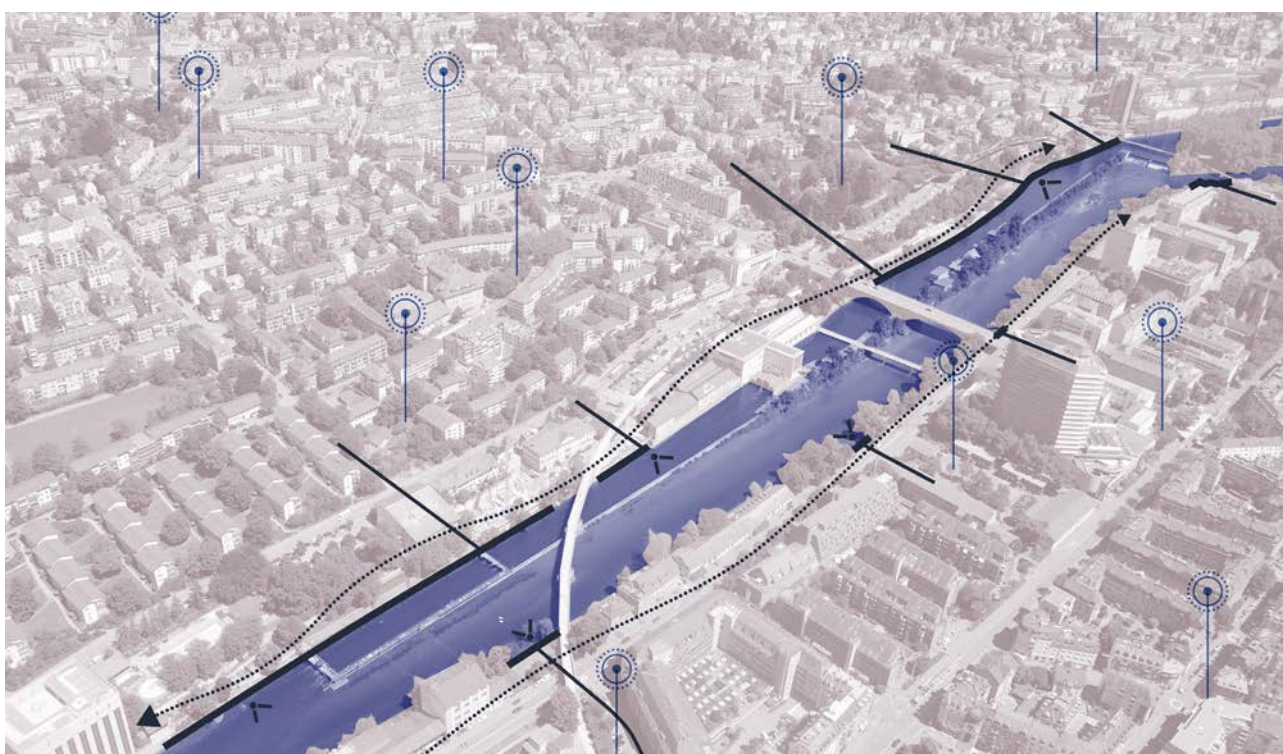


Abb. 53: Grosse Teile der Uferbereiche von Limmat, Sihl und Glatt sind frei zugängliche, klimaökologische Erholungsräume; wesentlich ist eine möglichst direkte Zuwegung, die Uferzonen übernehmen wichtige Vernetzungsfunktionen; eine Vielzahl an (Trink-) Brunnen im öffentlichen Raum ergänzt den Zugang zu Wasser.



4.5 Siedlungsstrukturen und Gebäude (HF 05)

Beschreibung

Die gezielte Anordnung der Gebäudestrukturen, die Auswahl geeigneter Gebäudetypologien sowie die Gebäudeausgestaltung können das Mikroklima vom Einzelgebäude bis zum ganzen Stadtteil positiv beeinflussen, beispielsweise indem Kaltluftdynamik und Durchlüftung verbessert, neue Grünräume geschaffen oder bestehende Grünräume klimaoptimiert gestaltet werden. Bei Gebäuden können die Reflexionsfähigkeit (Albedo), die Eigenverschattung oder die Verdunstung an Oberflächen erhöht sowie die Wärmeemissionen reduziert werden.

Zielsetzung

Bereits auf der Ebene städtebaulicher Konzepte werden massgebliche Entscheidungen für die bioklimatische Situation in Quartier und Umgebung getroffen. Die Stadt Zürich wirkt darauf hin, im Siedlungsbestand sowie bei Neu- und Umbauten von Gebäudestrukturen gemäss ihren Handlungsmöglichkeiten eine klimatische Optimierung von Siedlungsstrukturen und Gebäuden zu erzielen.

Synergien und Herausforderungen

Die klimatische Optimierung von Siedlungsstrukturen und Gebäuden bewirkt neben der Verbesserung des Bioklimas einen reduzierten Energieverbrauch für die Entwärmung der Gebäude. Die Begrünung von Gebäuden und die Nutzung von Dachgärten dienen der Verschattung des Gebäudes, dem Wasserrückhalt, der Verdunstung, der Freiraumversorgung, der Senkung der unmittelbaren Umgebungstemperatur und der ökologischen Vielfalt. Die Vielzahl an Synergien kann einen erhöhten Aufwand für die Pflege rechtfertigen. In den Sommermonaten, insbesondere in den Mittagsstunden und je nach Ausrichtung der Gebäude, kann die Eigenverschattung einen positiven Effekt erzielen. Wichtig ist und bleibt jedoch die ausreichende Verfügbarkeit von Tages- und Sonnenlicht in Freiräumen und Aufenthaltsbereichen, insbesondere in den übrigen Jahreszeiten. Herausforderungen bestehen in den fehlenden Instrumenten und gesetzlichen Grundlagen zur Optimierung von Siedlungsstrukturen und Gebäuden aus klimatischer Sicht. Interessenabwägungen sind in Bezug auf eine erwünschte Besonnung, Lärmschutz, Aussicht, Siedlungsqualität (Form und Stellung von Gebäuden) und den Stadtraum insgesamt erforderlich.

Schnittstellen

- **Regionaler Richtplan (2017):** Die Verbesserung des Lokalklimas durch Vermeidung thermischer Überhitzung soll durch Freiräume als Teil einer qualitätsvollen Siedlungsentwicklung erzielt werden.
- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Die bauliche Verdichtung wird mit den stadtklimatischen Anforderungen koordiniert. Ziel der umweltverträglichen räumlichen Entwicklung ist, dass eine weitere Überwärmung vermieden wird. Der Kaltluftzustrom ins Siedlungsgebiet ist zu gewährleisten. In bereits überwärmten Gebieten ist die Erwärmung abzumildern.

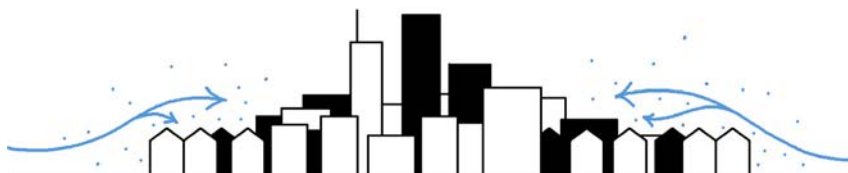


Abb. 54: Bei Randbebauungen sollte darauf geachtet werden, dass die Kaltluft vom Umland in die Stadt strömen kann.

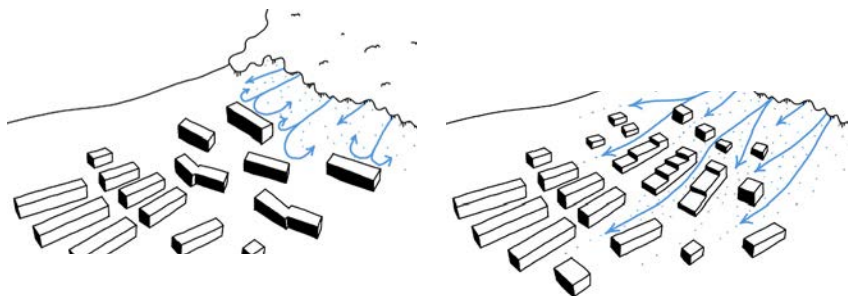


Abb. 55: Bei der Nachverdichtung in Hanglagen ist eine möglichst durchlässige Hangbebauung (Punkthäuser, Zeilen orthogonal zum Hang) zu verfolgen; grosse, undurchdringbare Baustrukturen wie hangparallele Zeilenbebauungen sind aus stadtklimatischer Sicht zu vermeiden.

Mehr zum Thema

Städtebauliche Klimafibel,
Hinweise für die Bauleitplanung.
Ministerium für Verkehr und
Infrastruktur Baden-Württemberg

Stadtentwicklungsplan Klima.
KONKRET – Klimaanpassung
in der wachsenden Stadt.
Senatsverwaltung für Stadtent-
wicklung und Umwelt Berlin

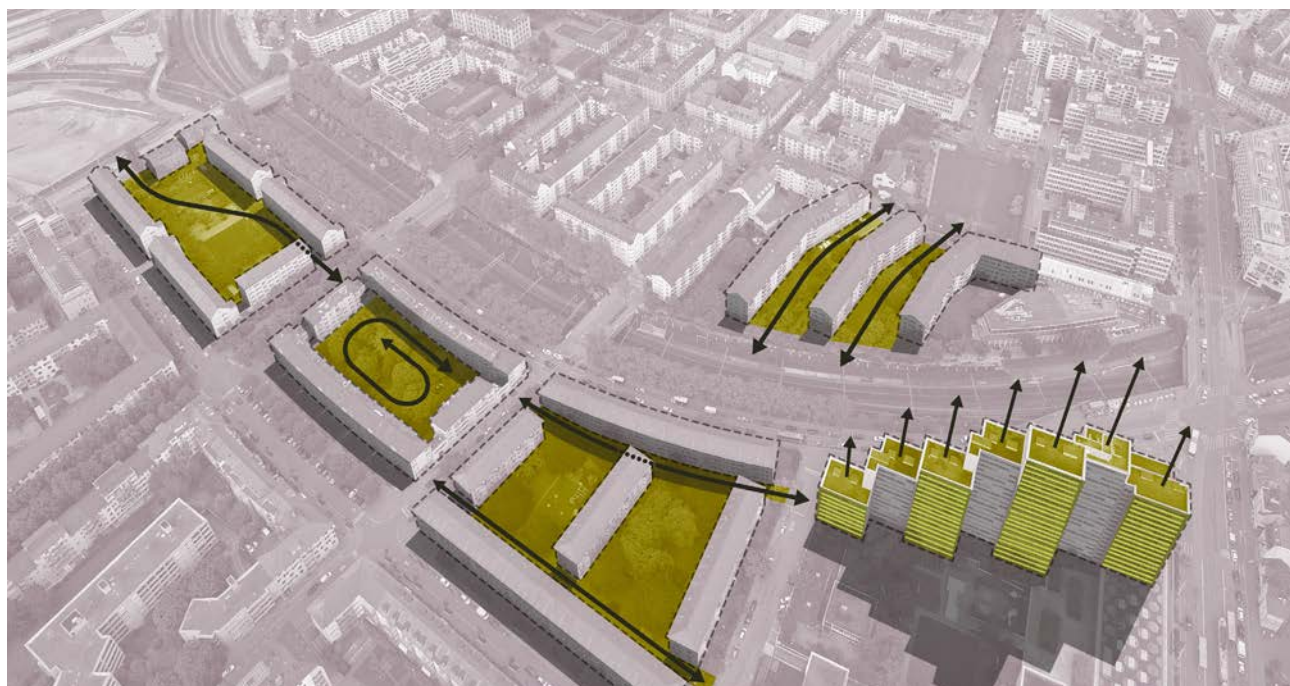


Abb. 56: Die Ausrichtung, Typologie und Gestaltung von Gebäuden wirken sich auf die bioklimatische Situation im Quartier aus.



4.6 Strassen- und Platzräume (HF 06)

Beschreibung

Klimaökologisch gestaltete Strassen- und Platzräume erfüllen im Stadtkörper wichtige Aufgaben für eine hohe Aufenthaltsqualität und fördern lokal ein angenehmes Stadtklima. 24 Prozent der Zürcher Gemeindefläche sind versiegelt. Dementsprechend gross ist das Potenzial zur klimarelevanten Aufwertung und Optimierung.

Zielsetzung

Eine klimaökologische Gestaltung ihrer Strassen- und Platzräume strebt die Stadt Zürich insbesondere in Bereichen an, in denen Grünräume nicht oder nur in geringem Umfang entwickelt werden können. Wichtigstes stadtklimatisches Element sind die Bäume im öffentlichen Raum. Zusätzlich kommen Entsiegelungen und Begrünungen von Flächen, Wasser als Gestaltungselement sowie der Einsatz geeigneter, sich weniger stark erwärmender Materialien in Betracht.

Synergien und Herausforderungen

Die stadtklimatische Optimierung von Strassen- und Platzräumen fördert neben der Hitzeminderung die Wasserspeicherung. Strassen- und Platzräume bieten zudem Lebensräume für Stadtflora, Stadtfauna (biologische Vielfalt), bilden wichtige kleine Freiräume (Freiraumversorgung) oder sind Teil ökologischer Vernetzungskorridore. Grosskronige Alleebäume wirken als räumliches Element auf das Stadtbild und die Identifikation von Strassenzügen. Die Begrünung des öffentlichen Raums kann zu einer besseren akustischen Qualität beitragen; so sind grüne Tramtrassees auch im Hinblick auf den Lärmschutz vorteilhaft. Synergien können mit der Siedlungsentwässerung erzielt werden, etwa durch Versickerungsgräben in Strassen- und Platzräumen. Nutzungskonflikte mit der Verkehrsinfrastruktur (z. B. Fuss- und Velowege, Tramgleise, Busspuren, Haltestellen), der finanzielle Aufwand für die Erstellung und Erhaltung, vielfältige Nutzungsansprüche sowie die schwieriger werdenden Standortbedingungen in Städten (z. B. durch trockenere Böden aufgrund des Klimawandels) stellen Herausforderungen dar. Trotz vielerlei Anforderungen an die Pflanzenauswahl muss die Möglichkeit einer gesunden Entwicklung zur klimaökologischen Vegetationsstruktur gewährleistet sein. Interessenabwägungen bei Nutzungseinschränkungen (z. B. Verkehrsbelastung, Begehbarkeit / Befahrbarkeit) und Unterhalt (z. B. Reinigung, Robustheit) bei wasserdurchlässigen Belägen sowie Sicherheitsaspekte bei hellen Belagsmaterialien (erhöhte Reflexion / Blendwirkung) müssen erfolgen. Des Weiteren muss die Nutzung durch Rettungs- und Einsatzfahrzeuge oder Ersatzbusse, wo nötig, uneingeschränkt möglich sein.

Schnittstellen

– **Regionaler Richtplan (2017):** Als Zielzustand für den kompakten Stadtkörper ist definiert, dass öffentliche Plätze und Parks sowie halbprivate Innenhöfe bis hin zu kleinvolumigen Grünräumen Erholungs- und Aufenthaltsmöglichkeiten bieten. Strassenräume dienen mit angemessenem Grünvolumen und hohen gestalterischen Qualitäten der Kühlung und tragen zu einem gut durchlüfteten Stadtkörper und einer guten Siedlungsqualität bei.

- **Kommunaler Richtplan Verkehr (Stand Sept. 2019):** Die Stadt Zürich strebt die Schaffung attraktiver öffentlicher Räume an. Stadträume sollen eine hohe Aufenthaltsqualität bieten. Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität haben hohen Anforderungen bzgl. Gestaltungs- und Aufenthaltsqualität zu genügen. Eine klimaoptimierte Aufenthaltsqualität kann ein Merkmal sein.
- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Eines der Ziele der Freiraumentwicklung für die Erholung ist die Gestaltung von Freiräumen mit hohem Wert für das Stadtklima. Unter anderem stellt ein hoher Anteil unversiegelter Oberflächen eine wichtige Kompensationsmassnahme in klimatisch belasteten Räumen dar.
- **Alleenkonzept und Baumkataster:** Für die Entwicklung des Baumbestands im Strassenraum der Stadt Zürich dient das Alleenkonzept als konzeptionelle Grundlage (1991 vom Stadtrat «zustimmend zur Kenntnis genommen»). Der Baumkataster ermöglicht eine Beobachtung der Entwicklung des Baumbestands in Strassen- und Platzräumen.
- **Stadträume Zürich:** Vorgaben für die Gestaltung von Strassen- und Platzräumen gemäss ihrer stadtweiten Bedeutung und Ausstrahlung erteilen die «Standards Stadträume Zürich». Der Spielraum für klimakompensatorische Massnahmen ist in den verschiedenen Raumtypen unterschiedlich: Plätze bieten sich, je nach Funktion, am meisten für eine stadtklimasensible Gestaltung (wasserdurchlässige Beläge, Bäume, Wasserelemente) an.

Mehr zum Thema

Konzept Bäume in der Stadt
(in Erarbeitung). GSZ

Arbeitshilfe «Versickerung
in Stadträumen». ERZ

Stadtverkehr 2025. TAZ

Urban Green & Climate Bern. Die
Rolle und Bewirtschaftung von
Bäumen in einer klimaangepas-
sten Stadtentwicklung. BAFU



Abb. 57: Strassen und Plätze stellen das Grundgerüst einer Stadt dar; die Qualität der öffentlichen Räume in Zürich ist von besonderer Relevanz.

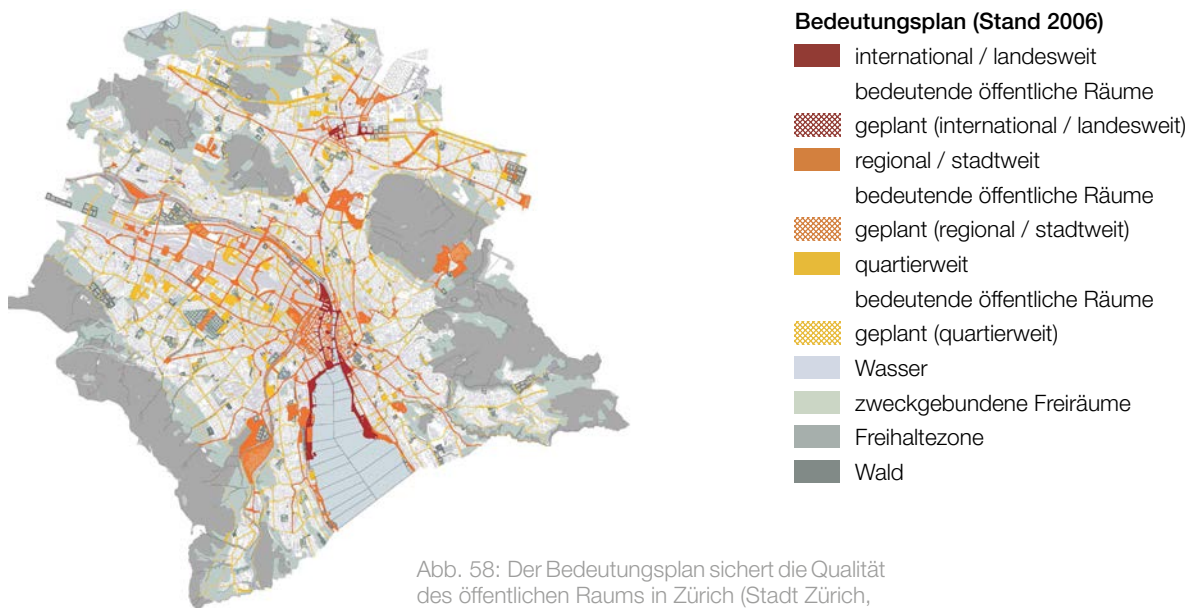


Abb. 58: Der Bedeutungsplan sichert die Qualität des öffentlichen Raums in Zürich (Stadt Zürich, TAZ, Stand 2006).



Abb. 59: Das anfallende Regenabwasser am Vulkanplatz (regional / stadtweit bedeutender Platz gemäss Bedeutungsplan) versickert lokal in den Untergrund. Gesamtstädtisch bedeutet dies eine Entlastung des Kanalnetzes von jährlich 1 Mio. m³.



Abb. 60: Alleen und Baumreihen weisen eine hohe Bedeutung für das Stadtklima sowie eine gestalterisch-ästhetische Funktion auf (strassen-, stadtbildprägend) und erzielen durch die Feinstaubbindung des Blattwerks eine lufthygienische Wirkung.



Abb. 61: Der Strassenraum der Irchelstrasse mit begrünter Tramlinie.

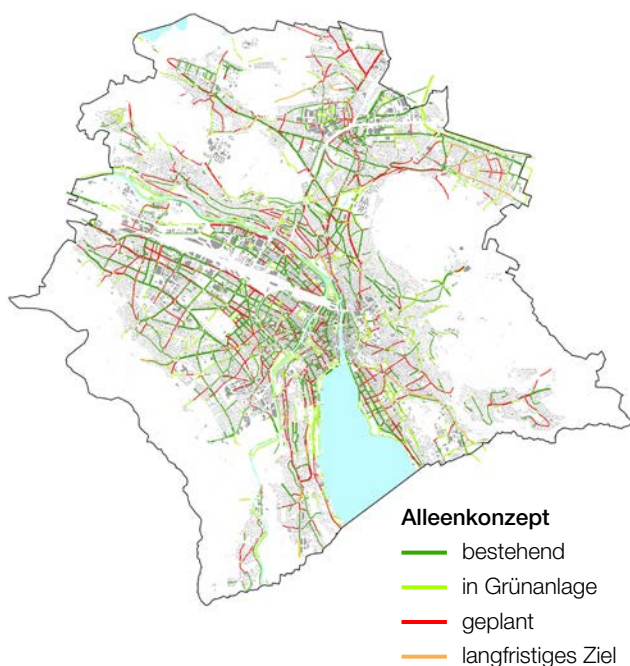


Abb. 62: Besonders in dicht bebauten Stadtgebieten sorgen Strassenbäume für eine Bereicherung des Stadtbildes, Abkühlung durch Beschattung und Verdunstung, Feinstaubreduktion und Schaffung von Lebensräumen. Die Anzahl der Strassenbäume in der Stadt Zürich hat innert 13 Jahren um rund 10 Prozent zugenommen.

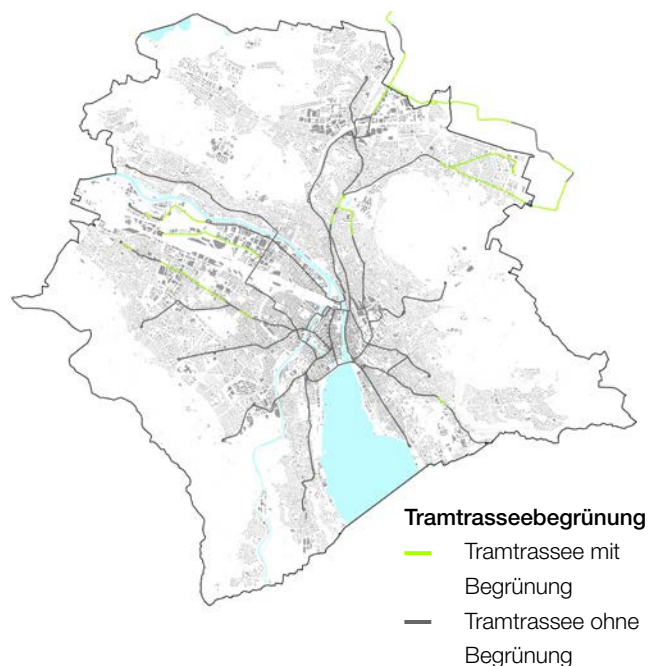
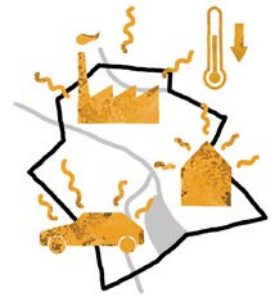


Abb. 63: In Zürich gibt es begrünte und nicht begrünte Tramtrassees; begrünte Tramtrassees werten Strassenräume auf, fördern die Regenwasserrückhaltung und wirken der Aufheizung entgegen (Stadt Zürich, TAZ, Stand 2019).



4.7 Anthropogene Wärmeeinflüsse (HF 07)

Beschreibung

Jegliche Art von Energienutzung führt zu Abwärme und trägt damit zum Wärmeinseleffekt bei.

Zielsetzung

Die Stadt Zürich richtet sich darauf aus, in den kritischen Sommermonaten die ins Stadtgebiet eingeführte Energiemenge zu reduzieren. Dies kann z. B. mittels einer geringeren Wärmeabsorption und Reduktion des Bedarfs zur Entwärmung durch höhere Albedo, bessere Verschattung und Verdunstung, passive Kühlung, den Einsatz von lokal produziertem Strom für den Betrieb von Kälteanlagen und die Nutzung der Abwärme zur Wassererwärmung oder zur Regeneration von Erdwärmesonden erzielt werden.



Abb. 64: Städtischer Wärmeenergiehaushalt für eine sommerliche Situation: Etwa 95 Prozent der Energie werden durch die Sonnenstrahlung zugeführt. Hinzu kommen 5 Prozent, die durch das Handeln des Menschen bedingt sind.

Synergien und Herausforderungen

Die Reduktion von anthropogenen Wärmeeinflüssen mindert nicht nur die Problematik lokaler Wärmeinseln, sie kann auch dem globalen Klimaschutz (Reduktion der Treibhausgase) sowie der Verminderung der Belastung durch Luftschadstoffe dienen. Als Herausforderung zur Reduktion von anthropogener Wärmeemission sind die gesellschaftlichen Ansprüche an den thermischen Komfort im Sommer sowie an Konsum und Mobilität zu nennen.

Grundlagen und Instrumente

- **Regionaler Richtplan (2017):** Es sind die Energie-Ziele zur Kälteversorgung für die Reduktion der städtischen Wärmeinsel relevant: Kältequellen, die eine effiziente, direkte Kältebereitstellung (Freecooling) ermöglichen (z. B. Seewasser), sowie grosse, arealübergreifende Energieverbunde zur optimalen Nutzung lokal verfügbarer Kältequellen und der aus Kälteanlagen anfallenden Abwärme sollen bevorzugt werden.
- **Gemeindeordnung Stadt Zürich:** Die Stadt Zürich setzt sich seit 2008 im Rahmen ihrer Zuständigkeit für die Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft ein (Art. 2^{ter}). Ziel ist, Energieres-

sources nachhaltig und global gerecht zu nutzen. Die Umsetzung bezüglich Energieressourcen erfolgt vorwiegend über den Masterplan Energie und den Stadtverkehr 2025.

- **Masterplan Energie (2016):** Der Masterplan Energie definiert als departementsübergreifendes Steuerungsinstrument den Rahmen für die Umsetzung der städtischen Energiepolitik. Ein darin festgelegtes Ziel ist, dass die Versorgung mit Wärme und Kälte langfristig weitgehend mit erneuerbaren sowie umwelt- und ressourcenschonenden Energieträgern erfolgen muss.
- **7-Meilen Schritte (2008):** Sie definieren für jedes Projekt spezifische Anforderungen zum umweltgerechten Bauen. Diese gelten für städtische Bauten und Bauvorhaben mit städtischer Unterstützung und sind für alle Projektbeteiligten verbindlich. Festgelegt werden der Energiestandard sowie die Weichenstellung in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft.
- **Energieplanung (2016):** Sie zeigt auf, wo lokale Wärmesenken (z. B. Seewasser) vorhanden sind, die eine effiziente Kältebereitstellung ohne Abwärmeabgabe an die Aussenluft ermöglichen.
- **Masterplan Umwelt (2017–2020):** Als Steuerungsinstrument des Stadtrats für die städtische Umweltpolitik beschreibt der Masterplan Umwelt Handlungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Lokalklimas durch die Vermeidung von wärmeabgebenden Einrichtungen und Gebäudeoberflächen im Aussenraum.

Mehr zum Thema

MuKEN, EnDK

Energieeffizient Bauen und Sanieren, UGZ

Baubewilligung, UGZ

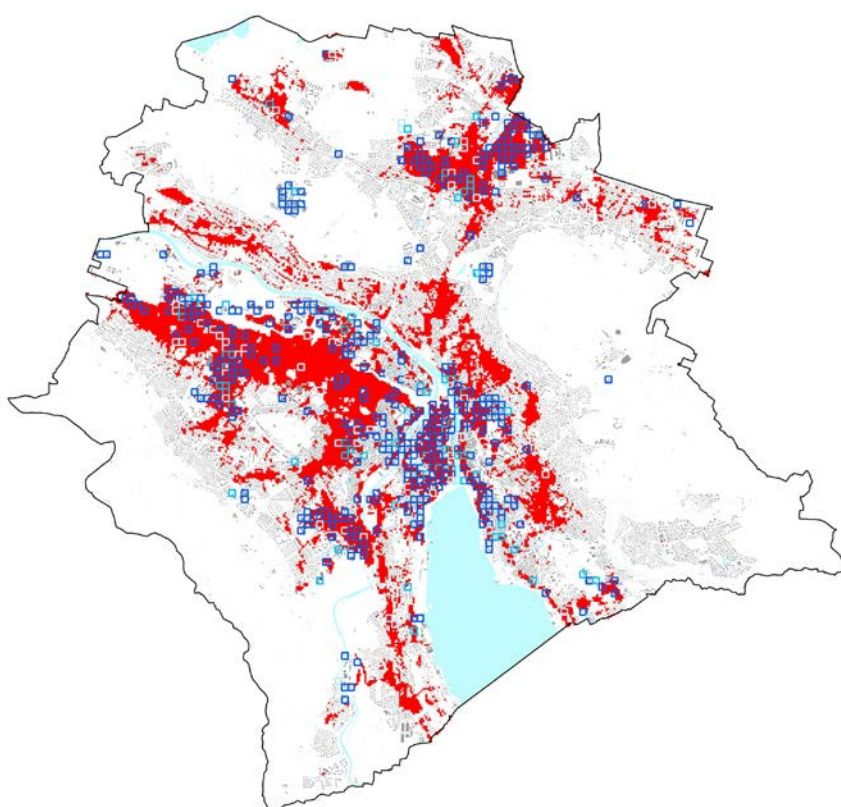


Abb. 65: Rot bezeichnet sind Gebiete, die gemäss Klimaanalyse des Kantons Zürich (2018) ein belastetes Lokalklima (Hitzetag, Tropennacht) aufweisen. Die Problematik von Abwärme aus Kälteanlagen betrifft besonders bereits überwärmte Gebiete wie den Stadtkern, Wiedikon, Altstetten und Oerlikon (Stadt Zürich DIB, Stand 2018).

Belastetes Lokalklima

■ Hitzetag / Tropennacht

Nutzungen mit Kältebedarf

- Kältebedarf gering
- Kältebedarf mittel
- Kältebedarf hoch



4.8 Informationsmanagement und Sensibilisierung (HF 08)

Beschreibung

Bauträgerschaften werden im Rahmen ihrer konkreten Bauprojekte für eine optimale Umsetzung stadtklimatischer Handlungsansätze beraten. Eine geeignete Plattform macht Informationen öffentlich zugänglich und bedient das Interesse in den (sozialen) Medien.

Zielsetzung

Informationsmanagement und Sensibilisierung zum Thema Stadtklima betreibt die Stadt Zürich aktiv. Ein Informationsmanagement soll das Wissen gebündelt, zielgruppengerecht, praxisnah und auf bestehende Informationen abgestimmt an die Akteure (Raumplanende, ArchitektInnen, LandschaftsarchitektInnen, Behörden) und interessierte BürgerInnen vermitteln sowie für die Umsetzung der Handlungsansätze zur Kompensation der städtischen Überwärmung befähigen.

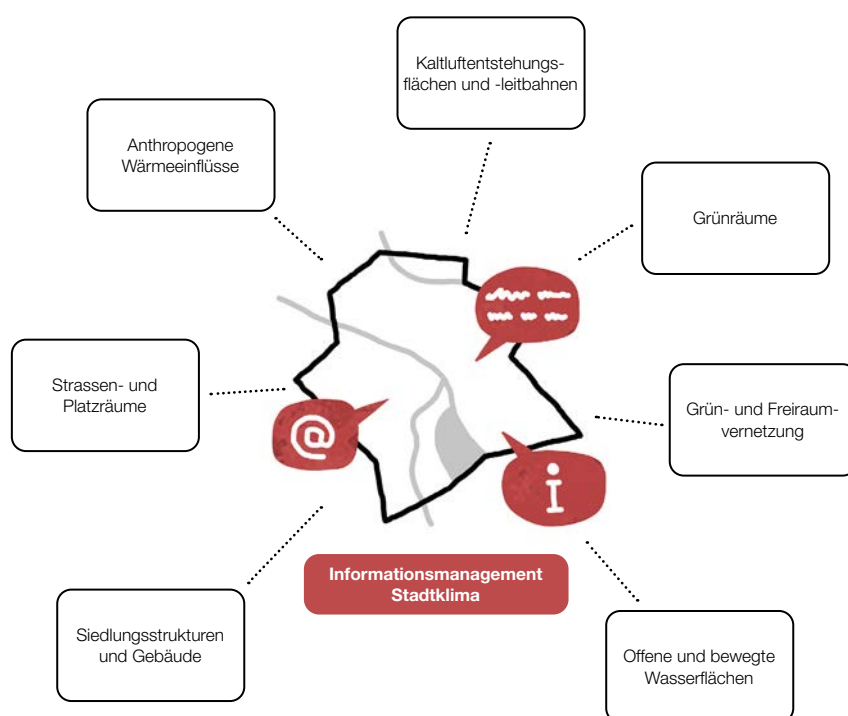
Synergien und Herausforderungen

Das aktive Informationsmanagement und die Sensibilisierung stärken das Know-how und die Vernetzung der Akteure. Sie tragen zu einer integrierten Siedlungsentwicklung, zur Klimaanpassung und zur nachhaltigen Entwicklung bei. Sie fördern den Dialog und die Vernetzung mit Zielgruppen.

Als Herausforderung sind die kommunikative Themeneinbettung in anderen Fachrichtungen sowie die Übertragung neuer Informationen in bestehende Gefässe zu erwähnen.

Grundlagen und Instrumente

- **Kommunaler Richtplan SLöBA (Stand Sept. 2019):** Gemäss den Zielen der umweltverträglichen Entwicklung ist das Stadtklima als ein Aspekt in Planungen im Rahmen der Interessenabwägungen zu berücksichtigen.
- **Masterplan Umwelt (2017–2020):** Ein Handlungsfeld im Handlungsbereich «Bildung und Beratung» ist, über Auswirkungen des Klimawandels auf Gesundheit und Umwelt zu informieren und die Bevölkerung diesbezüglich zu sensibilisieren.



Mehr zum Thema

Klimapolitik. GUD

Pilotprojekte zur Anpassung an den Klimawandel: Cluster «Klimaangepasste Stadt- und Siedlungsentwicklung». BAFU

Impulse für eine klimaangepasste Schweiz. BAFU

Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe. Stadt Karlsruhe

Abb. 66: Das Ziel ist die Wissensvermittlung stadtklimatischer Grundlagen sowie neuer Erkenntnisse.



Abb. 67: Informationsveranstaltung zum Zugang zu und Umgang mit den Karten der kantonalen Klimaanalyse für die planenden Ämter der Stadt Zürich



5 Handlungsansätze



5. Handlungsansätze

Handlungsansätze gegen die Wärmebelastung

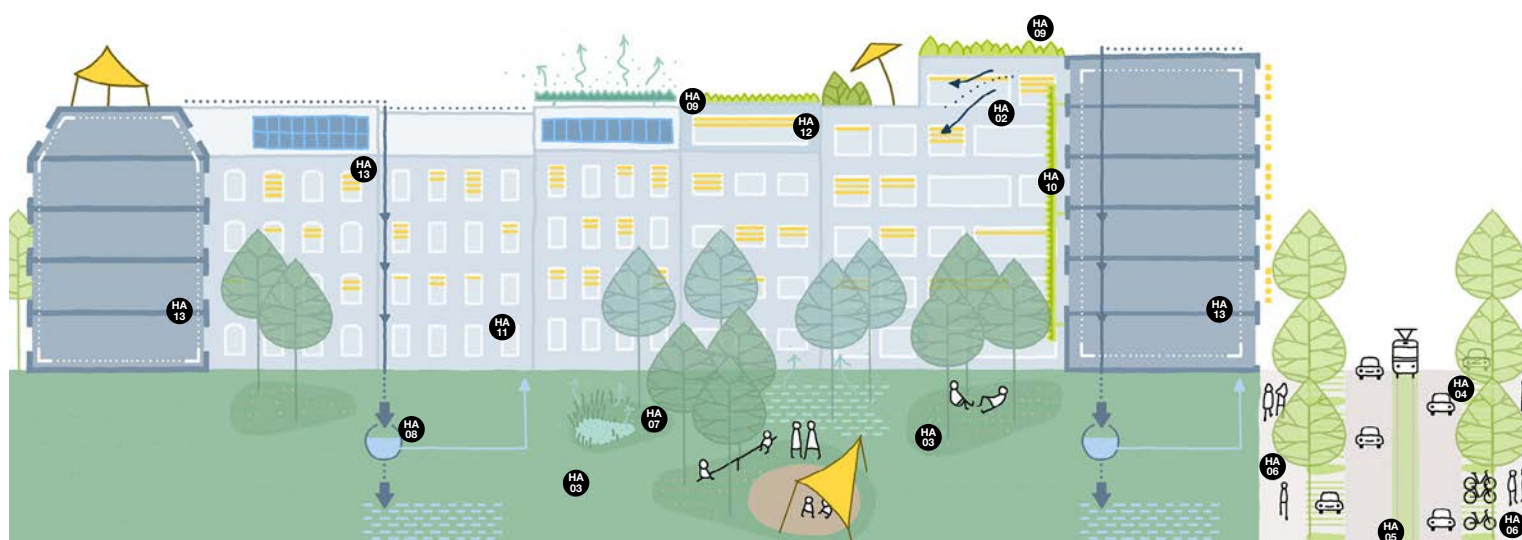
Auf lokaler Ebene gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten, die Wärmebelastung im Stadtgebiet zu mindern oder gar nicht erst entstehen zu lassen. Für jedes Handlungsfeld (Kap. 4) lassen sich dabei Handlungsansätze in Quartier und Nachbarschaft oder am Gebäude definieren. Für die Anpassung der Stadt an die Wärmebelastung wurden dreizehn Handlungsansätze ermittelt und für Zürich definiert. Die Handlungsansätze werden im Folgenden steckbriefartig dargestellt.

Beschreibung

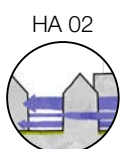
Im Abschnitt «Beschreibung» wird der jeweilige Handlungsansatz mit Grundsätzen, Zielen und Vorgehensweisen erläutert.

Synergien und Herausforderungen

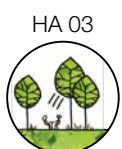
Da im Stadtraum vielfältige Interessen bestehen, die sowohl gegenseitig unterstützend wie auch bei gegenläufigen Zielen hinderlich wirken können, werden unter «Synergien» Themenfelder aufgezeigt, die mit der Hitzeanpassung zusammenwirken und einen hohen gemeinsamen Nutzen versprechen. Auf «Herausforderungen» wird hingewiesen, damit bei der Planung und Umsetzung eines



HA 01
Baukörper für
günstiges Mikroklima
optimieren



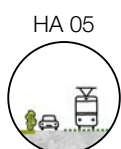
HA 02
Gebäudestellung
auf Luftaustausch
ausrichten



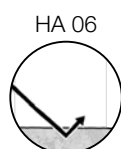
HA 03
Grünflächen klimaöko-
logisch gestalten



HA 04
Aufenthalts-,
Bewegungs- und
Verkehrsräume
beschatten



HA 05
Aufenthalts- und
Bewegungsräume
entsiegeln und
begrünen



HA 06
Materialien mit hoher
Albedo für Strassen-
und Platzoberflächen
verwenden



HA 07
Wasser im städtischen
Raum etablieren

Handlungsansatzes mögliche Schwierigkeiten oder Konflikte frühzeitig identifiziert und berücksichtigt werden können. Die genannten Punkte stellen jeweils nur eine Auswahl dar.

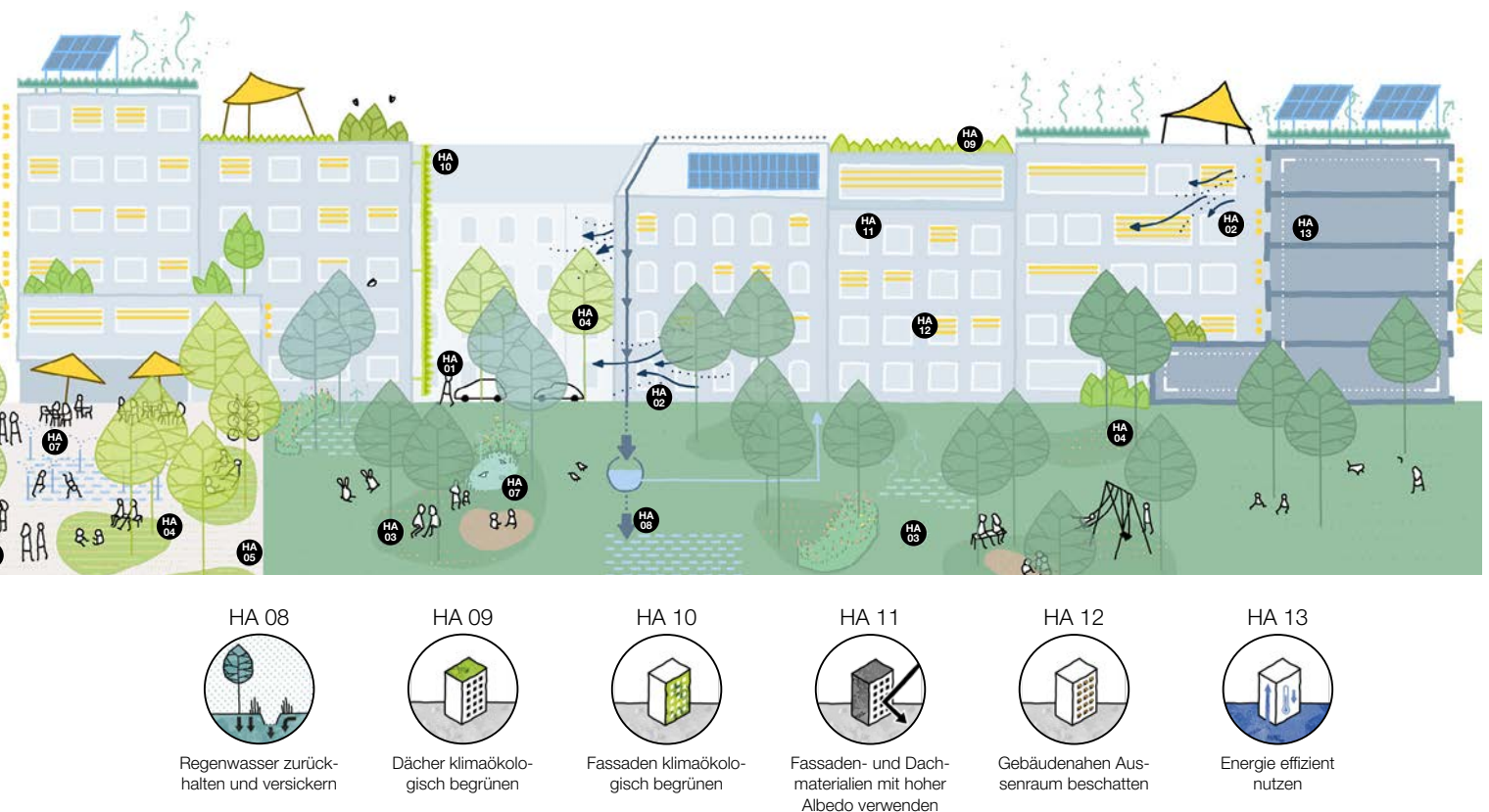
Dem Abschnitt «Wirksamkeit» kommt eine besondere Bedeutung zu: Hier werden die Ergebnisse der Wirkungsanalysen aus den Modellierungsgebieten (Kap. 6) aufgegriffen und im jeweiligen Handlungsansatz qualitativ oder quantitativ dargestellt. Dabei wird als Indikator für die Tagessituation die PET um 14 Uhr herangezogen. In den Nachtstunden entfallen die solaren Strahlungskomponenten. Dann erlangt die von den unterschiedlichen Oberflächen ausgehende Wärmeabstrahlung und ihre Wirkung auf die Lufttemperatur Bedeutung.

Wirksamkeit

Für jeden Handlungsansatz werden zur Veranschaulichung konkrete Beispiele aus Zürich oder anhand eines Blicks «über den Tellerrand» aufgezeigt.

Beispiele und Blick «über den Tellerrand»

Abb. 68: Die dreizehn Handlungsansätze gegen die Wärmebelastung in Zürich (Schemabild)





5.1 Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren (HA 01)

Beschreibung

Gezielt gesetzte Baukörper und eine ausgewählte Typologie tragen zur Verbesserung des Mikroklimas im Siedlungsgebiet bei. Zudem wird der thermische Komfort für die dort lebenden und arbeitenden Menschen angenehmer. Wirksam sind u. a. die gegenseitige Beschattung von Gebäuden und die Beschattung von Freiräumen durch Gebäude über Länge, Höhe und Anordnung der Baukörper. Es gilt, grössere, nicht unterbaute Freiräume (Innenhöfe) anzubieten. Zusammenhängende, gebäudebezogene Grünräume begünstigen kleinräumige Luftaustauschprozesse. Sie können durch Integration oder Öffnungen im Baukörper realisiert werden.

Synergien und Herausforderungen

Baukörperoptimierung kann nicht nur zur Verbesserung des Bioklimas durch eine erhöhte Durchlüftung der Gebäudezwischenräume beitragen, sondern auch für einen reduzierten Energieverbrauch und für den Lärmschutz positiv sein.

Herausforderungen stellen fehlende Instrumente oder gesetzliche Grundlagen für die Baukörperoptimierung aus klimatischer Sicht dar. Interessensabwägungen müssen in Bezug auf Siedlungsqualität (Besonnung, Aussicht) sowie Grundstücksausnutzung erfolgen.

Wirksamkeit

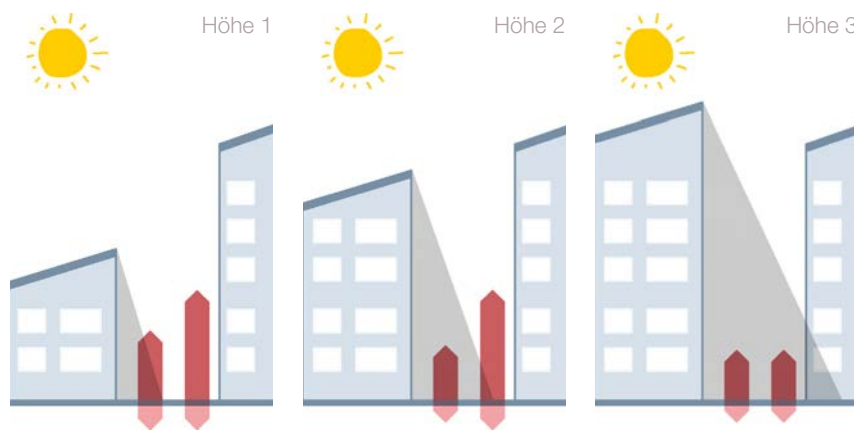
Die Optimierung der Baukörperstellung weist, je nach örtlichen Gegebenheiten, ein hohes Potenzial zur Verringerung der sommerlichen Wärmebelastung auf. Im Zuge der in den Modellierungsgebieten (Kap. 6) durchgeführten Simulationen wurde dies allerdings nicht explizit betrachtet.

Beispiel Wohnsiedlung Triemli

Die vier- bis achtgeschossigen Baukörper der Wohnsiedlung Triemli in Albisrieden bilden eine städtebauliche Grossform. Sie sind in der Höhe gestaffelt und beschatten im Tagesverlauf den Innenhof und den nördlichen Gebäudeumschwung. Das südliche Gebäude schirmt gegen den Strassenlärm der Birmensdorferstrasse ab. Der begrünte Innenhof produziert selbst Kaltluft und steht über die östlichen und westlichen Gebäudeöffnungen mit der Kaltluftströmung des Uetlibergs im Austausch.

Beispiel Wohnsiedlung Kronenwiese

Im Tagesverlauf werden sowohl die Gebäudefassaden als auch die angrenzenden Strassenräume und der begrünte Innenhof über den drei- bis fünfgeschossigen Blockrand der Wohnsiedlung Kronenwiese in Unterstrass beschattet. Der grüne Innenhof produziert selbst kühle Luft, durchbricht die Bebauung nach Süden und vernetzt sich mit der angrenzenden Parkanlage Schindlergut. Dies ermöglicht den lokalen Luftaustausch und das nächtliche Eindringen von Kaltluft durch diese Öffnung in den Wohnbereich.



Eigenverschattung von Gebäuden

- Sonnenlicht
- Schattenwurf
- Wärmeabgabe an die Umgebung
- Wärmeabgabe an den Boden

Abb. 69: Eine Beschattung durch Gebäude (hier: durch unterschiedliche Gebäudehöhen) bewirkt eine geringere Wärmeaufnahme der Oberflächen tagsüber und eine geringere Wärmeabstrahlung nachts.

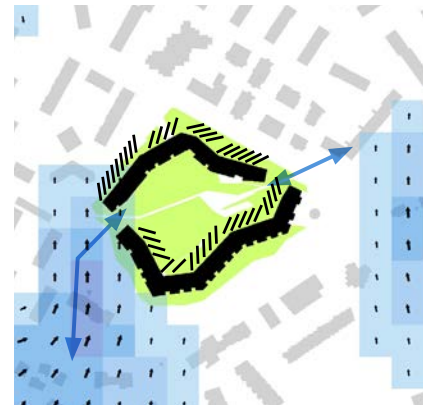


Abb. 70: Wohnsiedlung Triemli, Beschattung des Innenhofs durch südliche Randbebauung; Öffnungen in der Bebauung ermöglichen den Kaltluftaustausch mit dem übergeordneten Kaltluftsystem.

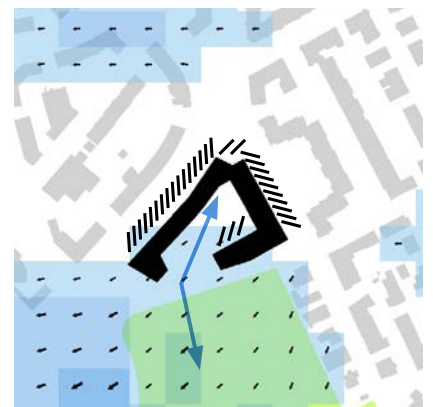


Abb. 71: Wohnsiedlung Kronenwiese, Beschattung der Strassenräume durch Wohnblock; lokaler Kaltluftaustausch zwischen dem Innenhof der Wohnsiedlung und der angrenzenden Parkanlage



5.2 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten (HA 02)

Beschreibung

Eine Gebäudestellung und -typologie, die sich zu den Kaltluftentstehungsgebieten innerhalb und ausserhalb des Siedlungsgebiets und zu den Kaltluftleitbahnen öffnet, ermöglicht und fördert das Eindringen kühler Luft bis weit in die Stadt hinein. Dazu gehören eine gezielte Anordnung und Orientierung der Baukörper an der Strömungsrichtung der Kaltluft wie auch eine Gebäudetypologie mit möglichst geringer Grundfläche (Kap. 3.4) und ohne Barrierewirkung, insbesondere in Hang- und Tallagen. Das Ziel ist es, einem Ausbremsen der Kaltluftströmung entgegenzuwirken, damit das Siedlungsgebiet möglichst grossflächig von der nächtlichen Kaltluftentstehung profitieren kann und die Durchlüftung gewährleistet ist.

Synergien und Herausforderungen

Die Einhaltung einer klimaökologischen Gebäudestellung und -typologie kann nicht nur dem Erhalt und der Förderung des Luftaustauschs, sondern auch die Verbesserung der Luftqualität herbeiführen sowie der ökologischen Vielfalt dienlich sein.

Herausforderungen bestehen im Hinblick auf fehlende gesetzliche Grundlagen sowie Vorgaben zur klimaoptimierten Gebäudestellung und -typologie bei Planungen von Neubauten. Interessensabwägungen müssen in Bezug auf den Lärmschutz und die Beibehaltung der Siedlungsqualität (Besonnung, Durchlüftung, Aussicht) erfolgen.

Wirksamkeit

Das Ausrichten der Baukörperstellung entlang nächtlicher Kaltluftabflüsse kann dazu beitragen, die Überwärmung eines Wohnquartiers abzumildern. Die Wirksamkeit dieses Handlungsansatzes ist allerdings stark von örtlichen Gegebenheiten und von der Anwesenheit entsprechender Kaltluftentstehungsflächen abhängig. Im Zuge der durchgeführten mikroskaligen Modellierungen wurde der nächtliche Luftaustausch nicht explizit betrachtet. Der Themenkomplex Kaltluftsystem und die damit einhergehenden Möglichkeiten für Zürich sind in Kapitel 3.4 näher beschrieben.

Beispiel Wohnsiedlung Schwamendinger Dreieck

Die sechs paarweise gruppierten, fünfgeschossigen Zeilen in der Wohnsiedlung Schwamendinger Dreieck orientieren sich in Fliessrichtung der Kaltluftströmung vom Nordhang des Zürichbergs ins Siedlungsgebiet von Schwamendingen. Die begrünten Höfe zwischen den Zeilen ermöglichen das Vordringen von Kaltluft in das dahinterliegende Siedlungsgebiet.

Beispiel Wohnsiedlung Toblerstrasse

Die Bebauungsstruktur der Wohnsiedlung Toblerstrasse in Fluntern besteht aus fünfgeschossigen Punktbauten. Die Kaltluftströmung vom Zürichberg kann über die Öffnungen zwischen den Gebäuden von Nord nach Süd fließen, ins Innere der Wohnsiedlung vordringen und ins südwestlich angrenzende Siedlungsgebiet weiterströmen.

Aufgrund eines Klimagutachtens wurde im Bahnhofsgebäude von Freiburg im Breisgau unter anderem eine 14 Meter breite Öffnung als «Windfenster» umgesetzt, die den Luftaustausch zwischen der Innenstadt und dem westlich gelegenen Stadtteil Stühlinger gewährleisten soll.

«Über den Tellerrand»



Abb. 72: Wohnsiedlung Schwamendinger Dreieck (Baufeld A); die geplanten Zeilengebäude orientieren sich an der Fließrichtung der Kaltluftströmung und ermöglichen künftig das Vordringen der Kaltluft bis in dahinterliegende Siedlungsbereiche.

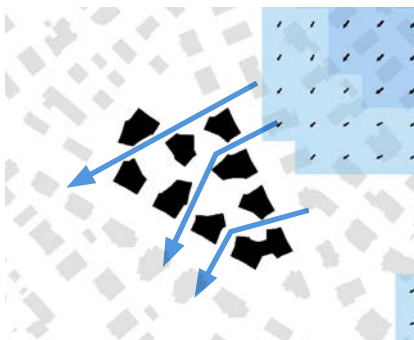


Abb. 73: Wohnsiedlung Toblerstrasse; dank der offenen Bauweise kann die Kaltluftströmung durch die Siedlung bis ins angrenzende Siedlungsgebiet vordringen.



Abb. 74: Windfenster im Hauptbahnhof von Freiburg im Breisgau; der Gebäuderiegel verhindert eigentlich den Luftaustausch, dank der Öffnungen im Gebäude wird der rückwertige Siedlungsbereich zumindest punktuell mit Kaltluft versorgt.



5.3 Grünflächen klimaökologisch gestalten (HA 03)

Beschreibung

Grünflächen sind ein bedeutender Teil des Hitzeentlastungssystems im Siedlungsbereich. Sie sind «Cool Spots» innerhalb der städtischen Wärmeinsel und dienen der Wohnbevölkerung sowie den Berufstätigen vor Ort als Rückzugs- und Entlastungsräume in Hitzeperioden. Zu nennen sind hier insbesondere Parkanlagen unterschiedlicher Grösse, aber auch zweckgebundene und institutionelle Grünräume (z. B. Friedhöfe, Schul- und Badeanlagen) sowie das unmittelbare Wohn- und Arbeitsumfeld. Für eine optimale Wirksamkeit empfehlen sich möglichst vielfältige Freiraum- und Vegetationsstrukturen mit grosskronigen, schattenspendenden, klimaresistenten Bäumen, offenen Rasen- und Wiesenflächen sowie bewegten Wasserflächen. Die Beschattung des Aussenraumes und der Gebäudefassaden führt zur Reduktion der direkten Einstrahlung und wirkt der nächtlichen Wärmeabstrahlung entgegen. Durch die entstehende Verdunstungskühle der Vegetation wird die bioklimatische Belastung zusätzlich gemindert.

Synergien und Herausforderungen

Klimaökologisch gestaltete Grünflächen kommen der Gesundheit, Erholung und ökologischen Vielfalt zugute. Begrünte und unversiegelte Flächen dienen der Regenwasserversickerung sowie der Grundwasserneubildung. Im öffentlichen Raum zeigt die Begrünung positive Auswirkungen auf die akustische Qualität im Siedlungsraum. Interessenabwägungen müssen unter anderem in Bezug auf die zweckmässige Nutzung des Freiraums, auf Gartendenkmalpflege, Erschliessung und Parkierung erfolgen. Die auf die Bevölkerungsentwicklung abgestimmte, ausgewogene Entwicklung klimaökologischer Grünflächen kann durch konkurrierende Ansprüche an den Raum erschwert werden. Mit voranschreitendem Klimawandel verschlechtern sich Wachstumsbedingungen für die Vegetation.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Baum auf Rasen	-4,2 -0,6	-8,7 -1,2	7-20 2-5
Rasen statt Asphalt	-3,6 -0,4	-6,6 -0,7	2-4 2-3
Pergola auf Asphalt	-3,7 -0,3	-6,0 -0,8	2-3 2-3
Wasserfläche statt Rasen	-5,6 -0,3	-7,6 -1,2	3-6 2-4
Baum auf Asphalt	-2,3 -0,2	-4,5 -0,5	7-20 2-3
Retentionsraum statt Rasen	-1,0 -0,1	-1,4 -0,2	5-18 5-10

Den stärksten Beitrag zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität leisten zusätzliche Bäume auf Rasen. Sie bewirken am Tag eine Absenkung der tatsächlich empfundenen Temperatur (PET) um 4,2 °C als Median- und 8,7 °C als Maximalwert (Tab. 2). Das Änderungssignal ist hier besonders stark, da die Evapotranspiration des Rasens zu einer stärkeren Abnahme führt, als dies bei einem Baum über Asphalt der Fall ist. Hier beträgt die Temperaturabnahme 2,3 °C im Median und maximal 4,5 °C. Die Entsiegelung von Asphalt führt zu einer Verminderung der PET um 3,6 bzw. 6,6 °C. Die Wirkung einer Pergola über Asphalt lässt sich im Median auf 3,7 bzw. 6,0 °C als Maximalwert beziffern. Mit einigem Abstand folgt die Wirkung einer Retentionsfläche mit 1,0 °C im Median und maximal 1,4 °C. Retentionsbereiche können je nach Bodenfeuchte über Verdunstung zur Abkühlung beitragen.

Tab. 2: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen



Abb. 75: Grünflächen im Siedlungsraum sollen möglichst klimaökologisch ausgestaltet sein. Dies beinhaltet die Verwendung geeigneter Vegetationsstrukturen, die Schaffung von Schattenplätzen und Verdunstungsflächen sowie eine offene Gestaltung der Ränder zur Förderung des Luftaustauschs mit den benachbarten Quartieren.



Abb. 76: Planschbecken in der Bäckeranlage



Abb. 77: Schattenbäume auf der Pestalozzianlage

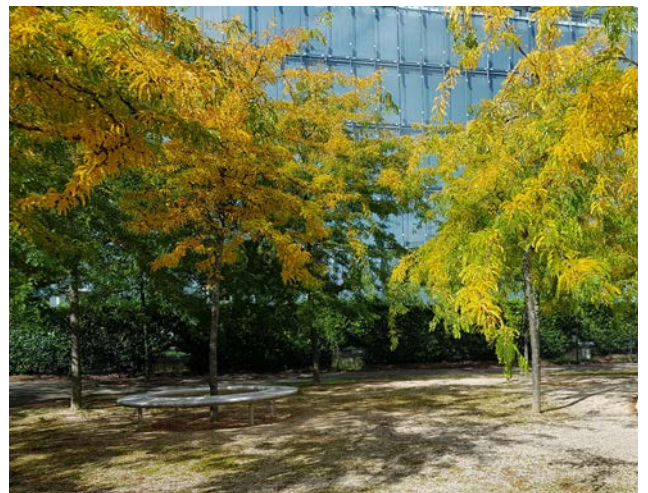


Abb. 78: Schattenplätze unter Bäumen und versickerungsfähige Oberfläche im Leutschenpark

BZO und Baubewilligung

Eine «grüne Gestaltung» des Wohn- und Arbeitsumfelds ist in verschiedenen Paragrafen und Artikeln des kantonalen Planungs- und Baugesetzes (PBG) und der Zürcher Bau- und Zonenordnung (BZO) gesetzlich geregelt. Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens werden Bauträgerschaften durch Grün Stadt Zürich beraten. Wo nötig erteilt die Bausektion auf Antrag von Grün Stadt Zürich Auflagen.

Beispiel Wohnsiedlung Klee

2010 wurde die genossenschaftliche Siedlung Klee in Affoltern erstellt. Der grosse, halböffentliche Innenhof beinhaltet einen Baumhain aus Zierkirschen, der als schattiger Spielbereich viel Aufenthaltsqualität schafft sowie eine klimaökologische Ausgleichsfunktion im unmittelbaren Wohnumfeld übernimmt.

Beispiel Wohnsiedlung Escherpark

Für die Gestaltung des Wohnumfelds der Wohnsiedlung Escherpark im Quartier Enge wurden alte und neue Vegetationselemente kombiniert. Der Altbaumbestand übernimmt bereits jetzt wichtige klimaökologische Ausgleichsfunktionen (Filterung, Transpiration), während die neue Vegetation ihre Wirkung mit der Zeit entwickelt und klimatisch von nachhaltigem Nutzen ist.

«Über den Tellerrand»

2009 wurde die Wohnüberbauung Hardegg in Bern realisiert. Die Freiräume spannen sich als weitläufige Wiesenflächen zwischen den Gebäuden auf. Ein Teil des unterirdisch verlaufenden Sulgenbachs wurde an die Oberfläche gebracht, wo er durch die weich modellierte, begrünt-chaussierte Landschaft mäandriert.

Im 480 ha grossen Stadtentwicklungsgebiet «Euroméditerranée» im Herzen von Marseille – die Grösse des Gebiets entspricht in etwa der gesamten Fläche aller Grünanlagen in Zürich – entsteht ein 14 ha grosser Park auf einem ehemaligen Bahnareal. Der Parc du Vallon des Aygalades verläuft linear und umfasst den momentan überdeckelten Fluss Aygalades auf 2 km Länge. Das revitalisierte Flusstal schafft neben neuen Grünräumen auch eine Kaltluftschneise vom Stadtgebiet bis zum Meer sowie einen grossen Regenwasserretentionsbereich.

Der Tåsinge Plads bildet eine grüne Oase im Kopenhagener «Klimakvarter Østerbro». Dazu wurden mehr als 1000 m² Asphaltfläche in eine Grünfläche umgewandelt, die als städtischer Erholungs- und Naturraum Synergien zum Stadtklima erzeugt – sowohl hinsichtlich der Anpassung an die Wärmebelastung als auch an die in Kopenhagen noch relevanteren Überschwemmungsereignisse. Die Retentionsbecken auf dem Tåsinge Plads sind auf ein 500-jähriges Überschwemmungsereignis ausgelegt, die Verdunstungskühle aus den Becken ist im Sommer ein willkommener Nebeneffekt.



Abb. 79: Das Umfeld der Wohnüberbauung Klee in Affoltern



Abb. 80: Wohnsiedlung Escherpark mit alten und neuen Vegetationselementen

Mehr zum Thema

Die Stiftung Natur & Wirtschaft fördert naturnahe Gestaltung von Firmenarealen, Wohnsiedlungen, Schulanlagen; Unterstützung bei Planung, Realisierung, Nutzung und Pflege; vorbildlich gestaltete Areale werden mit einem national anerkannten Label ausgezeichnet

Dachbegrünung. GSZ

Vertikalbegrünung. GSZ

Mehr als Grün, Förderprogramm Biodiversität. GSZ



Abb. 81: Der neue Parc du Vallon des Aigalades als grüne, klimaökologische Spange in der Innenstadt Marseilles



Abb. 82: Eine grüne Oase – der umgestaltete Tåsinge Plads im Kopenhagener «Klimakvarter Østerbro»



Abb. 83: Retentionsbecken am Tåsinge Plads, Kopenhagen



5.4 Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten (HA 04)

Beschreibung

Die Beschattung von Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräumen in der Stadt fördert die Lebensqualität ihrer BewohnerInnen und mindert die thermische Belastung. Eine Beschattung dieser Räume lässt sich insbesondere durch Bäume oder Beschattungselemente (Pergolen, Sonnensegel) erzielen. Die Sonneneinstrahlung im Strassenraum sowie die daraus resultierende übermässige Erwärmung werden gemindert. Bei Bäumen verstärkt sich der Kühlungseffekt durch ihre Verdunstungsleistung und Luftreinigung nochmals spürbar. Optimal ist der Einsatz grosskroniger Bäume.

Synergien und Herausforderungen

Neben ihrer Bedeutung für das Stadtklima leisten Bäume weitere wichtige Beiträge an die Aufenthaltsqualität in der Stadt. Sie verbessern die lufthygienische (Staubbindung) und akustische Qualität sowie die biologische Vielfalt (Lebensraum für Pflanzen und Tiere). Bäume steigern zudem Gesundheit und Wohlbefinden. Einen weiteren positiven Nebeneffekt von Beschattung stellt die Dämpfung starker Lichtintensitäten dar.

Grösste Herausforderung ist dagegen die Bereitstellung ober- und unterirdischen Raums, den ein Baum für eine gesunde Entwicklung benötigt. Die Untergrundverhältnisse (z. B. Versorgungsleitungen) vor Ort können entsprechende Pflanzungen erschweren. Die Funktion des öffentlichen Raums muss zudem gewährleistet bleiben (z. B. Begehbarkeit des Trottoirs, Sicherheit und Zugänglichkeit von Sportanlagen). Ein intensiverer Unterhalt, insbesondere bei Trockenheit, ist erforderlich, um die positiven Einflüsseffekte auf das Stadtklima aufrechtzuerhalten. Interessenabwägungen müssen in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur (Trottoir-/Strassenbreite usw.) im Rahmen der Projektentwicklung erfolgen. Nicht zu unterschätzen ist die Dauer, bis Bäume ihre klimatische Wirkung vollumfänglich entfalten können: Bei grosskronigen Bäumen vergehen Jahrzehnte.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Baum auf Rasen	-4,2 -0,6	-8,7 -1,2	7-20 2-6
Pergola auf Asphalt	-3,7 -0,3	-6,0 -0,8	2-3 2-3
Baum auf Asphalt	-2,3 -0,2	-4,5 -0,5	7-20 2-6

Tab. 3: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Durch eine Beschattung sind am Tag deutliche Effekte auf die PET zu erkennen, die in Tab. 3 aufgeführt sind. Bei der Beschattung von Rasenflächen mit neuen Bäumen ist dieser im Median mit 4,2 °C und maximal 8,7 °C am stärksten ausgeprägt. Die Verdunstungsleistung des Rasens führt zu einer stärkeren Abnahme als über versiegelte Flächen. Die Wirkung einer Pergola über Asphalt hat zwar eine deutlich geringere Reichweite, ist aber im Hinblick auf die PET höher zu bewerten als die eines Baums über Asphalt. In den Nachtstunden ist der Einfluss auf die Lufttemperatur jeweils deutlich geringer, der Wirkungsbereich aber unverändert hoch. Die Reichweiten der Bäume sind deutlich höher als diejenigen der Pergolen. In den Nachtstunden ist der Einfluss auf die Lufttemperatur wesentlich geringer, wie die blauen Werte in der Tabelle zeigen.



Abb. 84: Verkehrsraum Staufacher mit schattenspendender Rosskastanienallee

Mehr zum Thema

Alleenkonzept. GSZ

Strategie Stadträume 2010.
Strategie für die Gestaltung
von Zürichs öffentlichem
Raum. Stadt Zürich

Strassenbaumliste. Deutsche
Gartenamtsleiterkonferenz GALK

Stadtgrün 2021. Neue Bäume
braucht das Land! LWG Bayern



Ein Baum!

**Diese
etwa 100 Jahre alte
Buche sollten Sie sich
etwa 20 m hoch und mit
etwa 12 m Kronendurchmesser
vorstellen. Mit mehr als 600.000
Blättern verzehnfacht sie ihre 120 qm
Grundfläche auf etwa 1.200 qm Blattfläche.
Durch die Lufträume des Blattgewebes
entsteht eine Gesamtoberfläche für den
Gasaustausch von ca. 15.000 qm, das entspricht
etwa zwei Fußballfeldern! 9.400 l = 18 kg.
Kohlendioxid verarbeitet dieser Baum an einem
Sonnentag. Bei einem Gehalt von 0,03 %
Kohlendioxid in der Luft müssen etwa 36.000 cbm Luft
durch diese Blätter strömen. In der Luft schwebende
Bakterien, Pilzsporen, Staub und andere schädliche Stoffe werden
dabei größtenteils ausgefiltert. Gleichzeitig wird die Luft
angefeuchtet, denn etwa 400 l Wasser verbraucht und
verdunstet der Baum an dem selben Tag. Die 13 kg Sauerstoff,
die dabei vom Baum durch die Fotosynthese als Abfallprodukt gebildet
werden, decken den Bedarf von etwa 10 Menschen. Außerdem
produziert der Baum an diesem Tag 12 kg Zucker, aus dem er alle
seine organischen Stoffe aufbaut. Einen Teil speichert er als Stärke,
aus einem anderen baut er sein neues Holz. Wenn nun der Baum
gefällt wird, weil eine neue Straße gebaut wird, oder weil jemand
sich beschwert hat, dass der Baum zu viel Schatten wirft
oder gerade dort ein Geräteschuppen aufgestellt
werden soll, so müsste man etwa
2.000 junge Bäume
mit einem
Kronenvolumen
von jeweils
1 cbm pflanzen,
wollte man ihn
vollwertig ersetzen.
Die Kosten dafür dürften etwa 150.000,- € betragen.**

Abb. 85: Die Leistungsbilanz einer Buche



Abb. 86: Bewegungsraum Utoquai mit schattenspendender Rosskastanienallee

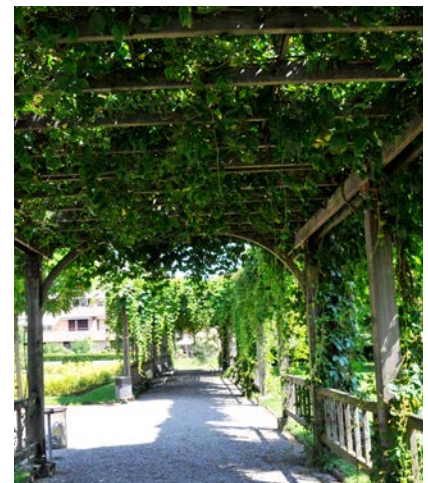


Abb. 87: Beschattung durch begrünte Pergola in der Neumünsteranlage

Beispiel Wege mit erhöhter Aufenthaltsqualität

Im kommunalen Richtplan Verkehr werden Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität festgelegt, die häufig entlang schattenreicher Baumreihen, grüner Achsen oder Gewässer führen, wie die Abbildungen 84, 86 und 87 (S. 107) veranschaulichen.

Beispiele für baulich-technische Beschattungselemente

Wo die Pflanzung von Bäumen nicht möglich ist, können baulich-technische Beschattungselemente wie beispielsweise Sonnenschirme, Sonnensegel, Pergolen oder Dachanbauten zur Anwendung kommen.

Hinweis zu lufthygienisch stark belasteten Verkehrsräumen

In von Abgasen stark belasteten, engen Verkehrsräumen ist es wichtig, dass der vertikale Luftaustausch gewährleistet ist. Hier ist zu beachten, dass geschlossene Baumkronen den Abtransport von Schadstoffen sowie die von Kraftfahrzeugen verursachte Wärmeabstrahlung einschränken können. Als möglicher Handlungsansatz in engen Verkehrsräumen bietet sich die Fassadenbegrünung an.

«Über den Tellerrand»

Im kanadischen Montreal sind die Sommer kurz und feuchtheiss. Als Anpassung an die heisseren Sommer hat die Stadt beschlossen, ihren Baumbestand zu erhöhen. Montreal hat einen Baumkronen-Index entwickelt, um das Grünvolumen erkennen und kontrollieren zu können. Die Stadt hat sich zum Ziel gesetzt, den Wert des Baumkronen-Index von 20 auf 25 Prozent zu erhöhen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das «Canopy action plan project» initialisiert, das im Zeitraum von 2012 bis 2021 300 000 zusätzliche Bäume auf öffentlichen und privaten Flächen vorsieht.

In der Stadt Bern wurde im Rahmen des Pilotprogramms «Urban Green & Climate» die Bedeutung von Ökosystemdienstleistungen sowie die Verletzbarkeit des urbanen Baumbestandes angesichts der klimatischen Veränderungen untersucht und Grundlagen sowie Richtlinien für eine angemessene Baumbewirtschaftung im städtischen Gebiet erarbeitet.



Abb. 88: Aufenthalt am Marktplatz Oerlikon im Schatten der Linden



Abb. 89: Der Rosenhof in der Altstadt, beschattet durch Platanen



Abb. 90: Am Sechseläutenplatz sorgen seit 2017 Sonnenschirme für eine punktuelle Beschattung der grossen Platzfläche.



Abb. 91: Durch den «Canopy action plan» soll Montreal noch grüner werden.



5.5 Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen (HA 05)

Beschreibung

Unversiegelter Boden auf städtischem Gebiet ist eine wertvolle, aber beschränkte Ressource. Sein Rückgang ist einer der Hauptgründe für die Ausbildung städtischer Wärmeinseln. Die Entsiegelung und Begrünung von Oberflächen in der Stadt bewirkt eine Kühlung der Luft sowohl durch die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit als auch durch die Transpiration der Pflanzen. Begrünte Oberflächen erwärmen sich tagsüber weniger stark als unbegrünte, speichern weniger Wärmeenergie und geben nachts entsprechend weniger Wärme ab. Die Verdunstung von Bodenfeuchtigkeit kann tagsüber zusätzlich Temperatursenkungen bewirken. Nachts wird die Kaltluftströmung auf ihrem Weg ins Siedlungsgebiet auf unversiegeltem Boden weniger gebremst. Je nach Anforderung an Nutzung, Frequentierung und (Verkehrs-)Belastung sind verschiedene Arten der (Teil-)Entsiegelung sowie verschiedene Vegetationsarten und -typen für die Begrünung von Oberflächen möglich.

Synergien und Herausforderungen

Entsiegelte und begrünte Oberflächen bewirken neben ihrem positiven Einfluss auf das Stadtklima eine bessere akustische und lufthygienische Qualität. Ausserdem kommen sie der biologischen Vielfalt zugute. Begrünte und unversiegelte Flächen steigern die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und dienen zudem der Regenwasserversickerung und dadurch der Grundwasserneubildung. Herausforderungen entstehen durch Nutzungskonflikte bei starker Verkehrsbelastung auf Strassen und eingeschränkter Nutz- und Begehrbarkeit auf Fuss- und Radwegen (Barrierefreiheit, Sicherheitsaspekte) sowie durch einen höheren finanziellen Aufwand im Zuge von Erstellung, Unterhalt und Reinigung. Des Weiteren muss die Nutzung durch Rettungs- und Einsatzfahrzeuge, wo nötig, uneingeschränkt möglich sein.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Rasen statt Asphalt	-3,6 -0,4	-6,6 -0,7	2-4 2-3
Rasen statt Pflasterung / Chaussierung	-3,0 -0,9	-5,5 -1,3	2-4 2-3
Pflasterung / Chaussierung statt Asphalt	-2,4 -0,2	-4,1 -0,4	2-4 2-3
Rasengitter statt Asphalt	-2,2 -0,2	-4,0 -0,4	2-4 2-3
Rasengitter statt Pflasterung / Chaussierung	-1,8 -0,0	-3,3 -0,3	2-4 2-3

Tab. 4: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Die Entsiegelung und Begrünung umfasst im Wesentlichen die Entsiegelung von Asphalt zu Rasen, Pflasterung, Chaussierung oder Rasengittersteinen sowie die Entsiegelung von Pflasterungen zu Rasen oder Rasengittersteinen (Tab. 4). Die am Tag auftretende Spannweite der Werteabnahme ist mit mehr als 6 °C gross und wird vor allem durch die Umwandlung von Asphalt zu Rasen geprägt. Diese liegt im Median bei 3,6 °C, die weitere Entsiegelung von Pflasterung zu Rasen hat mit 3,0 °C einen etwas schwächeren Effekt. Die Entsiegelung von Asphalt zu Pflasterung und Asphalt zu Rasengitter führt zu einer Abnahme um 2,4 °C bzw. 2,2 °C. Die Verminderung der PET bei Umwandlung von Pflasterung oder Chaussierung zu Rasengitter lässt sich mit 1,8 °C beziffern. Damit zeigt sich, dass die Entsiegelung zu Rasen mit der grössten Positivwirkung einhergeht. Die festgestellten Reichweiten sind mit 2 bis 4 m insgesamt ähnlich ausgeprägt und unterscheiden sich in dieser Hinsicht nur unwesentlich voneinander.



Abb. 92: Begrünte Aufenthaltsfläche – Ruderalfläche an der Tramschleife Laubegg



Abb. 93: Begrünte Verkehrsfläche – grünes Tramtrasse im Auzelg



Abb. 94: Pflasterrasen bei der Kirche St. Josef



Abb. 95: Unversiegelter Boden im Lindenhof in der ansonsten hoch versiegelten und klimatisch belasteten Innenstadt



Abb. 96: Wipkingen bekam 2014 infolge der Umgestaltung des Röschiachplatzes einen neuen, klimaökologischen Quartierplatz.



Abb. 97: Kleiner chaussierter Platz an der Stauffacherstrasse

Beispiele zur Oberflächenbegrünung

Begrünte, klimatisch wirksame Oberflächen sind, abhängig von den Nutzungs- und Gestaltungsansprüchen, im privaten Wohnumfeld wie auch in öffentlichen Freiräumen möglich. Beispiele reichen von Rasenflächen bis zu bepflanzten, chaussierten Flächen (auch mit Spontanvegetation). Randbereiche und Zwischenräume wie etwa Baumscheiben und Baumstreifen bieten sich besonders zur Begrünung an. Gute Beispiele für begrünte Verkehrsoberflächen stellen grüne Gleistrassees dar.

Beispiele zur Reduktion der Bodenversiegelung

Grundsätzlich eignen sich weniger stark beanspruchte Flächen für eine Reduktion der Bodenversiegelung: Auto- und Veloparkplätze, Zufahrtsstrassen (z. B. Feuerwehruzufahrten), Geh- und Radwege, Spiel- und Aufenthaltsplätze, Lagerflächen. Je nach Funktion der Fläche kann die Bodenversiegelung auf verschiedene Weise reduziert werden, beispielsweise durch Chaussierung, Pflaster- oder Plattenbeläge mit wasserdurchlässigen Fugen oder offenporigen Asphalt.

Im Zuge von Verkehrsberuhigungsmassnahmen wurden in den letzten Jahren in Zürich einige Plätze neu gestaltet und dabei entsiegelt. Geschaffen wurden wichtige, klimaökologisch wertvolle Orte für die Quartierbevölkerung. Wald- und Flurwege werden in der Stadt Zürich, wo möglich, entsiegelt. Dies sorgt für eine bessere Aufenthaltsqualität, steigert die Attraktivität der Wege und entspricht gleichzeitig den Qualitätszielen für schweizerische Wanderwege.

Beispiel «Konzept Arten- und Lebensraumförderung»

Das «Konzept Arten- und Lebensraumförderung» sieht vor, dass bei der Planung und Bewirtschaftung städtischer Grün- und Freiräume die Flächenversiegelung minimiert und versickerungsfähige Beläge gefördert werden.

«Über den Tellerrand»

An der Universität Kobe in Japan wurden verschiedene Parkplatzoberflächen auf ihre Temperatur hin untersucht. Die Oberflächentemperatur der begrünten Parkplätze lag dabei um mehr als 10 °C tiefer als die der Asphaltfläche.



Abb. 98: Wiese



Abb. 99: Sickerfähiges, begrünbares Rasengitter



Abb. 100: Pflasterung mit breiten, begrünten Fugen



Abb. 101: Schotterrasen



Abb. 102: Klimafliesen



Abb. 103: Pflasterung mit offenen, nicht zementierten Fugen



Abb. 104: Chaussierte Fläche



Abb. 105: Luftbild zur Untersuchung von Parkplatzoberflächen

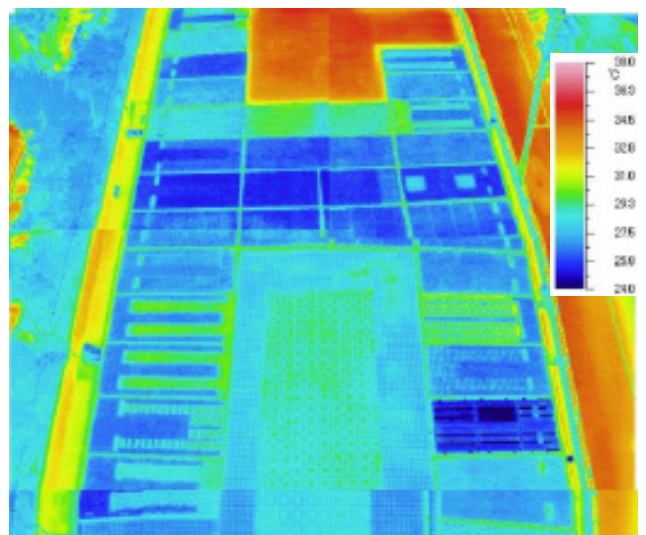
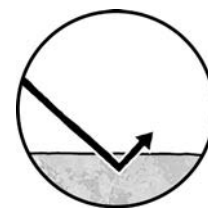


Abb. 106: Thermalbild zur Untersuchung von Parkplatzoberflächen



5.6 Materialien mit hoher Albedo für Strassen- und Platzoberflächen verwenden (HA 06)

Beschreibung

Eine Stadt als Ganzes weist ein geringes Rückstrahlvermögen auf; ihr Albedowert ist gering. Demnach nimmt die Stadt einen erheblichen Teil der Sonnenenergie auf. Zusätzlich zeichnet sich Baumaterial durch die Eigenschaft aus, Wärme sehr gut zu speichern und weiterzugeben. Die Kombination aus hoher Wärmeaufnahme und -speicherung beeinflusst das Stadtklima erheblich. Helle Materialien für die Gestaltung von Strassen- und Platzoberflächen helfen bei der Reduktion der Temperatur in der Stadt. Im Gegensatz zu dunklen, stark wärmeabsorbierenden Materialien wie Asphalt erwärmen sich helle Materialien wesentlich geringer, speichern weniger Wärme und geben sie nachts weniger stark ab. Insgesamt zielt der Handlungsansatz HA 06 auf die Erhöhung der Reflexion des Sonnenlichts (Albedo) von Strassen- und Platzoberflächen ab, z. B. durch Spezialfarben oder eine helle Pflasterung.

Synergien und Herausforderungen

Neben klimatischen Aspekten kann der Einsatz von hellen Strassen- und Platzoberflächen aus gestalterischen Gründen sinnvoll sein. Herausforderungen können Sicherheitsaspekte (Blendwirkung bei erhöhter Reflexion), eine Interessenabwägung mit Denkmalschutz und höhere Kosten für Erstellung, Sanierung und Reinigung darstellen. Zudem kann die reflektierte Strahlung an benachbarten Gebäudefassaden über die direkte Sonnenstrahlung hinaus zu einer verstärkten Einstrahlung führen. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften dieser Gebäude (z. B. Fassadenfarbe oder Begrünung) kann dies mit einer potenziellen Erwärmung einhergehen.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Oberfläche mit hoher Albedo statt Asphalt	-1,5 -0,2	-2,8 -0,5	2-4 2-3

Tab. 5: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situation

Mit diesem Ansatz lässt sich die PET um 14 Uhr über den Oberflächen im Median um 1,5 °C, maximal sogar um 2,8 °C absenken. Die räumliche Reichweite gleicht der von begrünten Oberflächen und ist mit 2 bis 4 m tagsüber und 2 bis 3 m nachts insgesamt ähnlich ausgeprägt. Der Effekt auf die Lufttemperatur in der Nacht fällt, verglichen mit der Tagsituation, geringer aus und beträgt im Median 0,2 °C bzw. maximal 0,5 °C. Die im Modell verwendete Albedo beträgt 0,2 für Asphalt und 0,3 für unbegrünte Fassaden. Eine gesamtflächige Anwendung im Stadtgebiet würde einen effektiven Beitrag zur Hitzeminderung bedeuten.

Beispiele für Platzoberflächen mit hoher Albedo

Helle Belagsflächen werden derzeit aus gestalterischen Gründen bei Platzgestaltungen eingesetzt, so z. B. auf dem Sechseläutenplatz.

«Über den Tellerrand»

In Los Angeles, wo der Effekt der urbanen Wärmeinsel besonders spürbar ist, wird seit 2017 ein herkömmlicher Belag getestet, der mit heller Oberflächeneinfärbung versehen ist. Dieser soll bewirken, dass sich Strassen um bis zu 7 °C weniger erwärmen.



Abb. 107: Albedowert Asphalt
0,05–0,20



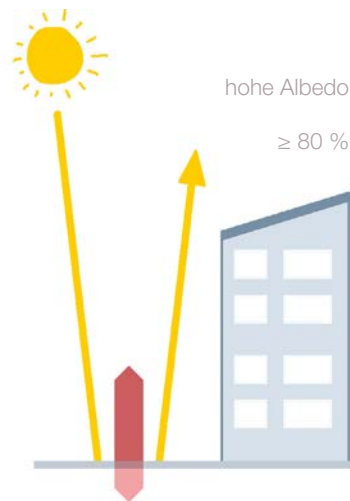
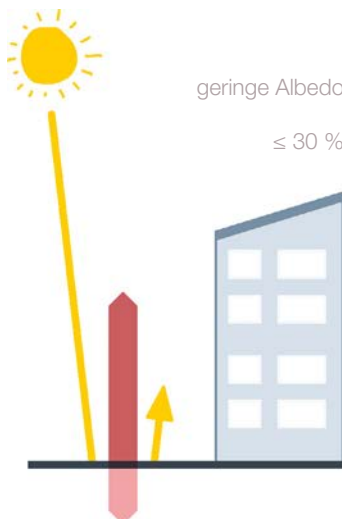
Abb. 108: Albedowert Beton
0,10–0,35



Abb. 109: Albedowert Wiese
0,15–0,25



Abb. 110: Albedowert heller Kies
0,55–0,65



Sonneinstrahlung und Schattenwurf

- Sonnenlicht
- Wärmeabgabe an die Umgebung
- Wärmeabgabe in den Boden

Abb. 111: Materialien mit hoher Albedo bieten durch ihre geringere Erwärmung eine Möglichkeit, die Temperatur in der Stadt zu reduzieren.



Abb. 112: Heller und versickerungsfähiger Belag am Brupbacherplatz

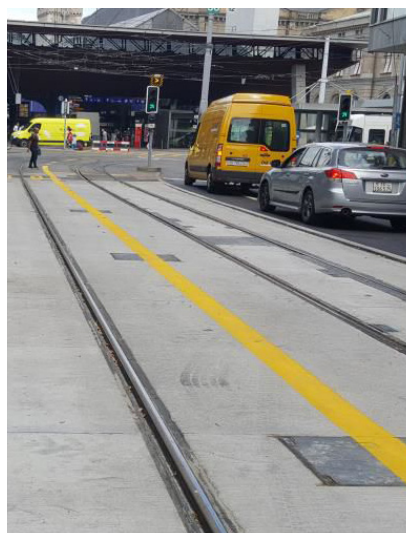


Abb. 113: Helle Betonfahrbahn an der Löwenstrasse

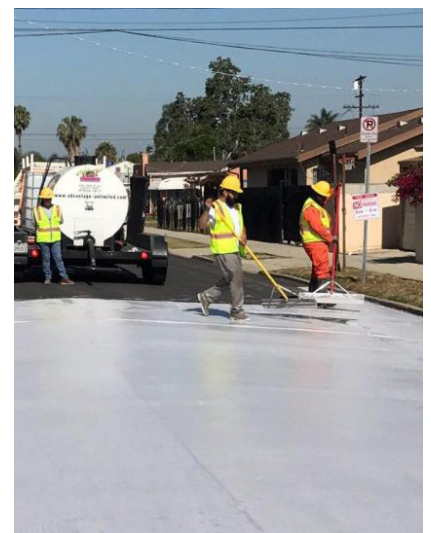
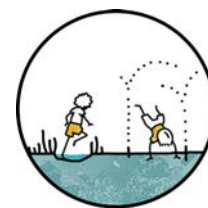


Abb. 114: In Los Angeles soll ein herkömmlicher Strassenbelag mit heller Oberflächeneinfärbung zur Entwärmung beitragen.



5.7 Wasser im städtischen Raum etablieren (HA 07)

Beschreibung

Wasser entzieht der umgebenden Luft bei Verdunstung Wärmeenergie und kühlt sie dabei ab. Somit trägt Wasser zu einem angenehmen Mikroklima im städtischen Raum bei. Bewegtes Wasser steigert die Kühlwirkung aufgrund der grösseren verdunstungsfähigen Oberfläche. Neben der Klimawirkung liegt die Besonderheit von Wasser in seiner Erleb- und Nutzbarkeit. An heissen Sommertagen kann der erhitzte Körper beim Kontakt mit Wasser z. B. beim Spielen und Baden abgekühlt werden. Bachöffnungen, Fluss-, See- und Freibäder sowie Wasserinstallationen (Brunnen, Teiche, Fontänen, Wasserspiele) sollten möglichst über das Stadtgebiet verteilt liegen und für die Bevölkerung an heissen Sommertagen leicht erreichbar und zugänglich sein.

Synergien und Herausforderungen

Offene und bewegte Wasserflächen fördern als Lebensräume für Pflanzen und Tiere die biologische Vielfalt. Menschen schätzen Wasser als Erholungsraum und Naturerlebnis. Als räumlich-gestalterisches Element erzeugt es Synergien mit der Gestaltung von Stadträumen.

Herausforderungen stellen der finanzielle Aufwand für die Erstellung und Erhaltung (Wasserqualität) sowie der betriebliche Unterhalt dar. Ausserdem müssen Sicherheitsaspekte (Ertrinken, Rutschgefahr, Hygiene) berücksichtigt werden.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Wasserfläche statt Rasen	-5,6 -0,3	-7,6 -1,2	3-6 2-4

Tab. 6: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situation

Wasser im städtischen Raum kann ein klimaausgleichendes Gestaltungselement darstellen. Durch die Verdunstungskühle der Wasserflächen können Seen oder Brunnenanlagen insbesondere Temperaturspitzen reduzieren. Es lässt sich hierbei zwischen «ruhigem» und «bewegtem» Wasser unterscheiden (z. B. See gegenüber Brunnen). Tabelle 6 zeigt die Wirkung für die tatsächlich empfundene Temperatur (PET) um 14 Uhr und für die Lufttemperatur um 4 Uhr. So lässt sich die PET über der Wasserfläche selbst tagsüber im Median um 5,6 °C absenken. Die Maximalwerte liegen mit 7,6 °C deutlich höher. Die räumliche Wirkung einer ruhigen Wasserfläche beträgt am Tag etwa 3 bis 6 m. Bei Brunnenanlagen mit intensiverer Verdunstung ist dagegen von höheren Reichweiten auszugehen. In den Nachtstunden ist die Reichweite mit 2 bis 4 m etwas geringer. Der Effekt auf die Lufttemperatur in der Nacht fällt ebenfalls niedriger aus und beträgt im Median 0,3 °C bzw. maximal 1,2 °C.

Beispiele für die Etablierung von Wasser

Das Angebot an Abkühlungsmöglichkeiten wird in Zürich bereits gut gepflegt und bei Bedarf ausgebaut. Fluss-, See-, und Freibäder, öffentliche Badestellen an Zürichsee und Limmat sowie Planschbecken in öffentlichen Parkanlagen liegen über die ganze Stadt verteilt. Bachöffnungen werden im Rahmen des Bachkonzepts umgesetzt. Wasserinstallationen und Trinkbrunnen in den öffentlichen Freiräumen erfreuen sich gerade an heissen Tagen grosser Beliebtheit.



Abb. 115: Flussbad Oberer Letten

Wasserfläche

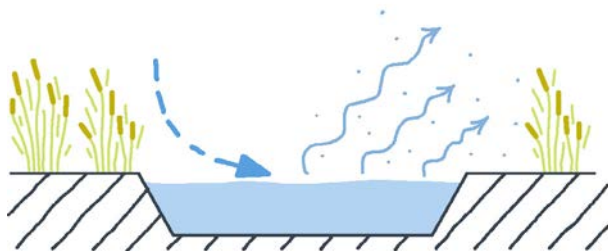


Abb. 117: Die Kühlwirkung von Wasserflächen ist am effektivsten, wenn diese quer zur Hauptwindrichtung ausgerichtet sind und sich durch viel bewegtes, kühles Wasser in möglichst grosser Höhe (Wasserspiele / Brunnen) auszeichnen.



Abb. 116: Wasserspiel-Fontänen am Sechseläutenplatz

Wasserspiele / Brunnen

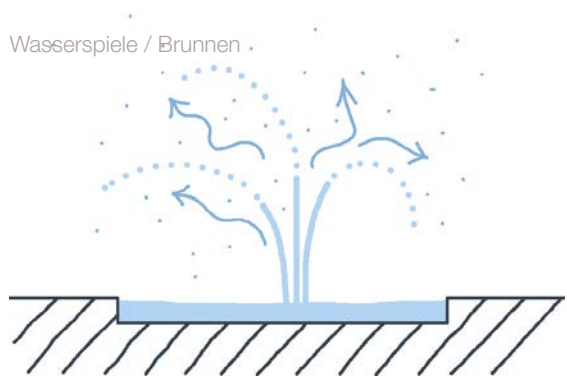


Abb. 118: Der 2,3 ha grosse See ist das prägende Element des Opfikerparks in der Wohnstadt Glattpark.



Abb. 119: Bachöffnung des Nebelbachs in der Wildbachstrasse



5.8 Regenwasser zurückhalten und versickern (HA 08)

Beschreibung

Meist sind die Oberflächen im Stadtgebiet befestigt und Regenwasser fließt zum grossen Teil in die Kanalisation. Dass Regenwasser nur sehr eingeschränkt zur Verdunstung verfügbar ist, ist einer der Gründe für die Ausprägung von städtischen Wärmeinseln. Die Verdunstung von Bodenfeuchtigkeit und temporären Wasserflächen, die durch den Rückhalt und die Versickerung von Regenwasser möglich wird, erzeugt kühle Luft. Sie ist damit ein Mittel gegen die städtische Wärmeinsel und sollte, wo möglich, im Stadtgebiet ermöglicht werden. Pflanzenbestandene Wasserflächen erbringen dabei eine besonders hohe Verdunstungskühlleistung.

Synergien und Herausforderungen

Begrünte und unversiegelte Flächen dienen der Regenwasserversickerung und dadurch der Grundwasserneubildung. Regenwasserversickerung wirkt sich positiv auf die biologische Vielfalt aus. Zudem kann das Regenwasser zur Bewässerung und Gestaltung eingesetzt werden.

Als Herausforderungen erweisen sich die Bereitstellung des notwendigen Retentionsraumes, die Beschränkung von Überflutungsrisiken und der finanzielle Aufwand für Pflege und Instandhaltung. Bei der Speicherung von Regenwasser über einen längeren Zeitraum wird die Verdunstungskühle des Wassers wirksam aktiviert, allerdings entsteht ein Vernässungsrisiko. Dies schränkt die Ausgestaltung von Versickerungsanlagen als multifunktionale Freiräume ein.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Retentionsraum statt Rasen	-1,0 -0,1	-1,4 -0,2	5-18 5-10

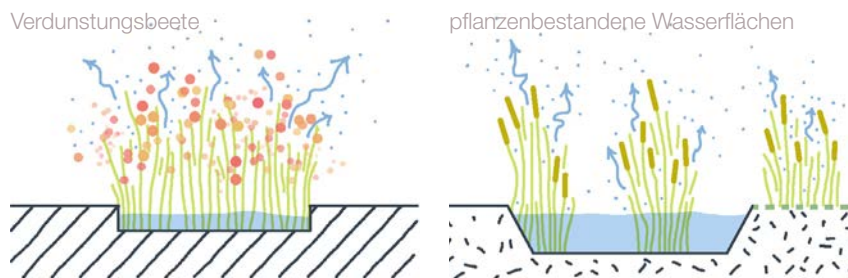
Tab. 7: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situation

Flächen für die Regenwasserretention können über ihre eigentliche Funktion hinaus auch eine klimaausgleichende Wirkung erzielen. Aufgrund der höheren Bodenfeuchte trägt die Verdunstungskühle dazu bei, Temperaturspitzen in der Mittagszeit zu reduzieren. Darüber hinaus verbessern Retentionsbereiche als grün geprägte, ökologisch wertvolle Strukturen die nächtliche Durchlüftung. Die Wirkung zeigt Tabelle 7 auf: Über einem Retentionsraum senkt sich die PET tagsüber um 1,0 °C ab (Median), maximal sind 1,4 °C erreichbar. Die räumliche Reichweite (ohne stehendes Wasser) beträgt etwa 5 bis 18 m. In der Nacht ist diese Reichweite mit 5 bis 10 m etwas geringer, und die Effekte auf die Lufttemperatur fallen niedriger aus. Dies ist auf die höhere Bodenfeuchte sowie die Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen. Zusammen gleichen diese die infolge von Verdunstung geringere Oberflächenerwärmung tagsüber mit nächtlicher Wärmeaufnahme aus der Luft aus. Somit ist nachts nur eine unwesentlich stärkere Abkühlung zu beobachten, als dies bei einer normalen Rasenfläche der Fall ist.

Beispiele Regenwasserversickerung

Die Arbeitshilfe «Versickerung in Stadträumen» von ERZ zeigt auf, unter welchen Bedingungen Wasser auf öffentlichen Flächen versickert werden darf und soll. Sie stellt verschiedene Systemtypen für die Versickerung und ihre Ausgestaltungsformen dar.

Der Bishan Park in Singapur ist Teil eines inselweiten Regenwassermanagementprogramms. Der ehemalige Betonkanal des Kallang River wurde zu einem mäandrierenden Flusslauf renaturiert. Dieser dient nicht nur dem Wasserrückhalt und der Abflussentschleunigung, sondern ist ein wichtiges Element in der Parklandschaft geworden.



«Über den Tellerrand»

Mehr zum Thema

Strengthening blue-green infrastructure in our cities. Ramboll

Arbeitshilfe «Versickerung in Stadträumen». ERZ

Abb. 120: Für eine optimale Kühlleistung benötigen Pflanzen eine gute Wasserversorgung; besonders wirkungsvoll ist die Kombination von Verdunstungsbeeten oder pflanzenbestandenen Wasserflächen («urban wetlands»).



Abb. 121: Im Regina-Kägi-Hof wird Regenwasser in einem Retentionsbecken gefiltert und gereinigt. Es gelangt anschliessend in ein zugängliches Wasserbecken.



Abb. 122: Der Turbinenplatz wird in seine angrenzenden Pflanzbeete entwässert.



Abb. 123: Renaturierter Flusslauf für Regenwasserrückhalt und Erholungsnutzung im Bishan Park, Singapur



Abb. 124: Die Öffnung des Käshaldengrabs an der Wohnüberbauung Stäheli-matt stärkt die biologische Vielfalt.



Abb. 125: Eine Möglichkeit um Regenwasser zum Giessen zu sammeln



5.9 Dächer klimaökologisch begrünen (HA 09)

Beschreibung

Aufbau [cm] Dachbegrünung	extensiv	intensiv
Substratschichtdicke	6	80
Filtervlies	0,1	0,1
Interzeptionsspeicher	0,3	0,5
Dränschichtdicke	4	15
Trenn-, Schutzschicht	0,4	0,4

Tab. 8: Aufbau Dachbegrünung extensiv / intensiv

Die Begrünung von Dachflächen kann extensiv oder intensiv erfolgen. Extensive Dachbegrünung umfasst einen Bodenaufbau von mindestens 10 cm. Sie hält Regenwasser zurück, trocknet jedoch bei Hitze rasch aus und verdunstet folglich kein Wasser mehr. Klimaökologisch wirksamer ist die intensive Dachbegrünung mit einem Bodenaufbau von 15 bis 100 cm und mehr. Ihre stärkere Substratschicht speichert und verdunstet mehr Wasser und erlaubt die Pflanzung von kleinen Bäumen. Auch Mischformen sind möglich. Besonders vorteilhaft ist die Begrünung von Dächern, wenn sie als Dachgärten mit ökologischem Wert ausgeführt sind. Da in wachsenden Städten Grünflächen meist nur in geringem Masse vorhanden sind, können Dachgärten bei Hitze eine grünflächenähnliche Entlastungsfunktion übernehmen, indem die Wärmeaufnahme der Dachflächen gemindert wird.

Synergien und Herausforderungen

Die Begrünung von Dächern dient neben dem Stadtklima der Förderung der Biodiversität und der ökologischen Vernetzung. Eine gleichzeitige Nutzung als Dachgarten dient der Freiraumversorgung. Darüber hinaus verbessern begrünte Dächer das Raumklima in den Dachgeschossen und unterstützen die Stromproduktion. So funktionieren Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit extensiver Dachbegrünung besser, da die Anlagen durch die Begrünung gekühlt werden. Weitere Synergieeffekte sind in der Verringerung des Niederschlagabflusses und der Lärminderung zu sehen.

Ausgebildetes Personal zur Pflege der Dachbegrünung ist die Voraussetzung für den Erhalt ihrer Funktionsfähigkeit. Die Kosten für Bau und Unterhalt sind zu berücksichtigen. Die Zugänglichkeit begrünter Dächer ist zu gewährleisten, damit der hitzemindernde Effekt, der hauptsächlich über dem Dach seine Wirkung entfaltet, für die Bevölkerung spürbar wird. Ausserdem muss die Statik geprüft und allenfalls angepasst werden. Bei Inventar- oder Schutzobjekten ist eine Interessenabwägung mit dem Denkmalschutz vorzunehmen.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
extensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-0,8 -0,8	-1,5 -1,1	2-4 2-4
intensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-1,1 -1,2	-2,5 -1,4	2-4 2-4
intensive Dachbegrünung / Dachgarten (2 m über Dach)	-3,1 -0,3	-6,6 -0,4	2-4 2-4

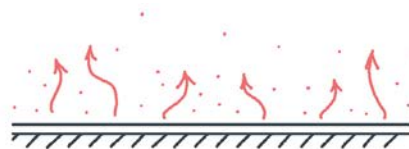
Tab. 9: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Für die Bewertung dieses Handlungsansatzes werden die PET um 14 Uhr und die Lufttemperatur um 4 Uhr in 2 m über Grund beziehungsweise über Dachniveau herangezogen. Die kühlende Wirkung einer Dachbegrünung ist direkt über der Dachoberfläche am grössten. Ihre entlastende Wirkung kommt jedoch erst im Fall der Nutzung des Dachs als Aufenthaltsfläche (z. B. Dachgarten) zum Tragen. Der klimatische Effekt auf das bodennahe Niveau als eigentlicher Aufenthaltsbereich der Menschen ist bei höheren Gebäuden eher gering. Auf niedrigen Gebäuden können Dachbegrünungen einen positiven Effekt auf das bodennahe Niveau haben. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Begrünung vieler Dächer auf gesamtstädtischer Ebene einen erheblichen Effekt auf die städtische Wärmeinsel aufweist. Die Wirkung einer Dachbegrünung veranschaulicht Tabelle 9. So lässt sich die Temperatur über

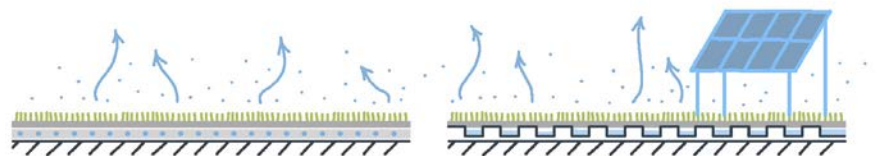


Abb. 126: Dachgarten im Toni-Areal

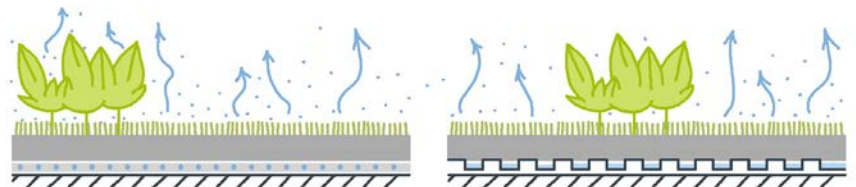
Konventionelles Dach
starke Aufheizung



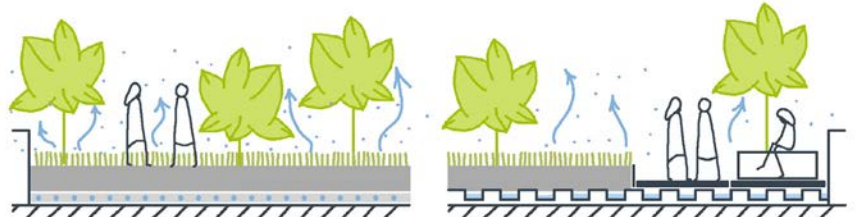
Grünes Dach (extensiv)
Extensivdach mit Retentionsfunktion



Grünes Dach (intensiv)
Intensivdach mit Retentionsfunktion



Grünes Dach (intensiv)
Intensivdach mit Retentionsfunktion und Dachgartennutzung



Blaugrünes Dach / Wassergarten
begehbare, dauerstauende Dachfläche

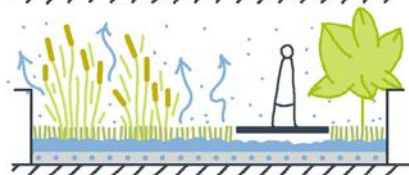


Abb. 127: Begrünungen machen aus vollversiegelten Dächern Flächen mit Verdunstungsleistung und Retentionsvermögen; je mehr Wasser verdunstet werden kann und je mehr Schattenplätze errichtet werden, desto klimateffektiver ist die Dachbegrünung.

einer intensiven Dachbegrünung mit Dachgarten im Median um 3,1 °C absenken. Der Maximalwert liegt mit 6,6 °C deutlich höher. Im Gegensatz dazu hat eine extensive Begrünung mit 0,8 °C im Median bzw. 1,5 °C als Maximum zwar eine positive Wirkung, 2 m über Grund jedoch eine deutlich geringere.

Flächenpotenzial der Dachbegrünung in Zürich

Flachdachflächen zählen zu den wichtigsten begrünbaren Ersatzräumen für die zunehmend bebauten Flächen im Stadtgebiet. Etwa 500 ha in der Stadt sind Flachdachflächen. 37 Prozent davon sind begrünt. Insgesamt mehr als 250 ha Dachflächen weisen Begrünungspotenzial auf (rund 50 Prozent).

Beispiele klimaökologischer Dachgärten

Der 2600 m² grosse Dachgarten der Zürcher Hochschule der Künste befindet sich in 30 m Höhe auf dem Areal der ehemaligen Tonifabrik. Er wurde 2014 realisiert und ergänzt als klimaökologischer Dachgarten das Freiraumangebot im dicht besiedelten Zürich-West.

Ab etwa 2024 soll der Überlandpark als öffentliche Parkanlage auf dem Dach der Autobahnüberdeckung vom Schöneich-Tunnel bis Aubrugg entstehen. Die Bepflanzung umfasst eine «steppenartige Vegetation» mit Gräsern und Sträuchern. Die Pflanzung von Grossbäumen ist aufgrund der erforderlichen Aufbauhöhe nicht möglich.

«Über den Tellerrand»

Der Dakpark im Rotterdamer Stadtteil Delfshaven ist mit seinen 80 000 m² der grösste Dachgarten Europas. Auf dem Dach eines Büro- und Einkaufszentrums entstand im Sommer 2013 in 9 m Höhe ein öffentlich zugänglicher Park.

In Hamburg wurde eine umfassende Gründachstrategie ins Leben gerufen. Mindestens 70 Prozent der flachen oder flach geneigten Dächer sollen begrünt werden. Finanziell unterstützt wird das Projekt von der Behörde für Umwelt und Energie.



Abb. 128: Visualisierung Überlandpark



Abb. 129: Der Dakpark in Rotterdam



Abb. 130: Vision der Hamburger Innenstadt mit mehrheitlich begrünten Dächern

Mehr zum Thema

Dachbegrünungsrichtlinien 2018 – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen. FLL

Gebäude Begrünung Energie – Potenziale und Wechselwirkungen. Technische Universität Darmstadt

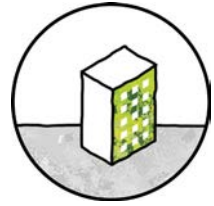
Handbuch Bauwerksbegrünung. Köhler

Dachbegrünung – Leitfaden zur Planung. Stadt Hamburg

Sumpfpflanzendächer. UFZ

Rechtliche Grundlagen

Seit 1991 ist die Begrünung von Flachdachflächen in der Bauordnung der Stadt Zürich vorgeschrieben. Seit 2015 muss die Begrünung zudem ökologisch wertvoll sein (vgl. BZO Art. 11, Abs. 1 Begrünung, Spiel- und Ruheflächen, Gärten)



5.10 Fassaden klimaökologisch begrünen (HA 10)

Beschreibung

Bei der Fassadenbegrünung wird zwischen boden- und wandgebundenen Systemen unterschieden. Dabei liegen verschiedene Ausführungsmöglichkeiten vor: Bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung wachsen die Pflanzen direkt aus dem Erdreich. Dazu braucht es an der Gebäudewand eine genügend grosse, unversiegelte Fläche als Wurzelraum. Bei der wandgebundenen Begrünung werden an der Hauswand bepflanzte Substratträger montiert. Auch Mischformen sind möglich. Das schattenwerfende Blattwerk, die Luftschicht zwischen Vegetation und Hauswand sowie die Evapotranspiration verringern die Wärmeaufnahme und die Oberflächentemperatur der Gebäudehülle. Dies erhöht den thermischen Komfort im unmittelbar angrenzenden Aussenbereich und im Gebäudeinneren. Die Wirksamkeit steigt mit zunehmenden Grünvolumen an der Fassade.



Konventionelle Fassade



Begrünung und Bewässerung

Fassadengebundene Begrünung mit Bewässerung



Begrünung

Bodengebundene Fassadenbegrünung



Abb. 131: Die Temperatur an einer begrünten Fassade kann im Gegensatz zu einer konventionellen Fassade um bis zu 6 °C gesenkt werden.



Mehr zum Thema

Fassadenbegrünungsrichtlinien
2018 – Richtlinien für Planung,
Bau und Instandhaltung von
Fassadenbegrünungen. FLL

Gebäude Begrünung Energie –
Potenziale und Wechselwirkungen.
Technische Universität Darmstadt

Handbuch Bauwerks-
begrünung. Köhler

Leitfaden Fassadenbegrünung.
Stadt Wien

Abb. 132: Erdgebundene Fassadenbe-
grünung am Parkhaus Sihcity

Abb. 133: Erdgebundene Begrünung der
Stützmauer in der Neufrankengasse



Synergien und Herausforderungen

Begrünte Fassaden dienen der Verbesserung der lufthygienischen und akustischen Qualität, der Verdunstungskühle und als Lebensraum für Pflanzen und Tiere der ökologischen Vielfalt. Zudem dienen Fassadenbegrünungen wirksam als Sonnenschutz (Kap. 5.12). Herausforderungen bestehen in fehlenden Instrumenten und gesetzlichen Grundlagen für die Begrünung von Fassaden. Beim Unterhalt ist in trockenen Sommern eine intensive Bewässerung nötig. Es müssen Interessenabwägungen mit Gestaltung und Energiegewinnung (PV-Anlagen) erfolgen sowie bautechnische und feuerpolizeiliche Anforderungen geprüft werden. Bei Inventar- oder Schutzobjekten ist eine Interessenabwägung mit dem Denkmalschutz erforderlich. Ebenso ist die Funktionsfähigkeit des öffentlichen Raums zu gewährleisten (z. B. Begehrbarkeit des Trottoirs).

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Fassadenbegrünung	-4,8 -1,3	-6,6 -1,7	4-14 2-4

Tab. 10: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Die Fassadenbegrünung zählt zu den effektiven Möglichkeiten, die Gebäudeerwärmung am Tag abzuschwächen. Wie die Dachbegrünung wirkt sie zweifach positiv auf den Gebäudebestand, da durch den Schatten tagsüber die Wärmeeinstrahlung reduziert und über die Verdunstungskühle Wärme abgeführt wird, insbesondere bei bewässerten Begrünungen. Die Wirkung einer Fassadenbegrünung zeigt Tabelle 10 für die tatsächlich empfundene Temperatur (PET) um 14 Uhr bei einem Abstand von 1 m zur Fassade. Die Temperatur lässt sich gegenüber einer unbegrünten Fassade im Median um 4,8 °C absenken, der Maximalwert beträgt 6,6 °C. In den Nachtstunden ist der Effekt mit einer Lufttemperaturabsenkung von im Median um 1,3 °C bzw. maximal 1,7 °C weniger stark ausgeprägt. Die Reichweite ist tagsüber mit 4 bis 14 m deutlich höher als nachts. Eine Fassadenbegrünung ist insbesondere an West- und Ostfassaden wirksam, da hier die stärkste Sonneneinstrahlung erfolgt.

Fassadenbegrünung in der Stadt Zürich

Die Stadt Zürich setzt beim Thema Fassadenbegrünung auf Eigeninitiative von Bauherrschaften und Planenden. Im Rahmen von privaten Bewilligungsverfahren wird auf Möglichkeiten und Vorteile von begrünten Fassaden hingewiesen.

«Über den Tellerrand»

2013 entwickelte die Stadt Wien den Leitfaden «Fassadenbegrünung», der Fachkräften und Interessierten als Entscheidungshilfe bei der Auswahl der optimalen Begrünungsart für verschiedene Fassaden dient. Neben allgemeinen und technischen Informationen bietet der Leitfaden Gestaltungs- und Best-Practice-Beispiele, Checklisten und Fördermöglichkeiten.

Die TU Darmstadt hat in Kooperation mit der TU Braunschweig den interdisziplinären Leitfaden «Gebäude, Begrünung und Energie» erarbeitet. Dieser zeigt energetische, klimatische und gestalterische Potenziale der Gebäudebegrünung sowie Wechselwirkungen von Gebäuden, Bauwerksbegrünungen und Gebäudeumfeldern auf.

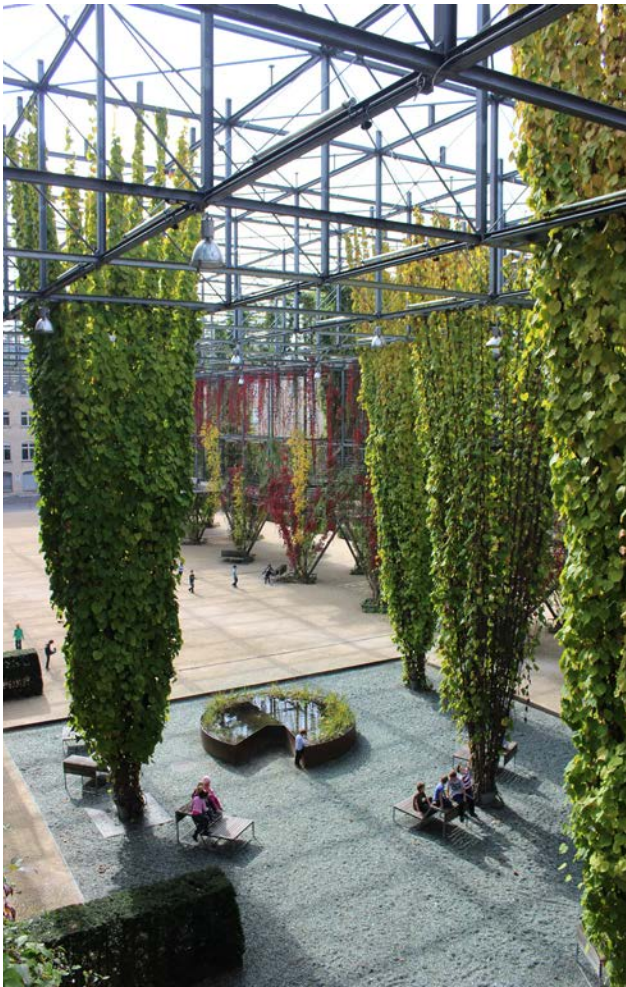


Abb. 134: Erdbundene Begrünung im MFO-Park



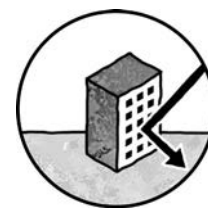
Abb. 136: Fassadengebundene Begrünung am Amtshaus MA48 in Wien



Abb. 135: Fassadengebundene Begrünung im Hunziker Areal



Abb. 137: Fassadengebundene Begrünung am Garden Tower in Wabern bei Bern



5.11 Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo verwenden (HA 11)

Beschreibung

Der Einsatz heller Gebäudematerialien erhöht das Rückstrahlvermögen der Gebäudehülle gegenüber dunklen Materialien erheblich. Sie erwärmen sich weniger stark, speichern weniger Energie und geben folglich nachts auch weniger Wärme ab. Bei der Absorption von Sonnenstrahlung wird diese in Wärmeenergie umgewandelt. Da helle Flächen einen Grossteil der Strahlung reflektieren, erwärmen sie sich weniger stark als dunkle Oberflächen. Sie halten das Gebäudeinnere ebenso kühl wie ihre Umgebungsluft.

Synergien und Herausforderungen

Neben stadtklimatischen Aspekten kann sich der Einsatz heller Fassaden- und Dachmaterialien auch aus gestalterischen Gründen als sinnvoll erweisen.

Als Herausforderung erweisen sich Sicherheitsüberlegungen aufgrund der erhöhten Reflexion und Blendwirkung. Die Wirksamkeit fassadenintegrierter PV-Module sinkt beim Einsatz heller Gebäudematerialien. Zu bedenken sind höhere Kosten bei der Erstellung und Sanierung sowie Schmutzanfälligkeit und daraus entstehende Unterhaltskosten für Reinigung. Gegebenenfalls spielen Denkmalschutzauflagen eine Rolle. Eine Interessensabwägung ist erforderlich.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
helle Fassade	-1,0 -0,1	-1,8 -0,2	2-3 1-2
helles Dach	-1,2 -0,1	-2,1 -0,3	2-4 1-2

Tab. 11: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Die Verwendung von Oberflächen mit hoher Albedo an Gebäuden konnte in den Modellierungsgebieten nur in geringem Umfang umgesetzt werden. Im Gegensatz zur ebenerdigen Erhöhung der Albedo ist der Umfang der Stichprobe gering. Auf der Grundlage der vorliegenden Berechnungen lässt sich die in Tabelle 11 dargelegte Wirkung ermitteln. Die Albedoerhöhung an einer Fassade mit Süd-West-Exposition bewirkt eine Abnahme der PET um maximal 2,3 °C bzw. 1,0 °C (Median) im Nahbereich. In den Nachtstunden ist die Wirkung mit 0,2 °C bzw. 0,1 °C gering. Ein Dach mit heller Oberfläche führt zu einer stärkeren Temperaturabsenkung von maximal 2,1 °C, im Median beträgt diese 1,2 °C. In der Nacht ist die Wirkung mit der einer hellen Fassade vergleichbar. Die festgestellten Temperaturwerte und Reichweiten sind sowohl am Tag als auch in der Nacht ähnlich ausgeprägt. Das liegt daran, dass tagsüber weniger Wärme absorbiert und nachts die darüber lagernde Luft entsprechend weniger erwärmt wird.

Beispiele für Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo

Bisher wurde das Thema «helle Fassaden- und Dachmaterialien» in der Stadt Zürich noch wenig beachtet. In einigen aktuellen Projekten wie dem Erweiterungsbau des Kunsthauses am Heimplatz kommt jedoch beispielsweise durchgehend heller Sandstein zur Anwendung.

«Über den Tellerrand»

Der damalige US-Energieminister Steven Chu regte 2009 an, möglichst viele Dächer in den USA und sogar weltweit weiss zu streichen. Forscher des National Center for Atmospheric Research untersuchten den Effekt weisser Dächer auf das Stadtklima. Ihren Ergebnissen zufolge würde die Durchschnittstemperatur in den Metropolen der Welt um 0,4 °C sinken, in New York gar um 1,1 °C.



Abb. 138: Albedowert
Schiefer 0,1



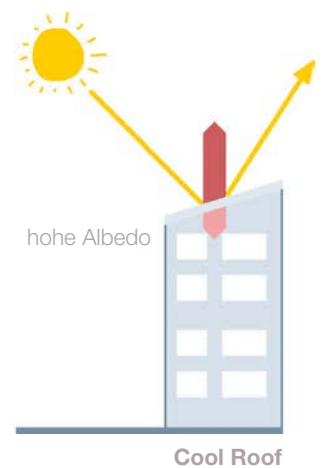
Abb. 139: Albedowert
Dachziegel 0,1–0,35



Abb. 140: Albedowert
Naturstein 0,2–0,35



Abb. 141: Albedowert
weisse Fassade 0,5–0,9



Albedo von Fassade und Dachflächen

- Sonnenlicht
- Wärmeabgabe an die Umgebung
- Wärmeaufnahme des Gebäudes

Abb. 142: Albedo von unterschiedlichen Fassaden- und Dachoberflächen



Mehr zum Thema

Urbane Räume nachhaltig gestalten. Deutscher Wetterdienst

Pavement Materials for Heat Island Mitigation. Design and Management Strategies. Hui Li

Abb. 143: Erweiterungsbau des Kunsthauses



5.12 Gebäudenahen Aussenraum beschatten (HA 12)

Beschreibung

Im gebäudenahen Aussenraum gilt es, Aufenthaltsbereiche wie etwa Balkone, Terrassen und Loggien, aber auch Fassadenbereiche vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Zur Aussenbeschattung können u. a. Fenster- und Schiebeläden, Rollläden, Aussenjalousien, Relexionsfolien, Raffstoren, Markisen, Stoffstoren, Fassadenbegrünungen (Kap. 5.10), Pergolen und Sonnenschirme beitragen. Auch architektonische Lösungen wie auskragende Dächer, tiefe Fensterlaibungen, kleine Fensterflächen, Brisesoleils oder Vorbauten sind gute Möglichkeiten, Aussenbereiche zu beschatten und dem Aufheizen entgegenzuwirken. Sie vermindern die Wärmeaufnahme von Oberflächen am Tag und reduzieren so die Wärmeabgabe in den Abend- und Nachtstunden. Insgesamt bewirkt dies im Gebäudeumfeld einen angenehmen thermischen Komfort.

Synergien und Herausforderungen

Mehr zum Thema

Energieeffizient Bauen und Sanieren. GUD

Baubewilligung. UGZ

Norm SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden. SIA

Energetische Massnahmen. UGZ

Des Weiteren schützen Beschattungselemente vor Blendeffekten und Reflexionen sowie vor UV-Strahlung. Je nach Ausführung kann flexibel auf Licht- und Temperaturverhältnisse reagiert und bei Bedarf können Einblicke von aussen ins Gebäude verhindert werden. Neben der Hitzeminderung im Aussenraum zielen Beschattungselemente darauf ab, möglichst wenig Sonneneinstrahlung ins Gebäude eindringen zu lassen. In der Folge ergeben sich Synergieeffekte, da weniger Ressourcen zur Entwärmung aufgewendet werden müssen. Herausfordernd kann die gestalterische Einordnung von Beschattungselementen in die Fassade unter Berücksichtigung von architektonischen Aspekten sein. Auch die konstruktive Anbringung sowie die Instandhaltung des Sonnenschutzes können herausfordern. Gegebenenfalls müssen Denkmalschutz-Anforderungen von Gebäuden berücksichtigt werden.

Wirksamkeit

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median [°C]	Max. [°C]	Wirk- bereich [m]
Pergola auf Asphalt	-3.7 -0.3	-6.0 -0.8	2-3 2-3

Tab. 12: Kennwerte Tag / Nacht für ausgewählte Situationen

Aufgrund der Vielzahl technischer Realisierungsmöglichkeiten und des Erfordernisses, alle physikalischen Eigenschaften wie etwa die Wärmeleitfähigkeit realitätsnah im Klimamodell parametrisieren zu müssen, wurde dieser Handlungsansatz nicht explizit simuliert. Allerdings können bauliche Anpassungen zur Verschattung des gebäudenahen Aussenraums beitragen. Die Temperaturminderung in diesen Bereichen ist vergleichbar mit der Wirkung von Pergolen, wobei Hinterlüftung und Albedo zu berücksichtigen sind (Tab. 12). Durch die Verschattung lässt sich die PET um maximal 6 °C vermindern, im Median liegt die Wirkung bei -3,7°C. In der Nacht beträgt die Absenkung der Lufttemperatur 0,8 °C bzw. 0,3 °C.

Das 2017 eröffnete Sportzentrum Heuried hat ein 16 m über die Fassade auskragendes Dach, das den südseitig gelegenen Eingangs- und Terrassenbereich des Restaurants beschattet.



Abb. 144: Balkone verschatten Fenster und Fassaden in der Wohnsiedlung Kronenwiese.



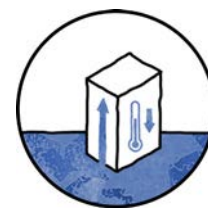
Abb. 145: Gebäudenahe Beschattung im Innenhof der Überbauung Gartenhof in Form einer Pergola



Abb. 146: Balkonmarkisen an einem Mehrfamilienhaus in Zürich-Affoltern



Abb. 147: Sonnenschutz durch Dachauskragungen am Sportzentrum Heuried



5.13 Energie effizient nutzen (HA 13)

Beschreibung

Um das Stadtklima zu schonen, sollte die anthropogene Wärmelast reduziert werden. Dies kann einerseits durch Reduktion des Energieverbrauchs und andererseits durch Nutzung der anfallenden Abwärme erfolgen. In den klimatisch besonders kritischen Sommermonaten kann eine effiziente Entwärmung einen Beitrag leisten. Je kleiner der Energiebedarf ist und je effizienter die Energienutzung erfolgt, desto kleiner wird der Wärmeanteil, der schliesslich zu einem Entwärmungsbedarf führt. Als umwelt- und energieschonende Alternative zur Kühlung mit Klima-/Kälteanlagen bietet sich Freecooling an, das ohne den Einsatz von Kältemaschinen und daher mit weniger Stromeinsatz auskommt als herkömmliche Kühlkonzepte.

Synergien und Herausforderungen

Ein reduzierter Energieverbrauch wirkt sich positiv auf Betriebskosten und Lebensdauer von Systemen aus.

Eine Herausforderung stellen der hohe Glasanteil an Gebäuden und der damit verbundene solare Energieeintrag dar. Bestehende Haustechniksysteme können nicht überall an eine effiziente Energieproduktion angepasst werden. Im Umgang mit den heisser werdenden Sommern, aber auch den steigenden Komfortansprüchen braucht es Lösungsansätze nicht nur auf technischer, sondern auch auf gesellschaftlicher Ebene (z. B. saisongerechte Bekleidung, ein Hinterfragen der Komfortansprüche).

Wirksamkeit

Da es eine Vielzahl technischer Realisierungsmöglichkeiten gibt und diese nicht realitätsnah im Klimamodell parametrisiert werden können, wurde dieser Handlungsansatz nicht explizit simuliert.

Beispiel zur effizienten Serverraumkühlung Rechenzentrum Stadt Zürich

Am Hauptstandort mit Rechenzentrum der OIZ (Organisation und Informatik Zürich) werden Wärmelasten, die durch die permanente Kühlung der Server anfallen, so weit als möglich wieder in den Energiekreislauf des Zentrums eingespeist.

Beispiel Abwärmenutzung Sportzentrum Heuried

Die Eissporthalle im Sportzentrum Heuried wird das ganze Jahr gekühlt. Die Abwärme aus den Kältemaschinen wird für Heizung und Warmwasser im Gebäude sowie im benachbarten Gemeinschaftszentrum verwendet.

Beispiel Freecooling im Alterszentrum Wolfswinkel

Ein Freecoolingnetz ist im Rahmen der baulichen und energetischen Instandsetzung des Alterszentrums Wolfswinkel zur Gebäudekühlung geplant. Die Abwärme wird in Erdsonden zwischengespeichert und für Warmwasser-Aufbereitung und für Heizen im Winter genutzt.

Beispiel Seewasser- energienutzung

Energienutzung aus Seewasser zur Deckung von Kältebedarf wird in der Stadt Zürich mit mehreren Energieverbunden bereits praktiziert. Das kalte Seewasser wird nach der Kältenutzung im Gebäude als «Abwärme» in die Limmat oder in den See geleitet.



Mehr zum Thema

Baubewilligung. UGZ

Energieeffizient Bauen und Sanieren. GUD

Energetische Massnahmen. UGZ

Abb. 148: Die Räumlichkeiten des Alterszentrums Wolfswinkel sollen ab 2020 im Sommer mittels Freecooling angenehm temperiert werden.



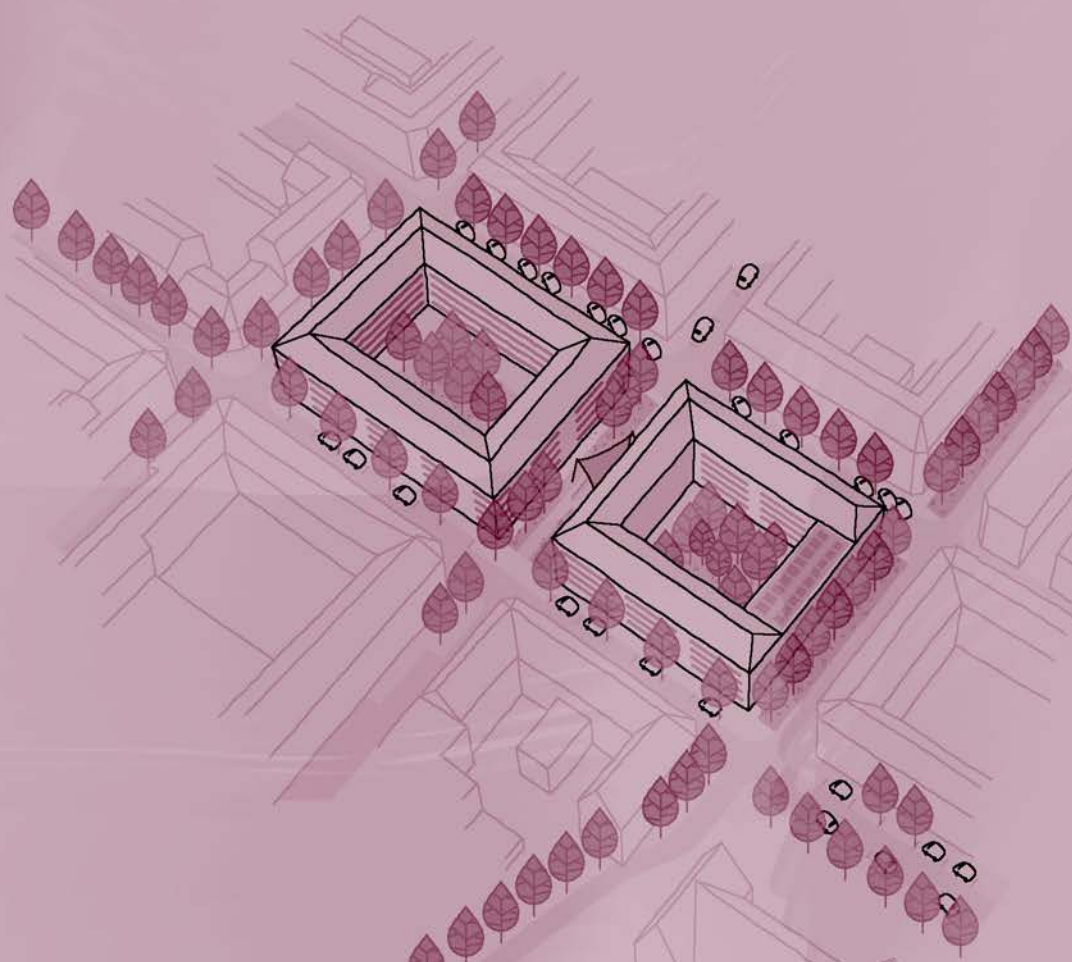
Abb. 149: Die Eisbahnhalle im Sportzentrum Heuried ist das ganze Jahr in Betrieb.



Abb. 150: Server im Rechenzentrum des 2012 neu erstellten Hauptstandorts der OIZ; zur Optimierung der Energieeffizienz und Energie-Rückgewinnung kommen neueste Technologien zum Einsatz.

6 Wirkungsanalysen

Mithilfe von Modellierungsgebieten wird für jeden belasteten Strukturtyp ein Prototyp mit Handlungsansätzen zur Hitzeminderung fiktiv ausgestattet und in einer mikroskaligen Klimaanalyse eingehend untersucht. Die Ergebnisse zeigen bildhaft, wie die Klimaanpassung im Quartier konkret aussehen kann und welche Effekte erzielt werden können.



6. Wirkungsanalysen

Zweck der Modellierung

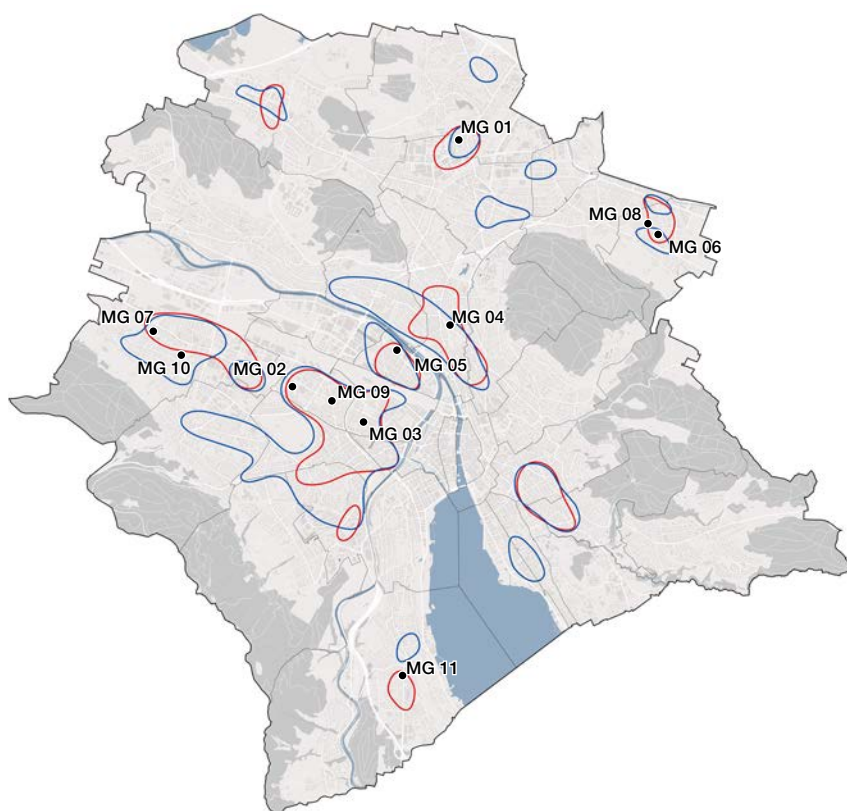
Für die am stärksten betroffenen Zürcher Stadt- und Freiraumstrukturtypen wird die Umsetzung von Handlungsansätzen (Kap. 5) simuliert und deren Wirkung für die Hitzeminderung qualitativ und quantitativ getestet. Verglichen wird der Ist-Zustand mit der klimaoptimierten Situation. Letztere veranschaulicht eine realitätsnahe Anwendungssituation. Es handelt sich um eine fiktive Simulation mit maximalem Ansatz (Best Practice), die allfällige standortbedingte Einschränkungen in der Umsetzung nicht im Detail betrachtet. Die klimaoptimierte Situation kann als Inspirationsquelle für hitzemindernde Handlungsansätze im jeweiligen Strukturtyp dienen. Eine konkrete Umsetzung der vorgeschlagenen Handlungsansätze ist nicht vorgesehen. Die klimaoptimierten Situationen zeigen auf, welche Bandbreite geeigneter Handlungsansätze besteht und für welche Situationen diese sinnvoll einsetzbar sind. Sie stehen stellvertretend für ihren Strukturtyp und sollen Empfehlungen hinsichtlich der Übertragbarkeit von Handlungsansätzen auf andere Bereiche eines vergleichbaren Typs abgeben. Der spezifischen Charakteristik und Belastungssituation des jeweiligen Strukturtyps wird dabei Rechnung getragen.

Auswahl der Modellierungsgebiete

Tabelle 13 stellt für jeden Stadtstrukturtyp (SST) die Flächengrösse und Einwohnerzahl dar und zeigt auf, welche Anteile tagsüber inner-

Tab. 13: Belastungssituation der Stadtstrukturtypen (SST), Kennwerte der Tagsituation bezüglich Flächen und Einwohnern in Hotspots. Hervorhebungen in Orange bezeichnen die signifikant hohen, in Blau die tiefsten Werte.

Stadtstrukturtyp [Modellierungsgebiet] sonstige Stadtstrukturtypen	Flächen		Flächen im Hotspot			Einwohner		Einwohner im Hotspot		
	Gesamtfläche SST [ha]	Anteil an der Siedlungsfläche in Zürich	Fläche des SST im Hotspot [ha]	Anteil an Gesamtfläche aller Hotspots	Hotspot-Anteil an Gesamtfläche des SST	EinwohnerInnen des SST	Anteil an Gesamtbevölkerung Zürichs	Einwohner des SST im Hotspot	Anteil an Gesamtbevölkerung aller Hotspots	Hotspot-Anteil an Gesamtbevölkerung des SST
historische Altstadt	32	0,7 %	0	0,0 %	0,0 %	3510	0,9 %	0	0,0 %	0,0 %
Dorfkern	45	1,0 %	0	0,0 %	0,0 %	1776	0,5 %	0	0,0 %	0,0 %
Büro / Verwaltung [01]	243	5,6 %	53,4	8,5 %	22,0 %	5782	1,5 %	1783	1,9 %	30,8 %
Gewerbe / Industrie [02]	386	8,9 %	32,6	5,2 %	8,4 %	1619	0,4 %	256	0,3 %	15,8 %
Mischgebiet Wohnen	70	1,6 %	15,6	2,5 %	22,2 %	12 343	3,2 %	3784	4,1 %	30,7 %
Universitäten / Hochschulen / Spitäler	129	3,0 %	0	0,0 %	0,0 %	1026	0,3 %	0	0,0 %	0,0 %
Kernblock	57	1,3 %	0	0,0 %	0,0 %	1200	0,3 %	0	0,0 %	0,0 %
offene Randbebauung [03]	473	10,8 %	176,9	28,1 %	37,4 %	54 071	13,8 %	22 257	24,0 %	41,2 %
geschlossene Randbebauung [04]	390	8,9 %	200,4	31,8 %	51,4 %	71 382	18,2 %	43 117	46,5 %	60,4 %
Grosswohnsiedlung	40	0,9 %	15,1	2,4 %	37,6 %	7088	1,8 %	2580	2,8 %	36,4 %
Wohnsiedlung höherer Dichte	42	1,0 %	9,9	1,6 %	23,6 %	7812	2,0 %	2523	2,7 %	32,3 %
Wohnsiedlung mittlerer Dichte [05]	731	16,8 %	63	10,0 %	8,6 %	86 401	22,1 %	8900	9,6 %	10,3 %
Zeilenbebauung [06]	373	8,5 %	23,2	3,7 %	6,2 %	45 129	11,5 %	3645	3,9 %	8,1 %
Reihenhäuser	143	3,3 %	7,6	1,2 %	5,3 %	14 159	3,6 %	788	0,8 %	5,6 %
heterogener Geschosswohnungsbau [07]	403	9,2 %	19	3,0 %	4,7 %	35 472	9,1 %	2055	2,2 %	5,8 %
Einfamilienhäuser / Mehrfamilienhäuser	804	18,4 %	13,1	2,1 %	1,6 %	42 458	10,9 %	1065	1,1 %	2,5 %
Summe	4'361	100,0 %	629,8	100,0 %	14,0 %	391 228	100,0 %	92 753	100,0 %	23,7 %



Modellierungsgebiete Stadtstruktur

- MG 01** Büro / Verwaltung
Eggbühlstrasse
- MG 02** Gewerbe / Industrie
Bienen-/Bullingerstrasse
- MG 03** geschlossene Randbebauung
Kanzleistrasse
- MG 04** offene Randbebauung
Riedtlistrasse
- MG 05** Wohnsiedlung mittlerer Dichte
Limmatstrasse
- MG 06** Zeilenbebauung
Altwiesenstrasse
- MG 07** heterog. Geschosswohnungsbau
Dachslernstrasse

Modellierungsgebiete Freiraumstruktur

- MG 08** Schulanlage
Luchswiesen
- MG 09** Platzraum
Bullingerplatz
- MG 10** Freiraum
Chilehügel
- MG 11** Strassenraum
Albisstrasse

halb von Hotspots liegen. Sie verdeutlicht, welche Gebiete besonders als Modellierungsgebiete für die Wirkungsanalysen infrage kommen. Bei den Freiraumstrukturtypen fungieren die Verfügbarkeit, die hohe Versiegelung, die unzureichende Gestaltung und die schlechte Zugänglichkeit als Kriterien. Insgesamt werden elf Modellierungsgebiete ausgewählt (Abb. 151).

Abb. 151: Lage der 11 Modellierungsgebiete in den Hotspots des Zürcher Stadtgebiets

Für jedes Gebiet werden der Ist-Zustand sowie eine vorstellbare klimaoptimierte Situation modelliert. Darauf aufbauend lassen sich in einem Modell Tag- und Nachtsituation simulieren. Die Modellierungsgebiete werden mit dem dreidimensionalen Klimamodell «ASMUS_green» mikroskalig detailliert untersucht. Die wesentlichen meteorologischen Parameter der Wirkungsanalyse sind die PET um 14 Uhr sowie die Lufttemperatur um 4 Uhr (Kap. 2.2).

Modellierung

Als Basisdaten fließen neben den meteorologischen Rahmenbedingungen Informationen über Lage, Grösse und Eigenschaften von Gebäuden, Bäumen, Strassen und Oberflächen mit ein. Die Oberflächeneigenschaften von Gebäuden und Vegetation beeinflussen die simulierte Lufttemperatur und PET u. a. über die Reflexion von Sonnenlicht (Albedo), Wärmeleiteigenschaften und vegetationspezifische Charakteristika (z. B. Verdunstungseigenschaften). Durch die Verwendung eines Modellgitters mit einer Rasterweite von 2 x 2 m



Abb. 152: GIS-modellierter Ist-Zustand



Abb. 153: GIS-modellierte klimaoptimierte Situation

können auch kleinräumig wirksame Handlungsansätze analysiert werden.

Da die Modellsimulationen mit einem hohen Detaillierungsgrad durchgeführt werden, kann das jeweilige Modellierungsgebiet nur das betreffende Areal selbst sowie das nähere Umfeld abbilden. Die Betrachtung der Gebiete erfolgt somit herausgelöst aus dem gesamtstädtischen Kontext, bei dem der regionale Einfluss des nächtlichen Kaltluftaustausches und der Einfluss von weiter entfernten Kaltluftentstehungsflächen nicht abgebildet wird.

Auswertung

Um Aussagen zu den Wirkungen machen zu können, wird die klimaoptimierte Situation mit dem Ist-Zustand verglichen. In die Bewertung fließen alle Nutzungsänderungen mit ein (z. B. Entsiegelung von Asphalt zu Rasen). Anhand der Differenzen der PET am Tag und der Lufttemperatur in der Nacht wird die Wirkung des jeweiligen Handlungsansatzes ersichtlich.

Die Werte werden für jede fiktive Einzelmassnahme statistisch aufbereitet und dem jeweiligen Handlungsansatz entsprechend gruppiert. So werden beispielsweise alle einzelnen Entsiegelungsmassnahmen zusammengefasst und dem Handlungsansatz HA 05 «Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen» zugeordnet. Berechnet wird einerseits der Median, der die Werteverteilung der Temperaturabsenkung in zwei gleich grossen Hälften darstellt. Darüber hinaus wird ein Maximalwert dargestellt. Dabei handelt es sich um das 25 %-Quantil. Dies bedeutet, dass 25 % der Werteverteilung kleiner sind als der jeweilige Zahlenwert. Ergänzend wird der räumliche Wirkungsbereich eines Handlungsansatzes auf die nähere Umgebung abgeschätzt.

Interpretation der Ergebnisse

Für die Tagsituation sind Temperaturunterschiede von bis zu $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder sogar $-12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ PET nachweisbar (Abb. 154). Auch

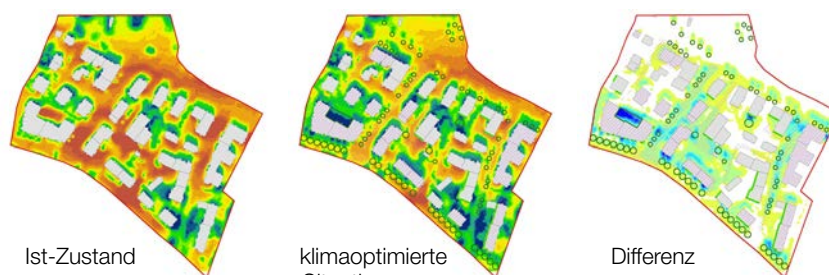


Abb. 154: Tagsituation – PET um 14 Uhr mittags



Abb. 155: Nachtsituation – Lufttemperatur um 4 Uhr morgens

die mittleren Temperaturunterschiede von $-5,0\text{ °C}$ sind beachtlich. In der Nacht (Abb. 155) ist die Wirkung der simulierten Handlungsansätze aufgrund der meteorologischen Rahmenbedingungen nicht so ausgeprägt wie am Tag. Die Ergebnisse der Modellierungsgebiete lassen erkennen, dass die nächtliche Temperaturreduktion nicht über $1,7\text{ °C}$ hinausgeht. Die tatsächliche nächtliche Abkühlung kann je nach örtlichen Gegebenheiten und zusätzlichem Einwirken von Kaltluft durchaus stärker ausfallen. Die in den Wirkungsanalysen für die Nachtsituation gewonnenen Erkenntnisse sind somit im Sinne einer verhaltenen Betrachtung zu verstehen. Nachts wirken vorwiegend die Austauschprozesse des Kaltluftsystems (Kap. 2.5 und 3.4), die hier nicht mitmodelliert werden, um die autochthone Wirkung der lokalen Handlungsansätze analysieren zu können.

Die Handlungsansätze haben nachts teilweise eine gegenläufige Doppelwirkung. Grössere Baumgruppen mindern z. B. durch die Kronenüberdeckung die kühlende Wirkung einer Rasenfläche. Hier schirmt das Kronendach den Boden ab, was die langwellige Ausstrahlung und damit auch die Abkühlung der Oberfläche und der darüber lagernden Luft herabsetzt. Dieser Effekt ist bei grösseren Baumgruppen stärker ausgeprägt als bei Einzelbäumen.

Gegenläufige Doppelwirkung

In den nachfolgenden Kapiteln werden besonders wirksame Sets von Handlungsansätzen für ausgewählte Stadt- und Freiraumstrukturen vorgeschlagen (Kap. 6.1 bis 6.11). Die besonders wirksamen Handlungsansätze (Kap. 6.13) sind rot hervorgehoben, alle anderen werden schwarz dargestellt. Die Anwendung des vorgeschlagenen Sets ist für die jeweils vorliegende Situation zu prüfen. Jederzeit können Handlungsansätze durch weitere, an diesem spezifischen Ort zweckmässige Handlungsansätze ergänzt werden. Der Schwerpunkt bei der Auswahl geeigneter Handlungsansätze sollte auf der Minderung der gefühlten Temperatur (PET) am Tag liegen, die letztlich auch der Nachtsituation zugutekommt.

Sets von Handlungsansätzen



Handlungsansatz

Handlungsansatz mit
besonders hohem
Wirkungsgrad

6.1 Büro/Verwaltung (MG 01)

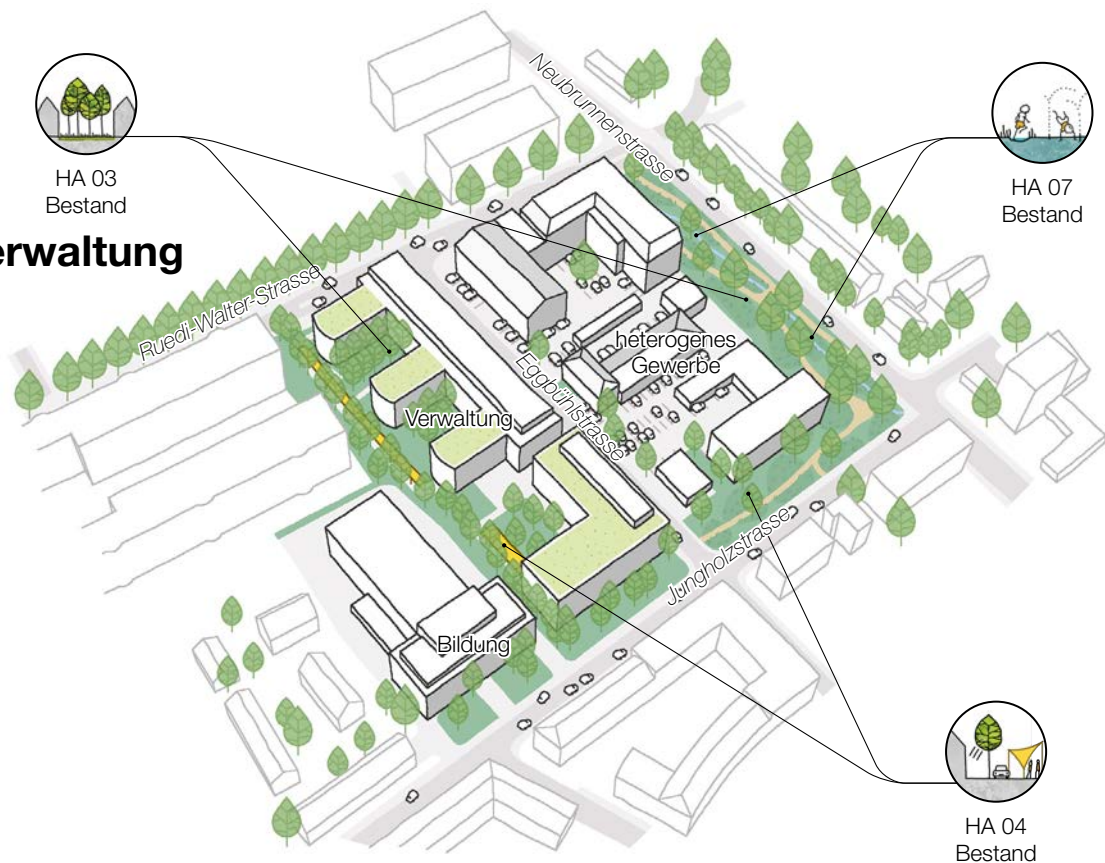


Abb. 156: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 01 Büro/Verwaltung

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Südlich der Eggbühlstrasse dominieren grosse Bürogebäude, im Norden bestimmen heterogene Bebauungsstrukturen mit Bürogebäuden und Hallen die Umgebung. Die städtebauliche Anordnung variiert entsprechend den Nutzungen, Anforderungen und Rahmenbedingungen. Die Gewerbebauten im nordöstlichen Bereich werden bald einer projektierten Wohnbebauung weichen.

Freiraumstruktur: Die Unternehmen benötigen betriebsbedingt viel Erschliessungsfläche mit entsprechend hohem Versiegelungsgrad. Nur die beiden südlichen Bürogebäude weisen auf der Rückseite begrünte Aussenräume mit Aufenthaltsmöglichkeiten auf. Entlang der Neubrunnenstrasse liegt ein gestalteter Grünzug, der auch den Anwohnenden zugutekommt. An der Jungholzstrasse sind die Gebäude leicht zurückversetzt, der Bereich zur Strasse ist begrünt.

Nutzungsstruktur: Der Schwerpunkt liegt im Büro- und Dienstleistungssektor, aber auch kleinere Handwerksbetriebe sowie eine Hochschuleinrichtung sind hier ansässig. In Zukunft wird es infolge der projektierten Bebauung auch einen Wohnschwerpunkt geben.

Stadtklimatische Einschätzung: Die nahezu vollversiegelten Oberflächen und die grossen Gebäudefassaden heizen sich tagsüber auf und geben die Wärme während der Nacht wieder an die Umgebung ab. Ausgleichend wirkt der Grünzug entlang der Neubrunnenstrasse. Ein üppiger Baumbestand, Grünflächen und ein renaturierter Bachlauf wirken sich hier positiv auf das Mikroklima aus. Innerhalb des Perimeters soll in absehbarer Zeit ein Teil der bestehenden Gewerbeeinheiten einer neuen Wohnbebauung weichen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass sich die klimatische Situation vor Ort verändern wird.

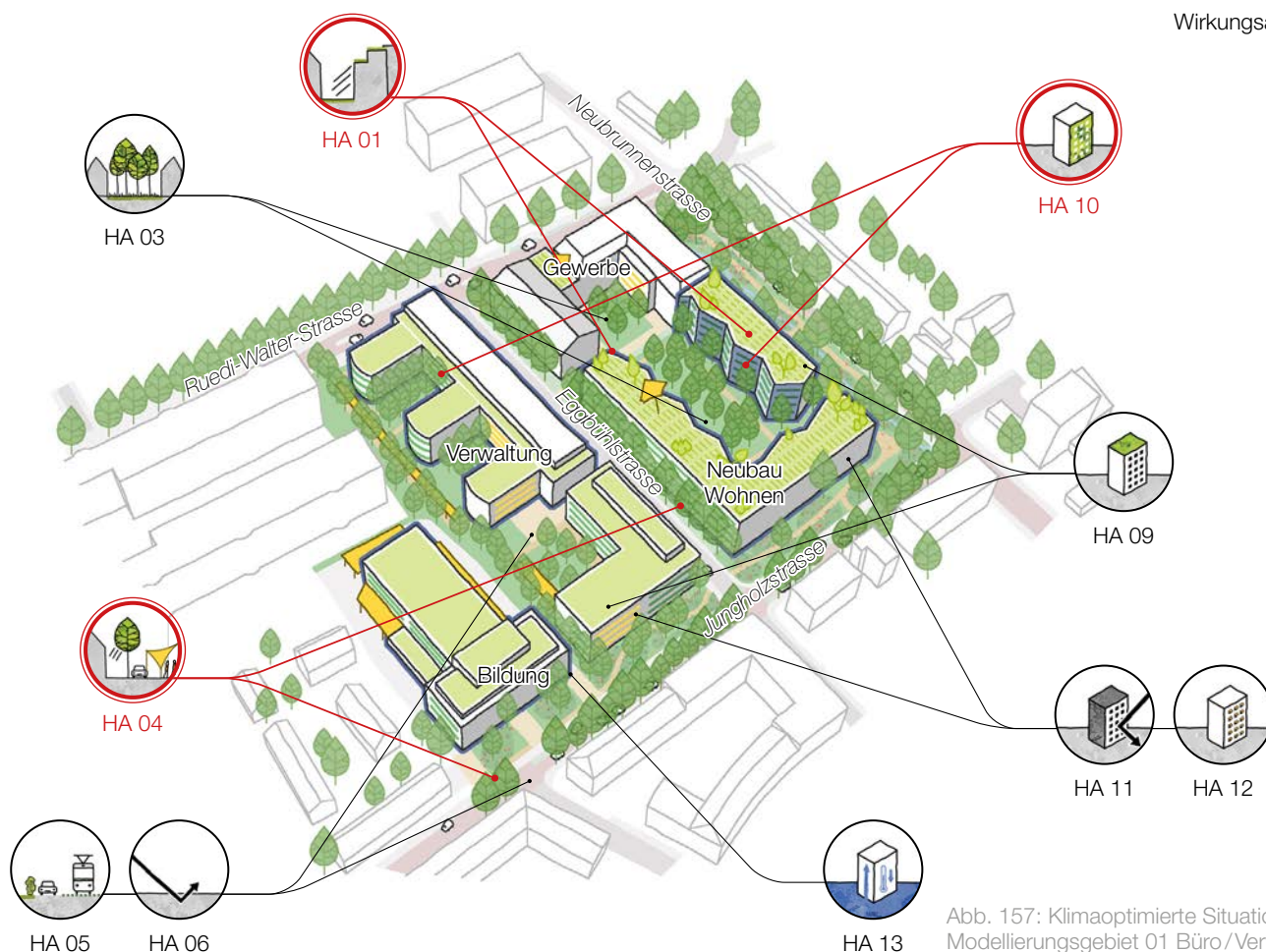


Abb. 157: Klimaausgewählte Situation, Modellierungsgebiet 01 Büro/Verwaltung

Stadt- und Baustruktur: Die neue Wohnbebauung bildet gemeinsam mit den verbleibenden Bürogebäuden eine blockrandähnliche Form, die dem Mikroklima zugutekommt. Lücken in der Randbebauung ermöglichen weiterhin einen Luftaustausch mit dem unmittelbaren Umfeld.

Klimaausgewählte Situation

Gebäude: Flachdächer werden durch intensive Dachbegrünungen klimaökologisch aufgewertet. Die Begrünung lässt gemeinschaftlich nutzbare Dachgärten entstehen. Insbesondere beim Neubau bieten sich energetisch durchdachte, begrünte Fassaden, sommerlicher Wärmeschutz und Gebäudekühlung durch Kälteverbünde an. Auch die bestehenden Bürogebäude können durch Fassadensanierungen und eine verbesserte Gebäudetechnik klimatisch und energetisch optimiert werden.

Frei- und Strassenraum: Die nördliche Grünanlage wird in ihrer Form und Gestalt erhalten. Der Grünstreifen entlang der Jungholzstrasse wird aufgewertet und zugänglich gemacht. Der neue Blockinnenbereich wird trotz Unterbauung durch die Tiefgarage zugunsten eines besseren Mikroklimas mit viel Grün ausgestaltet. Die Parkierung erfolgt in Tiefgaragen, entlang der Strassen oder auf der Parzelle. Die oberirdischen Parkplätze und Stellflächen werden nach Möglichkeit entsiegelt, begrünt und beschattet. Auch die Strassenräume werden mit Bäumen beschattet und attraktiver gestaltet. Gebäudefassaden und Gehwege sind so in den Sommermonaten nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt.

Wasser: Im Grünraum entlang des Bachlaufs sowie im Grünstreifen an der Jungholzstrasse wird Regenwasser zurückgehalten und versickert sowie erlebbares Wasser im öffentlichen Raum etabliert.

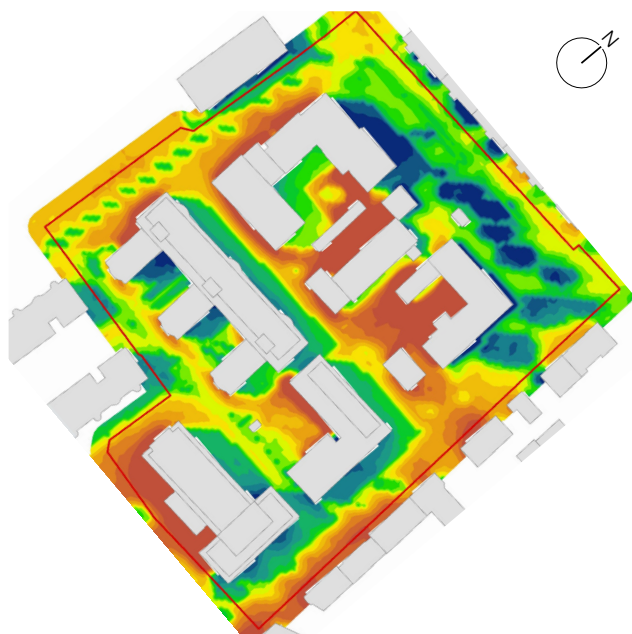


Abb. 158: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

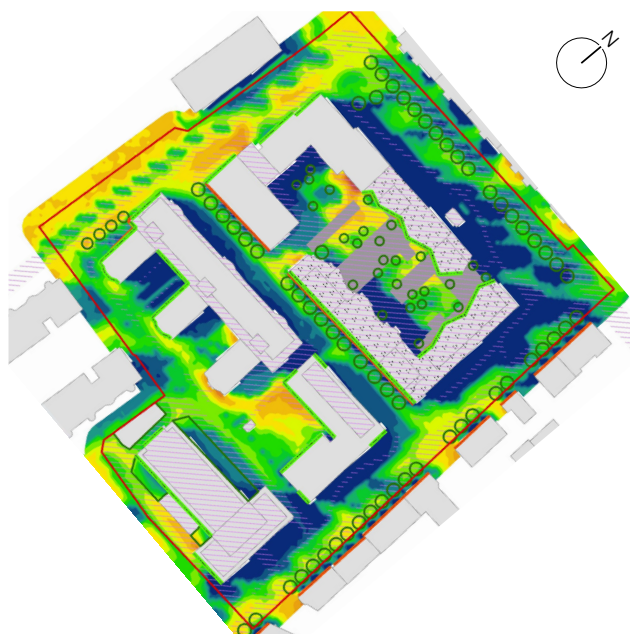








Abb. 159: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund
















Wirksamkeit

Handlungsansätze

-  Gebäude
-  Eigenverschattung Neubau
-  Beschattung Bäume
-  Beschattung Pergola
-  Fassadenbegrünung
-  Entseiegelung, Begrünung von Oberflächen / Dachflächen

PET

[°C, 14 Uhr]

-  ≤ 27
-  > 27–28
-  > 28–29
-  > 29–30
-  > 30–31
-  > 31–32
-  > 32–33
-  > 33–34
-  > 34–35
-  > 35–36
-  > 36–37
-  > 37–38
-  > 38–39
-  > 39–40
-  > 40

Die Ergebnisse zeigen, dass mit der Umsetzung der Handlungsansätze eine flächendeckende Abschwächung der sommerlichen Wärmebelastung einhergeht. Besonders wirksam sind dabei:

- **Fassadenbegrünung:** Alle Orte mit neuer Fassadenbegrünung weisen PET-Absenkungen von 4 bis 8 °C auf, deutlich zu sehen am E-förmigen Verwaltungsgebäude, bei dem die Begrünung in einem der Höfe bewusst nicht simuliert wurde.
- **Beschattung durch Bäume:** Insbesondere in der Eggbühl- und der Jungholzstrasse lassen sich markante Absenkungen der PET im Bereich der Fassaden um teils mehr als 10 °C beobachten. Hier spielt die Himmelsrichtung eine wichtige Rolle: Durch die Positionierung der Bäume auf der Ostseite kommt die Beschattung komplett der angrenzenden Bebauung zugute. Besonders wirksam zeigt sich die Kombination aus Fassadenbeschattung und -begrünung an Süd- und Westfassaden.
- **Neue Bebauung mit Wohnhof:** Die eindrucksvollste Verbesserung eines Innenhofklimas ergibt sich im neuen Wohnhof und ist auf eine Kombination aus Eigenverschattung der neuen Gebäude, Entseiegelung und Begrünung zurückzuführen. Allerdings ist die Pflanzung grösserer Bäume aufgrund der Unterbauung durch eine Tiefgarage eingeschränkt.
- **Weitere Beschattung:** Pergolen führen kleinräumig, besonders auf der Gebäudesüdseite, eine gute Kühlwirkung herbei.
- **Erhöhung der Albedo:** Geeignete Oberflächenmaterialien und -farben auf Strassen und Plätze tragen zur Hitzeminderung bei.

Alle Handlungsansätze zeigen tagsüber eine hohe Wirkung. Nachts sind Entseidelungen, Begrünungen und Oberflächenänderungen, aber auch positive «Nachwirkungen» der Handlungsansätze für die Tagsituation gut erkennbar.

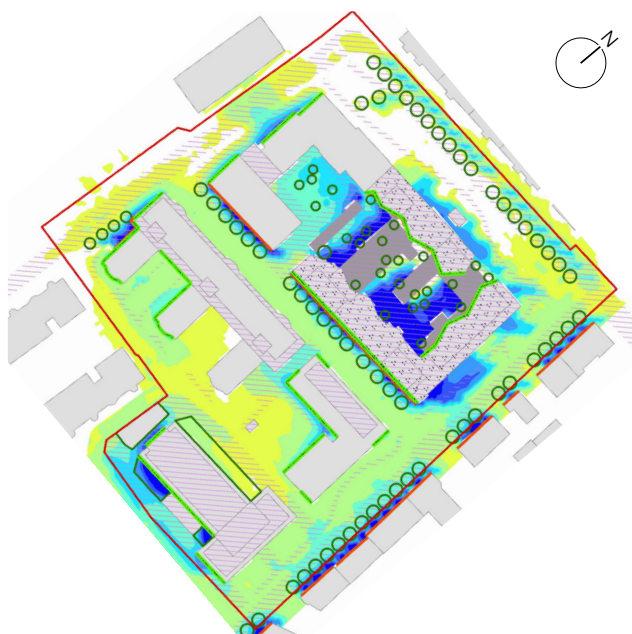


Abb. 160: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung



Abb. 161: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung

Für Gebiete mit Büro- und Verwaltungsnutzung, die künftig aufgrund neuer Wohnüberbauungen eine stärkere Mischcharakteristik aufweisen, geben die Wirkungsanalysen folgende Empfehlungen:

- Baumpflanzungen in Strassenräumen lohnen sich, insbesondere auf der Strassenord- und -ostseite, wo die Bäume neben Strassen- und Gehwegflächen auch die Fassaden der Gebäude beschatten.
- Klimatisch günstige Summeneffekte für die Verschattung von Gebäudefassaden ergeben sich aus der Kombination aus Fassadenbegrünungen und Baumpflanzungen. Aber auch reine Fassadenbegrünungen weisen deutliche Effekte auf.
- Entsiegelungen und Begrünungen (Rasen, Sträucher) öffentlicher und privater Flächen bewirken tags und nachts eine gute Temperaturabsenkung. Helle Oberflächen wirken zusätzlich positiv.
- Öffentliche klimaökologische Freiräume im Schatten sind zur Mittags- und Nachmittagszeit in jeder Grösse von Nutzen. Eine optimale Hitzeminderung und Aufenthaltsqualität bewirkt die Integration von Wasser und dessen Retention.
- Pergolen sind ein gutes Element für kleinräumige Entlastungen.
- Auch bei Verdichtungen können klimatisch günstigere Stadträume geschaffen werden. Bei der Konzeption der Überbauung ist darauf zu achten, dass Gebäude möglichst in den Mittagsstunden ausreichend Schatten werfen. Stark begrünte Wohnhöfe mit baulichen Öffnungen für den Luftaustausch bilden gute Lebensräume. Daher sollten Unterbauungen so ausgestaltet sein, dass eine intensive Begrünung und die Pflanzung von Bäumen möglich sind.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- /// Entsiegelung, Begrünung von Oberflächen / Dachflächen

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

■ nicht bewertet
(im Ist-Zustand überbaut)

6.2 Gewerbe / Industrie (MG 02)

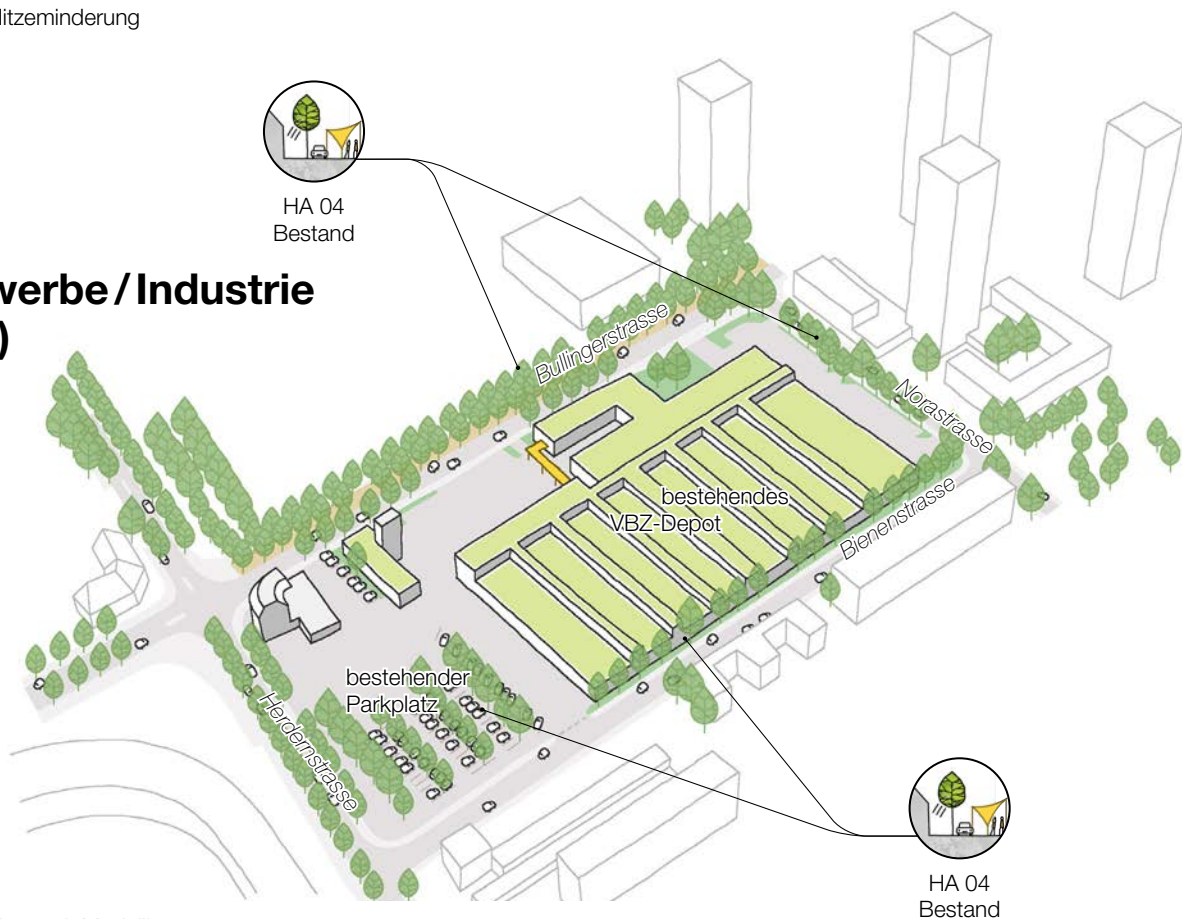


Abb. 162: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Das Modellierungsgebiet 02 mit der VBZ-Busgarage Hardau weist eine der Nutzung entsprechend grosse Bebauung auf. Die Garagenhalle belegt den Grossteil des Areals und wird von kleineren Anbauten ergänzt. Auf der westlichen, heute noch baumbestandenen Parkierungsfläche wird künftig eine weitere Halle realisiert. Am Eckgebäude «Haus Eber» soll in absehbarer Zeit ein Anbau entstehen.

Freiraumstruktur: Die spezifische Nutzung bedingt grosse, voll-versiegelte Erschliessungsflächen. Die baumbeschattete Parkierungsfläche weicht dem VBZ-Neubau. Im östlichen Bereich liegen Parkplätze für Mitarbeitende. Die umgebenden Strassenräume sind mit Ausnahme der Bienenstrasse baumbestanden. Der Versiegelungsgrad des Gebiets liegt bei annähernd 100 Prozent.

Nutzungsstruktur: Der Grossteil der Fläche ist im Eigentum der Stadt Zürich und wird von der VBZ genutzt. In den Anbauten befinden sich Büro- und Dienstleistungsnutzungen. Mit dem «Haus Eber» soll in Zukunft ein neues Studierendenwohnheim entstehen.

Stadtklimatische Einschätzung: Die versiegelten Flächen, die den Aussenbereich prägen, heizen sich tagsüber schnell auf und geben die Wärme an die Luft ab. In der Nacht ist der Wärmeinseleffekt stark ausgeprägt, da Beton und Asphalt die am Tag gespeicherte Wärme zeitversetzt und über einen längeren Zeitraum wieder an die Umgebung zurückgeben. Die geringen Gebäudehöhen erzeugen kaum Eigenverschattung. Bäume schützen Stassen und bestehende Parkplätze vor direkter Sonneneinstrahlung.

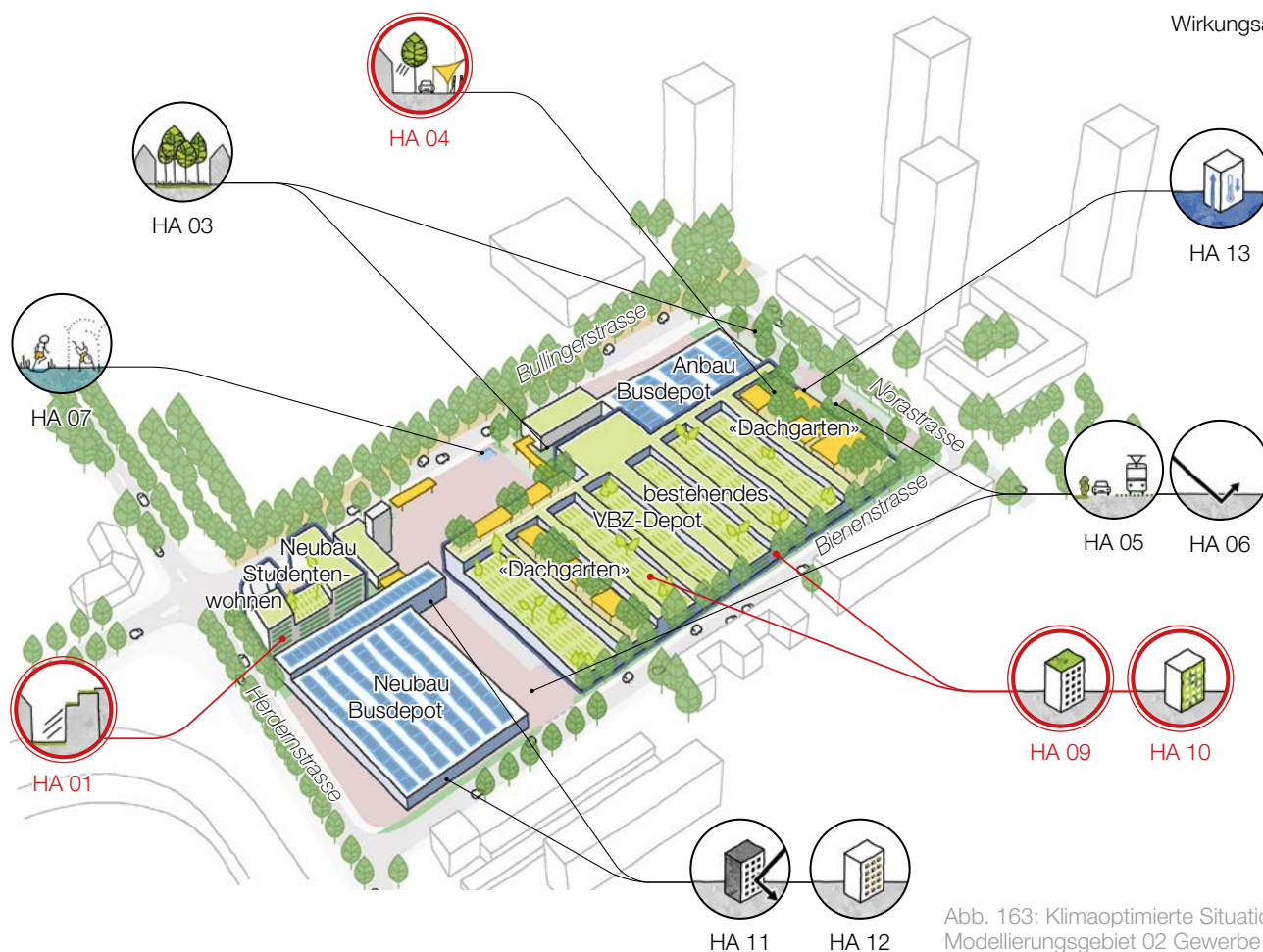


Abb. 163: Klimaausgewählte Situation, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie

Stadt- und Baustruktur: Im Modellierungsgebiet liegt der Fokus auf Handlungsansätzen an den Gebäuden sowie Entsiegelungen und Belagsaufhellungen in deren Umfeld.

Klimaausgewählte Situation

Gebäude: Die grossen Dachflächen der VBZ-Hallen bergen ein enormes Potenzial. Bei entsprechender Eignung der Tragwerke ist eine Intensivierung der Dachbegrünung denkbar. Teilbereiche könnten in Form von Dachgärten oder Freizeitanlagen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Vorgeschlagen werden durch kleinere Bäume und Pergolen beschattete Bereiche, die eine angenehme Aufenthaltsqualität aufweisen.

Frei- und Strassenraum: Wo möglich, sollten die heute versiegelten Flächen durch neue Grünflächen ersetzt oder zumindest mit klimaausgewählten Materialien aufgewertet werden. Die Erweiterung des «Hauses Eber» als Wohnheim bietet sich für eine Gestaltung mit viel Grün an. Neue Strassenbäume ergänzen den Bestand. Die Parkierung erfolgt in Tiefgaragen, entlang der Strassen oder auf der Parzelle. Die oberirdischen Parkplätze und Stellflächen werden nach Möglichkeit entsiegelt, begrünt und beschattet. Auch die Strassenräume werden mit Bäumen beschattet und attraktiver gestaltet. Gebäudefassaden und Gehwege sind so in den Sommermonaten nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt.

Wasser: Wasserelemente gibt es im Modellierungsgebiet bisher nicht. An zentraler, gut zugänglicher Stelle wird ein Wasserspiel installiert, das auch an heissen Sommertagen dem Aufheizen der asphaltierten Oberflächen durch Verdunstungskühle entgegenwirkt.

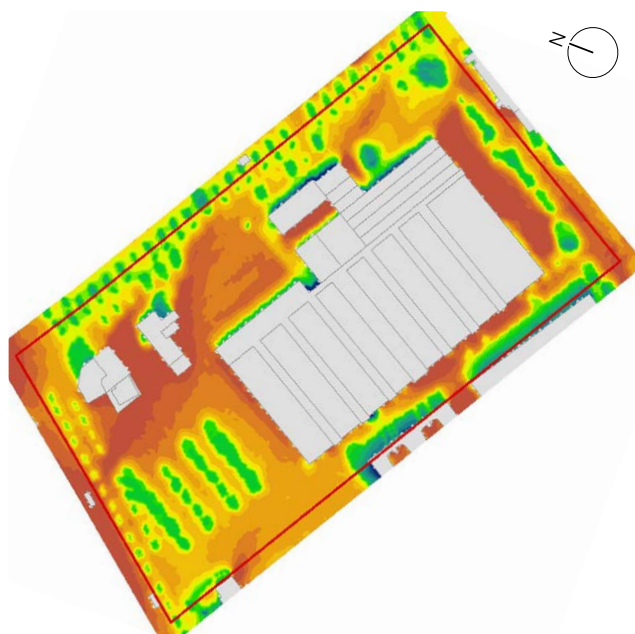


Abb. 164: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

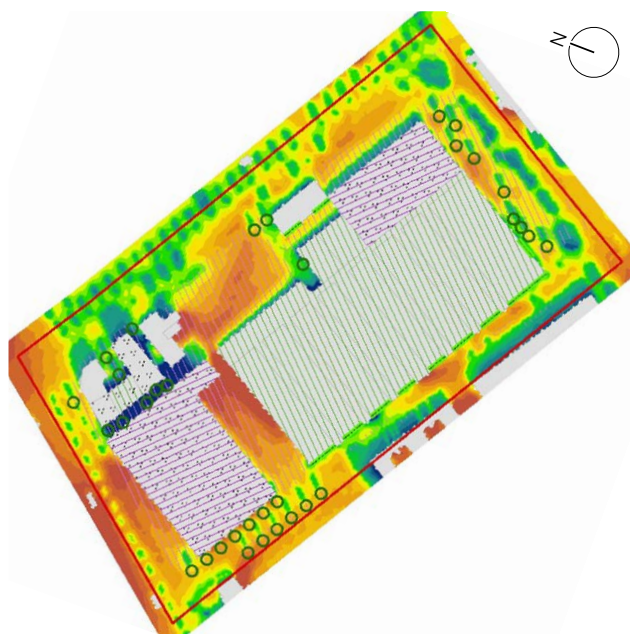


Abb. 165: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Fassadenbegrünung
- Dachbegrünung
- PV-Anlage
- Entsiegelung, helle Farbe

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Die Handlungsansätze im Modellierungsgebiet 02 wirken vor allem durch die umfangreiche Dachbegrünung der Hallenbebauung sowie die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen. Folgende Handlungsansätze werden hierbei deutlich:

- **Fassadenbegrünung:** Insbesondere rund um den Hallenkörper sind Fassadenbegrünungen, wenn auch nur im Nahbereich, deutlich wirksam. Gut zu erkennen ist die Fassadenbegrünung an der Südwestfassade des Gebäudes, deren Wirkung mit bis zu -9 °C sehr intensiv ausfällt (Abb. 166).
- **Dachbegrünung:** Die grossen Dachflächen von Gewerbegebäuden könnten zukünftig durch intensive Begrünung oder als Dachgärten mit Strauchvegetation und kleineren Bäumen aufgewertet werden. Die Wirkung der Dachbegrünung ist in den Abbildungen 164 bis 167 nicht dargestellt, da die Wirkung auf dem Überdachniveau stattfindet und nicht quellnah auf den Boden kommt. Die Abbildungen beziehen sich auf eine Höhe von 2 m über Grund. Die Wirkung der Dachbegrünung ist in Kap. 6.12 erläutert.
- **Eigenverschattung Neubau:** Sehr markant ist ausserdem die Verringerung der PET im Nordwesten des Modellierungsgebiets, die mit der Verschattung durch den Neubau einhergeht.
- **Weitere Beschattung:** Die Wirkung der Beschattung durch die östlich platzierte Pergola bewegt sich mit -6 bis -8 °C in einer ähnlichen Grössenordnung wie diejenige durch Baumpflanzungen. Hier lässt sich in der Norastrasse die stärkste Wirkung auf die Wärmebelastung am Tag erkennen.

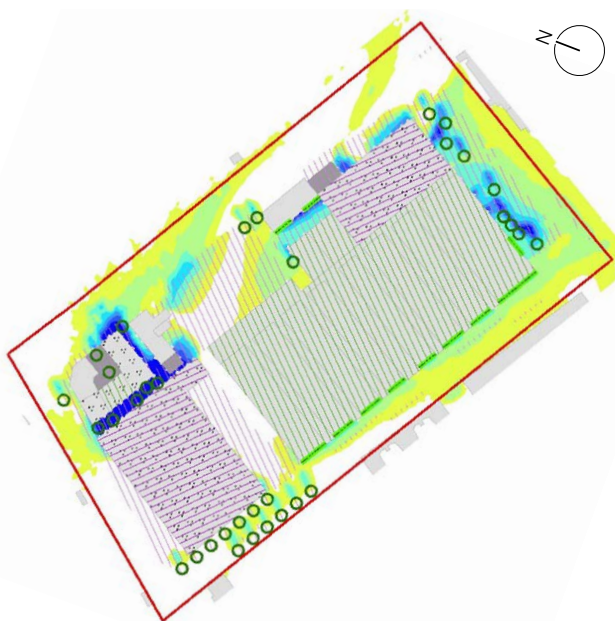


Abb. 166: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie



Abb. 167: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie

Bei Planungen von Gewerbe- und Industriegebieten sollte aus stadtklimatischer Sicht Folgendes beachtet werden:

- Entsiegelungen möglichst vieler Oberflächen in Strassenräumen, auf Abstellflächen oder an Gebäuden erzeugen tags und nachts eine effektive Temperaturabsenkung.
- Öffentliche Freiräume mit klimaökologischer Wirkung sind zur Mittags- und Nachmittagszeit in jeder Grösse von Nutzen. Sie können in Verbindung mit Wasser, Bäumen und Sonnensegeln die Wärmebelastung mindern und die Aufenthaltsqualität verbessern.
- Die Optimierung der Gebäudestellung entlang vorhandener Kaltluftströme sorgt für eine bessere Durchlüftung der Industrie- und Gewerbebezonen. Zusätzlich gilt es, vorzugsweise im Rahmen eines Neubaus, auf Höhen- statt Breitenentwicklung zu achten.
- Eine nachhaltige Nutzung grosser Dachflächen gilt als Grundsatzaufgabe in Industrie- und Gewerbegebieten. Dies umfasst die einzelfallabhängige Planung von Aufenthalt, Begrünung und Energieerzeugung.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Fassadenbegrünung
- /// Dachbegrünung
- /// PV-Anlage
- /// Entsiegelung, helle Farbe

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

■ nicht bewertet
(im Ist-Zustand überbaut)

6.3 Geschlossene Randbebauung (MG 03)

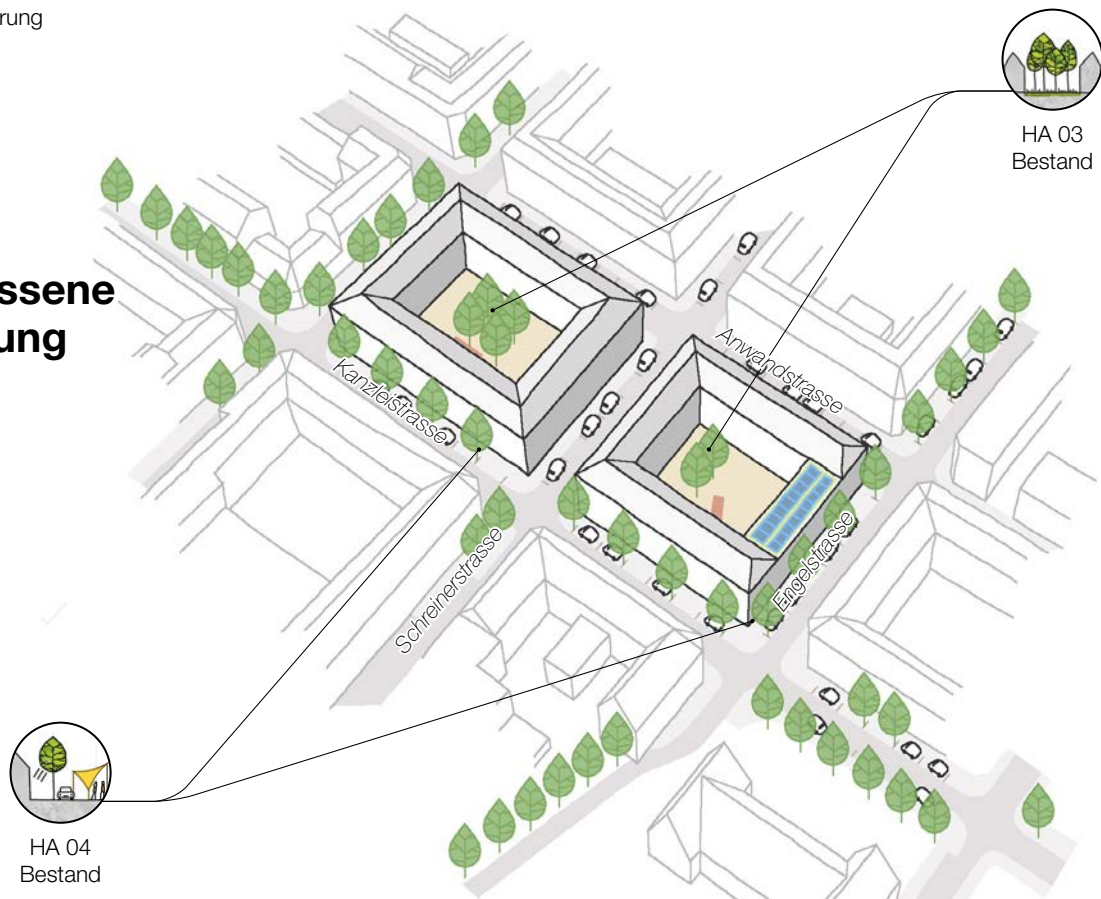


Abb. 168: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Das Modellierungsgebiet 03 besteht aus zwei nach aussen geschlossenen Blöcken in städtisch zentrumsnahem Kontext mit hoher Dichte. Die Gebäude mit ihren fünf Geschossen plus Dachaufbau umschliessen private Innenhöfe.

Freiraumstruktur: Die Aussenkanten der Blöcke definieren die Grenze zwischen öffentlichem und privatem Raum. Der Strassenraum ist von Fassade zu Fassade versiegelt. Die Parkierung erfolgt in der Regel längs des Strassenraums, nur vereinzelt spenden Bäume Schatten. Die gemeinschaftlich genutzten Blockinnenbereiche sind ebenfalls stark versiegelt, weisen aber etwas mehr Beschattung durch Bäume auf und stellen Erholungs- und Ruheorte für die Bewohnerinnen und Bewohner dar.

Nutzungsstruktur: Im Block überwiegt die Wohnnutzung, in den Erdgeschosszonen befinden sich zum Teil kleine Läden und Cafés. Bei grösseren Blöcken in der Umgebung sind Blockinnenbereiche teils mit gewerblichen Nebengebäuden, weiteren Wohngebäuden oder Garagen und Schuppen besetzt.

Stadtklimatische Einschätzung: Aufgrund der hohen Dichte und Versiegelung ist das Luftaustauschvermögen reduziert. Zusätzlich mangelt es aufgrund der typologischen Geschlossenheit an Kaltluftzufuhr. Dieser Stadtstrukturtyp überhitzt somit vergleichsweise schnell. Die Gestaltung der Innenhöfe bedingt eine thermische Entlastung oder eine bioklimatische Verschlechterung. Vielfältige Grünstrukturen können die mikroklimatische Wärmebelastung, vor allem am Tag, reduzieren.

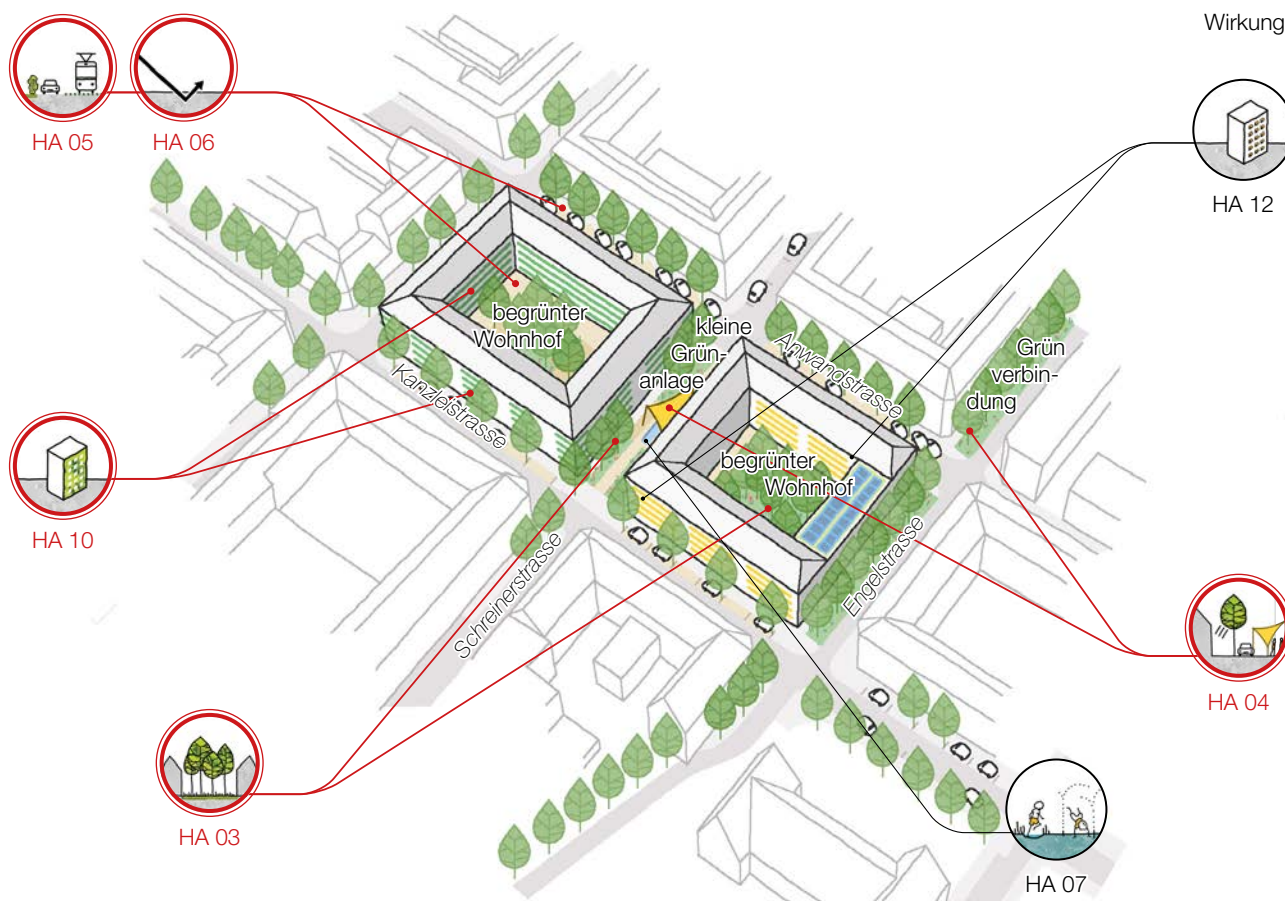


Abb. 169: Klimaaptimierte Situation.
Modellierungsgebiet 03 Geschlossene
Randbebauung

Stadt- und Baustruktur: Städtebaulich bieten sich wenig Umgestaltungsmöglichkeiten. Baulücken könnten die Höfe mit Kaltluft versorgen, allerdings stehen Bestand und Dichte dem entgegen. Somit beschränken sich die Handlungsansätze auf andere Bereiche.

Gebäude: Die Gebäude stehen unter Denkmalschutz. Fassadenbegrünungen und sommerlicher Wärmeschutz sind in angemessener Weise umsetzbar. Um die Wirkung auf das Mikroklima im Blockinnern zu überprüfen, wird nur im westlichen Innenhof eine Fassadenbegrünung simuliert.

Frei- und Strassenraum: Handlungsspielräume sind in städtisch dicht bebauten Quartieren begrenzt. Jede Form von Entlastungsraum wird somit relevant. Daher wird vorgeschlagen, eine baumbeschattete Wegeverbindung für Fussgänger und Velos von der Kalkbreite zur Bäckeranlage herzustellen, die durch die Engelstrasse verläuft. Zwischen beiden Blöcken wird der motorisierte Verkehr zugunsten eines stark begrünten nachbarschaftlichen Treffpunkts aufgegeben. Die privaten Innenhöfe werden weiter entsiegelt und bepflanzt. Die Umgestaltung erfordert eine Umstrukturierung des Verkehrs: Die Schreinerstrasse wird gänzlich autofrei, in der Engel- und der Anwandstrasse werden Einbahnstrassen eingerichtet. Die Parkplätze werden umverteilt, ihre Anzahl wird beibehalten. Ausserdem werden die Entsiegelung der Stellflächen sowie die Beschattung der Strassenräume mit weiteren Bäumen vorgeschlagen.

Wasser: An zentraler Stelle wird zwischen den Blöcken im Bereich des Nachbarschaftstreffpunkts ein Wasserspiel eingerichtet.

Klimaaptimierte Situation

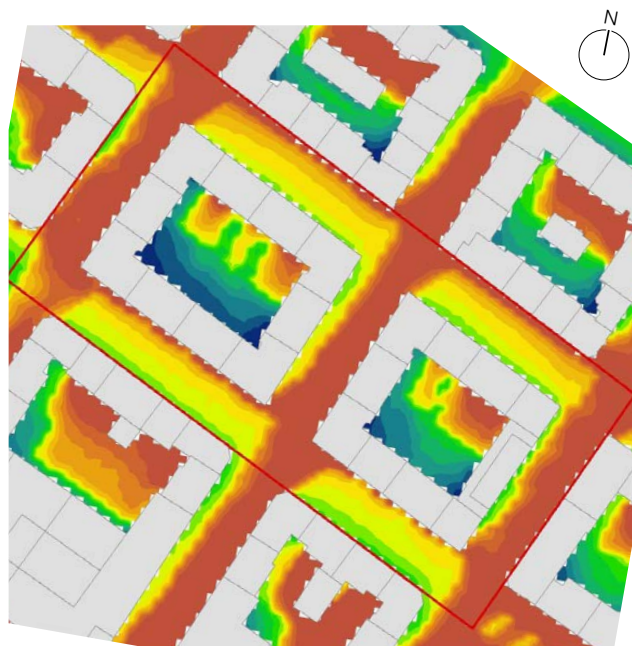


Abb. 170: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

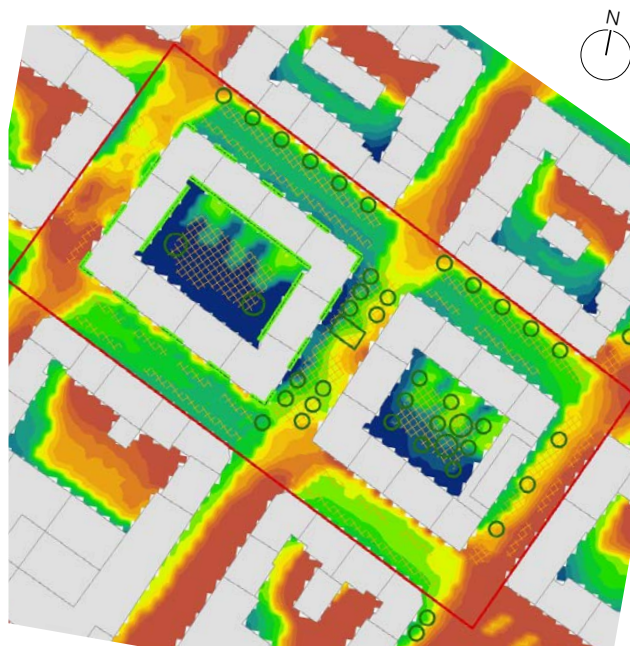







Abb. 171: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund
















Wirksamkeit

Handlungsansätze

-  Gebäude
-  Beschattung Bäume
-  Beschattung Sonnensegel
-  Fassadenbegrünung
-  Entsiegelung, helle Farbe

PET

[°C, 14 Uhr]

-  ≤ 27
-  > 27–28
-  > 28–29
-  > 29–30
-  > 30–31
-  > 31–32
-  > 32–33
-  > 33–34
-  > 34–35
-  > 35–36
-  > 36–37
-  > 37–38
-  > 38–39
-  > 39–40
-  > 40

Die Modellsimulation macht deutlich, welches Potenzial zur Verminderung der Wärmebelastung in diesem Stadtstrukturtyp steckt. Die Abbildungen 170 und 171 zeigen die PET um 14 Uhr im Bereich der modellierten Blockrandbebauung. Die Temperaturreduktion wird in den Differenzkarten (Abb. 172 und 173) deutlich. Folgende Handlungsansätze sind hierfür vorrangig verantwortlich:

- **Fassadenbegrünung:** Besonders wirksam sind Fassadenbegrünungen an den Süd- und Westfassaden, im Strassenraum sowie im Innenhof.
- **Beschattung durch Bäume:** Besonders im Strassenraum, aber auch in differenzierter Form in den Innenhöfen werden durch eine Bepflanzung mit Bäumen und den daraus resultierenden Beschattungen enorme Temperatursenkungen deutlich.
- **Entsiegelung:** Durch die Entsiegelung sowie Begrünung der Oberflächen kommt es im Modellierungsgebiet nahezu flächenhaft zur Abnahme der PET.
- **Kombination von Handlungsansätzen:** Durch Kombination entstehen einerseits stärker durchgrünte öffentliche Räume, andererseits umfangreich begrünte Innenhöfe mit gutem Binnenklima. Durch die bewusst unterschiedliche Ausgestaltung des westlichen und östlichen Hofes lassen sich die Unterschiede gut nachvollziehen (Abb. 171). Aufschlussreich ist, dass die neuen Bäume im östlichen Hof nicht den Effekt der Fassadenbegrünung im westlichen Hof erzielen können. Der östliche Hof erhitzt sich weiterhin stärker.
- **Klimaökologischer Aufenthalts- und Grünraum:** Ein weiteres Element ist der neue Aufenthalts- und Grünraum in der ehemaligen Strasse zwischen den beiden Blöcken. Hier werden aufgrund von Wasser in Form eines Wasserspiels, Bäumen, Entsiegelungen, der Vegetation sowie Sonnensegel die höchsten Temperaturabsenkungen erzielt (über 10 °C).

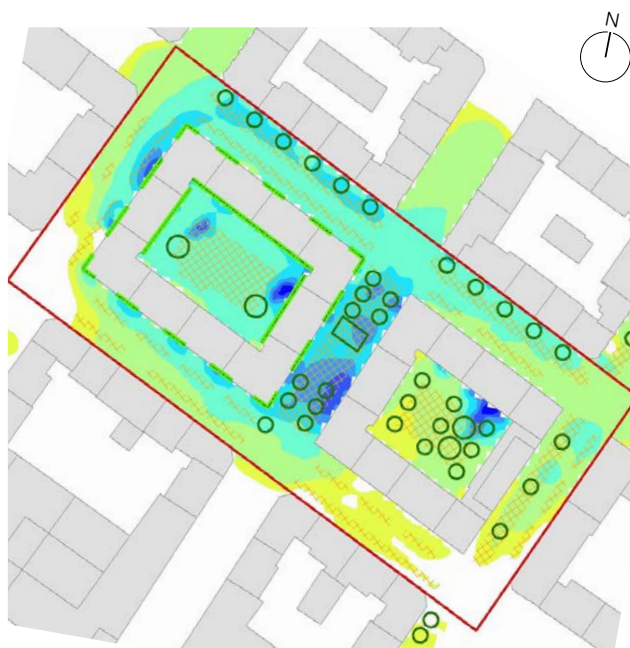


Abb. 172: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung



Abb. 173: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung

Für Gebiete mit geschlossenem Blockrand lassen sich aus den Wirkungsanalysen folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Baumpflanzungen in Strassenräumen lohnen sich, insbesondere auf der Strassenord- und -ostseite, wo die Bäume neben Strassen- und Gehwegflächen auch die Fassaden der Gebäude beschatten.
- Fassadenbegrünungen sind auf Süd- und Westfassaden sehr wirksam, sowohl zum Strassenraum als auch zum Innenhof hin.
- Entsiegelungen und Begrünungen (Rasen, Sträucher) öffentlicher und privater Flächen erzeugen tags und nachts eine Temperaturabsenkung. Helle Oberflächen wirken zusätzlich positiv.
- Öffentliche klimaökologische Freiräume sind zur Mittags- und Nachmittagszeit in jeder Grösse von Nutzen. Sie können in Verbindung mit Wasser, Bäumen und Sonnensegeln für eine substanzielle Minderung der Wärmebelastung und eine angenehme Aufenthaltsqualität sorgen.
- Die Wirksamkeit wird mithilfe umfangreich begrünter Innenhöfe dank der Kombination von Fassadenbegrünung, Entsiegelung, Begrünung und Bäumen erhöht.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Sonnensegel
- Fassadenbegrünung
- ▨ Entsiegelung, helle Farbe

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.4 Offene Randbebauung (MG 04)



Abb. 174: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Das Modellierungsgebiet 04 zeichnet sich durch eine offene Bauweise aus. Die Baukörper stellen den Übergang zwischen öffentlichem Strassenraum und privatem Blockinnenbereich dar. Trotz der offenen Struktur wird eine hohe Dichte erreicht. Stadtvillen mit vier bis fünf Geschossen prägen das Bild. Auch in zweiter Reihe ist das Blockinnere mit Wohngebäuden dicht bebaut. Grössere Baukörper, wie die drei miteinander verbundenen Bürogebäude im Südosten, bilden für diesen Strukturtyp eher die Ausnahme. Die verdichtete städtebauliche Struktur ist in dieser Form typisch für Zürich und insbesondere in Halbhöhenlagen anzutreffen.

Freiraumstruktur: Trotz der offenen Baustruktur ist der Versiegelungsgrad relativ hoch. Das Gebiet ist sehr kleinteilig parzelliert. Jedes Gebäude hat seinen eigenen, privaten Hausumschwung. Die Aussenbereiche dienen oft nur der Erschliessung oder als Abstandsräume. Die Parkierung erfolgt zum Grossteil auf Privatgrund. Die Gebäude im Blockinneren werden über eine eigene Zuwegung von der Strasse her erschlossen.

Nutzungsstruktur: In den offenen Blockrandgebieten überwiegt die Wohnnutzung. Vereinzelt bestehen Büros, Kanzleien und Arztpraxen. Mit der kleinteiligen Parzellierung gehen viele Eigentümer einher.

Stadtklimatische Einschätzung: Im Vergleich zu geschlossenen Blockrändern stellt die aufgelöste Blockform ein geringeres Hindernis für den Kaltluftaustausch dar und lässt die nächtliche Luftzirkulation innerhalb des Quartiers zu. Dennoch speichert die hohe Baumasse viel Wärme und gibt diese in den Nachtstunden an die Umgebung ab. Je nach Versiegelungsgrad variiert die Wärmebelastung stark. Bereits kleine grüne Inseln innerhalb des Blocks können diese Bereiche spürbar abkühlen.



Abb. 175: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung

Stadt- und Baustruktur: Die offene Baustruktur wird unter stadtklimatischen Gesichtspunkten positiv bewertet, da kühlere Luft eindringen kann. Neubauten sollten sich an der bereits vorhandenen Typologie und Körnung des Bestandes orientieren. Im Südosten werden vier Ersatzneubauten mit einer gemeinsamen Tiefgarage vorgeschlagen.

Gebäude: Denkmalpflege und eine umsichtige Sanierung sind aufgrund der Bausubstanz zentrale Themen. Bei den Neubauten werden Dach- und Fassadenbegrünungen, sommerlicher Wärmeschutz und eine Gebäudeklimatik eingeplant. Die Bürogebäude an der Riedtlistrasse bergen Potenzial zur Aufwertung mittels Dach- und Fassadenbegrünung sowie Beschattung des gebäudenahen Aussenraums.

Frei- und Strassenraum: Die Gebäudeumschwünge können aufgrund der kleinteiligen Parzellierung und der dichten Bebauung nur bedingt entsiegelt und begrünt werden. Mehr Handlungsspielraum gewähren die Neubauten, da die Parkierung in einer gemeinsamen Tiefgarage erfolgt und der Aussenraum mit Grün gestaltet werden kann. Die Parkierung erfolgt grösstenteils auf der Parzelle. Die privaten Stellflächen und der Strassenraum bergen in der Summe ein grosses Potenzial zur klimaökologischen Aufwertung. Dafür werden die Flächen entsiegelt, wasserdurchlässig gestaltet und mit neu gepflanzten Bäumen beschattet. Ebenso können in den Hinterhöfen Pergolen oder Parkplatzüberdachungen angelegt werden.

Wasser: Aufgrund der knappen Flächenreserven ist es schwierig, Bereiche zur Versickerung anzulegen. Nach Möglichkeit stellt dies jedoch eine sinnvolle Option dar, um mittels Verdunstungskühle ein besseres Mikroklima zu erzielen.

Klimaoptimierte Situation



Abb. 176: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund



Abb. 177: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Die Abbildungen 176 bis 179 zeigen für das Modellierungsgebiet 04, dass insbesondere in den Blockinnenbereichen, aber auch in den Strassenräumen viel Potenzial zur Hitzeminderung steckt. Folgende Situationen sind am vielversprechendsten:

- **Ersatzneubauten:** Es fällt auf, dass die höchsten Temperaturrückgänge im Bereich der begrünten Ersatzneubauten zu finden sind. Hier führt die Beschattung durch den Gebäudeumbau in Verbindung mit neu gepflanzten Bäumen zur intensivsten Abnahme der sommerlichen Wärmebelastung.
- **Entsiegelung:** Ebenso führt insbesondere eine möglichst umfassende Entsiegelung der öffentlichen und privaten Oberflächen zur flächenhaften Abnahme der PET.
- **Beschattung durch Bäume:** Ergänzt wird die Wirkung durch die Beschattung mittels neu gepflanzter Bäume. Deren Wirkung ist im nördlichen Modellierungsgebiet mit mehr als –12 °C am stärksten ausgeprägt. Die Bäume werden hier von Gebäuden eingerahmt. Damit können besonders stark verschattete Bereiche entstehen.
- **Weitere Beschattung:** Die Effekte von Pergolen sind je nach Standort unterschiedlich stark und zwischen Gebäuden am markantesten. Die Handlungsansätze weisen sowohl tagsüber als auch nachts eine positive Wirksamkeit im ganzen Modellierungsgebiet auf, die diesen Strukturtyp entlasten kann.



Abb. 178: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung



Abb. 179: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung

Die offene Randbebauung kann als städtebauliche Form für Neuentwicklungen hinsichtlich des Klimas empfohlen werden, wenn:

- die Bebauung entsprechend der Strömungsrichtung ausgerichtet und mit ausreichend grossen Öffnungen zur Durchlüftung und Kühlung von aussen versehen ist,
- die Blockinnenbereiche so wenig wie möglich bebaut, sondern möglichst zusammenhängend durchgrünt konzipiert sind, einschliesslich intensiver Fassadenbegrünungen,
- der Anteil entsiegelter Flächen möglichst hoch ist,
- Retentionsflächen für Verdunstungskühle sorgen,
- Bäume Strassenräume und private Gartenbereiche zu verschatten helfen und den Betroffenen dadurch Erholung ermöglichen.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

■ nicht bewertet
(im Ist-Zustand überbaut)

6.5 Wohnsiedlung mittlerer Dichte (MG 05)

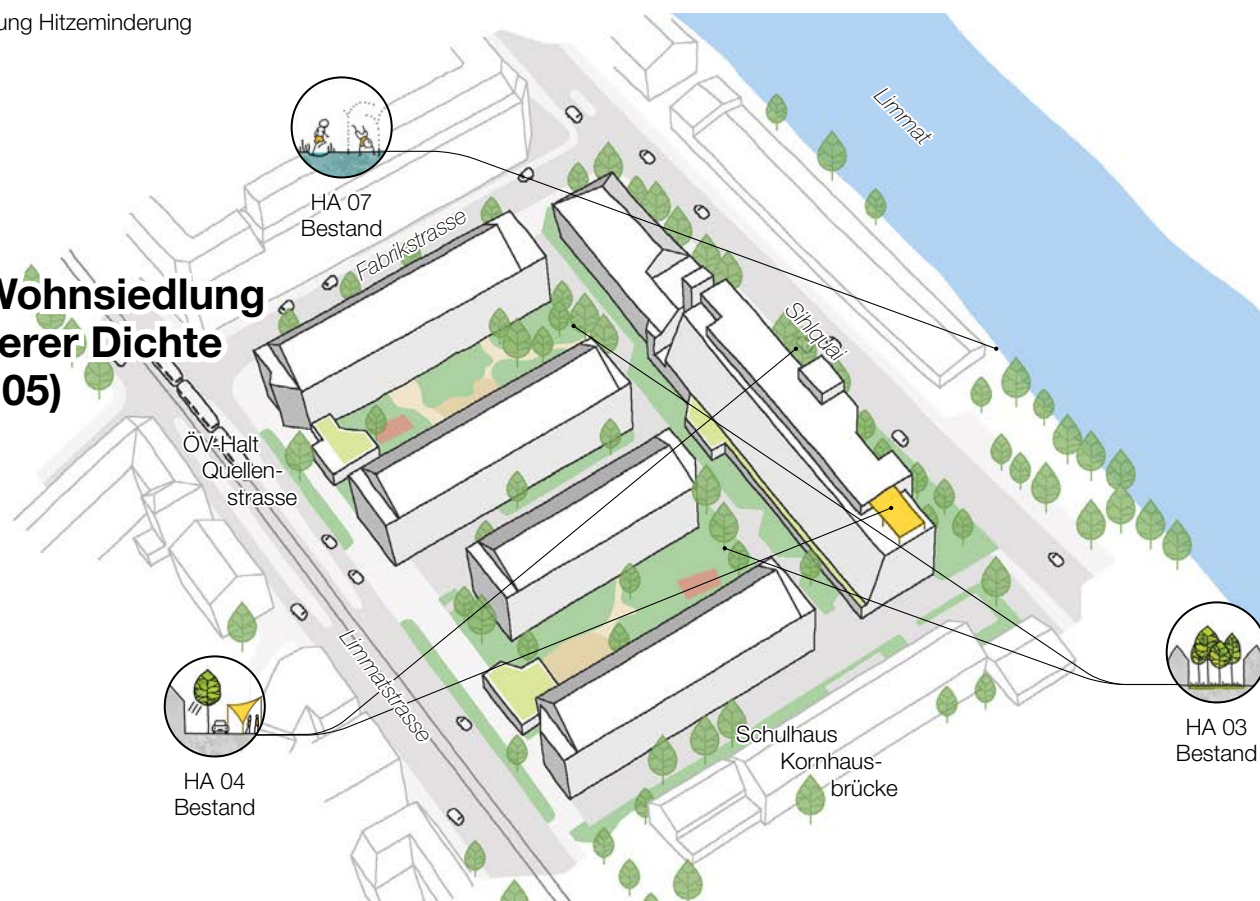


Abb. 180: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Die Wohnsiedlung besteht aus vier parallel ausgerichteten Gebäuden sowie einem Längsgebäude entlang des Sihlquais. Alle Gebäude haben sieben Geschosse unterschiedlicher Staffelung und Neigung. Das Längsgebäude und die eingeschossigen Anbauten schützen vor Verkehrslärm und wahren die Privatsphäre.

Freiraumstruktur: Jeweils zwei Querriegel begrenzen einen begrünten Wohnhof. Die Siedlung wird zwischen den beiden mittleren Gebäuden sowie von der Seite erschlossen. Die Wege sind versiegelt. Aufgrund der fast vollständigen Unterbauung gibt es ausschliesslich kleinwüchsige Bäume. Am Sihlquai besteht ein Grünstreifen mit mehreren grosskronigen Bäumen.

Nutzungsstruktur: Die Siedlung wird mit Wohnen, Kindergärten, Kinderhort, Alterszentrum, Alterswohnen, einem Kreisbüro, einem Ladenlokal und einem Mehrzweckraum vielfältig genutzt.

Stadtklimatische Einschätzung: Die städtebauliche Dichte und die Anordnung der Gebäude behindern eine Durchlüftung der Siedlung. Das direkte Umfeld ist als ehemaliges Industriequartier auch heute dicht bebaut. In diesem Zusammenhang erbringen die beiden grünen Wohnhöfe in der Siedlung positive mikroklimatische Effekte. Darüber hinaus ist im Hinblick auf eine hohe bioklimatische Belastung die Nutzungsstruktur mit einem hohen Anteil an sensiblen Nutzergruppen (Kleinkinder und Senioren) relevant. In anderen Wohnsiedlungen mittlerer Dichte begünstigen grössere Grünflächen die Kaltluftentstehung. Der Grad der Wärmebelastung und die Qualität der Durchlüftung hängen stark von der Bebauungsstruktur (solitäre, verkettete, kammartige Gebäude), der Dichte und Grösse der Siedlungen ab.

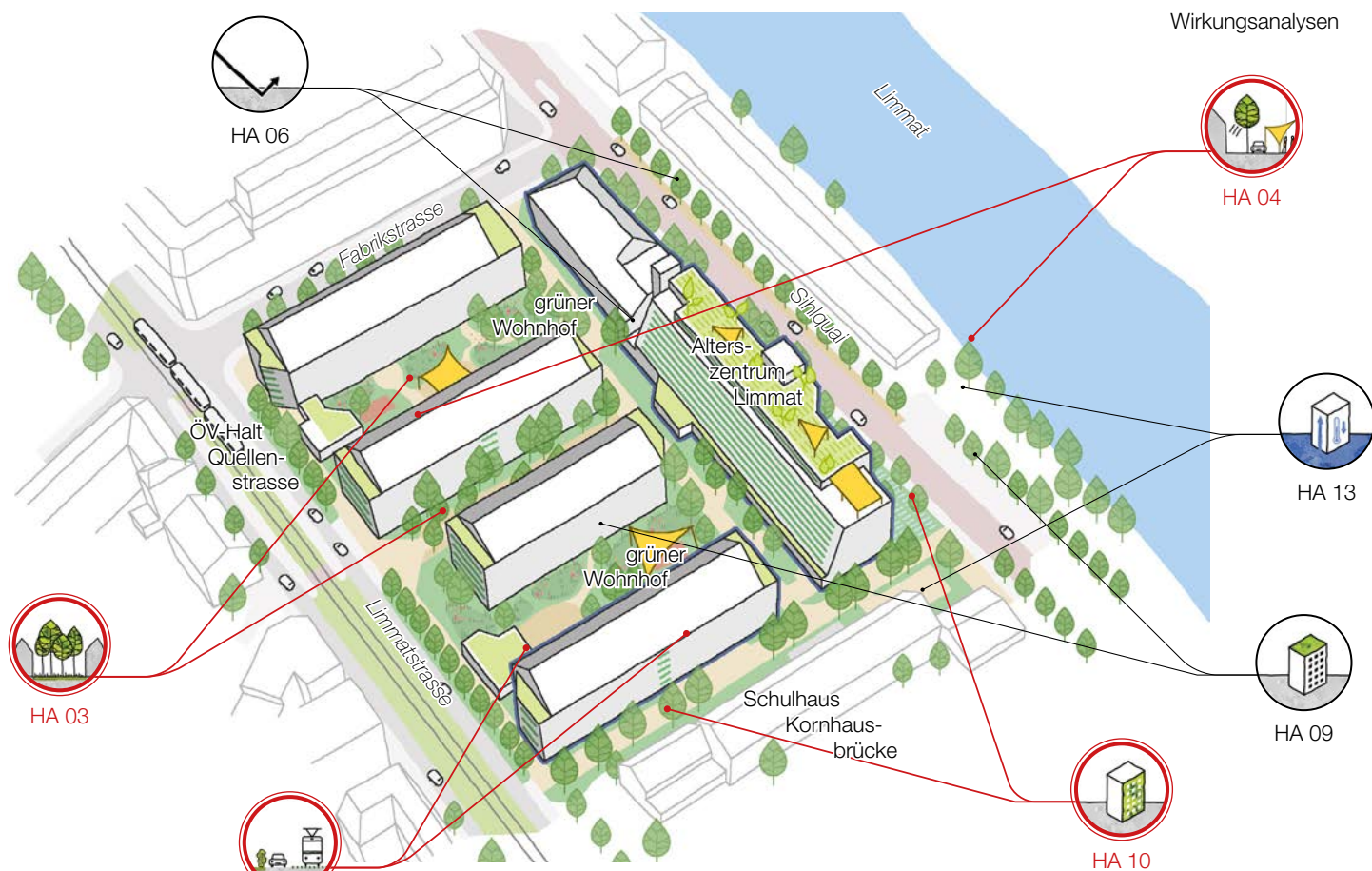


Abb. 181: Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte

Stadt- und Baustruktur: Strukturell werden keine Veränderungen vorgeschlagen. In anderen Gebieten dieses Typs sollte die Gebäudeausrichtung und die Öffnung zu Freiräumen berücksichtigt werden.

Klimaaoptimierte Situation

Gebäude: Besonders das sonnenexponierte Längsgebäude birgt Potenzial für eine energetische Sanierung. Darüber hinaus lassen sich die grossen Flächen der Flachdächer sowie der geneigten Fassade gut begrünen und attraktive Aufenthalts- und Erholungsräume realisieren. Zudem bieten sich bei den vier quer stehenden Gebäuden giebelseitige Fassadenbegrünungen an.

Frei- und Strassenraum: Trotz der vollständig unterbauten Fläche sollte das Potenzial zu mehr Freiraumaufwertung überprüft werden. Wo möglich sollten neue Bäume gepflanzt werden, beispielsweise entlang der Erschliessungswege und in den Wohnhöfen. Bei Einschränkungen können Pergolen und temporäre Beschattungselemente, wie z. B. Sonnensegel, für Schatten sorgen. Es gilt, die Barrierefreiheit zu beachten. Die Erschliessungen fungieren zudem im Notfall als Rettungswege. Eine Interessenabwägung ist daher nötig. Wenn möglich sollten die Wege weitestgehend entsiegelt und mit einer wasserdurchlässigen Oberfläche versehen werden. In den angrenzenden Strassenräumen können zur Beschattung Baumalleen ergänzt und entwickelt sowie die Tramtrassees entlang der Limmatstrasse begrünt werden. Die Erwärmung des Sihlquais kann durch einen aufgehellten Fahrbahnbelag mit hohem Albedowert gemindert werden.

Wasser: Versickerungsflächen sind aufgrund der Unterbauung der Siedlung nicht realisierbar. Stattdessen können ein Wasserspiel an zentraler Stelle sowie Trinkbrunnen im Bereich der Zugänge zur Siedlung eingerichtet werden.

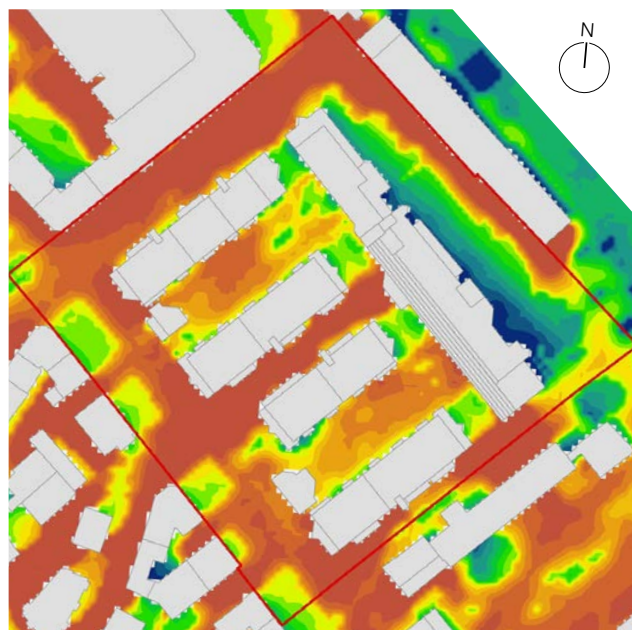


Abb. 182: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

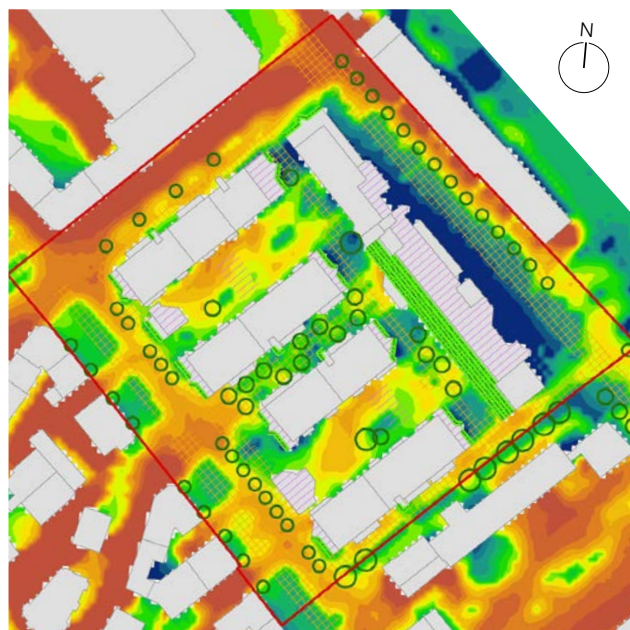


Abb. 183: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Am Modellierungsgebiet 05 ist ersichtlich, dass mit den hier angewandten Handlungsansätzen sowohl tagsüber als auch nachts deutliche Temperaturabsenkungen erreicht werden. Dabei wird fast flächendeckend eine Reduktion von 2 bis 4 °C erzielt, wobei sie in weiten Bereichen mit 6 bis mehr als 12 °C deutlich stärker ausfällt. Dies trifft speziell auf den zentralen Grünraum zu, aber auch auf manche Strassenzüge, wo neue Baumpflanzungen mit begrünten Fassaden räumlich zusammengeführt werden. Folgende Handlungsansätze oder Kombinationen sind im Gebiet am vielversprechendsten:

- **Entsiegelung:** Durch Entsiegelung wird im gesamten Gebiet eine Grundreduktion der Temperatur erreicht.
- **Beschattung durch Bäume:** Bäume wirken durch ihren Schattenwurf insbesondere im Strassenraum. Auf den privaten Hofflächen ist das Pflanzen grösserer Bäume aufgrund der Unterbauung durch eine Tiefgarage eingeschränkt.
- **Fassadenbegrünung:** Am Längsgebäude am Sihlquai kann der Effekt am besten beobachtet werden. Es weist mit der geneigten Südwestfassade ein hohes Potenzial für eine Begrünung auf, die zur Entwärmung im Modellierungsgebiet beiträgt.
- **Grünes Tramtrasse:** Auch hier ist die hitzemindernde Wirkung des Handlungsfelds 06 «Strassen- und Platzräume» deutlich erkennbar (Kap. 4.6).
- **Kombination von Handlungsansätzen:** Die Kombination von Entsiegelung, zusätzlichen Baumpflanzungen und Fassadenbegrünung führt zu einer noch deutlicheren Abnahme der Wärmebelastung am Tag. Dies ist vor allem in der Limmatstrasse zu beobachten, wo grössere Baumgruppen im Strassenraum zu einer flächenhaften Beschattung der Oberflächen führen. Eine intensive Wirkung ist auch in der verschatteten Abstandsfläche in der Gebietsmitte zu verzeichnen.

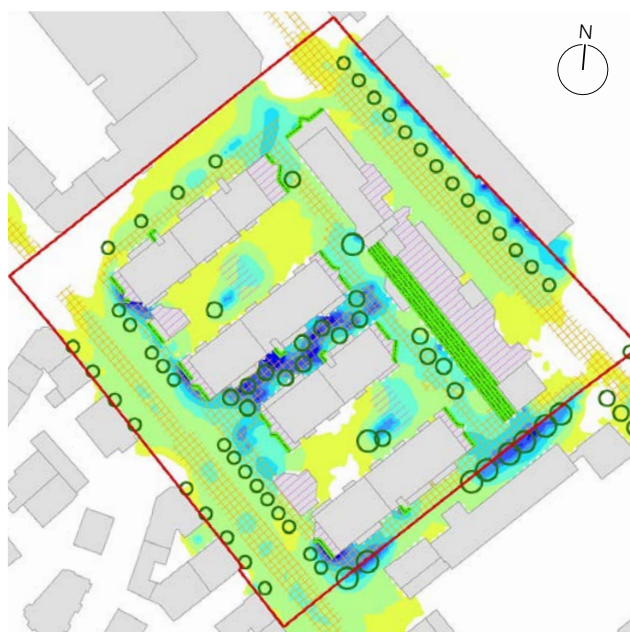


Abb. 184: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte



Abb. 185: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte

Folgende Empfehlungen können aus den Erkenntnissen im Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte abgeleitet werden:

- Baumpflanzungen in den Strassenräumen sowie in den privaten Freiräumen leisten einen grossen Beitrag zur Abnahme der PET.
- Entsiegelung und Begrünung (Rasen, Sträucher) öffentlicher und privater Flächen erzeugen tags und nachts eine spürbare Temperaturabsenkung.
- Fassadenbegrünungen sind auf Süd- und Westfassaden sehr wirksam.
- Grüne Tramtrassees können Strassenräume entwärmen.
- Klimatisch günstige Summeneffekte ergeben sich hinsichtlich der Verschattung von Gebäudefassaden aus der Kombination von Fassadenbegrünung und Baumpflanzungen.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- ▨ Entsiegelung, helle Farbe
- ▨ Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.6 Zeilen- bebauung (MG 06)



Abb. 186: Ist-Zustand, Modellierungs-
gebiet 06 Zeilenbebauung

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Das Zeilengebiet besteht aus mehreren Gebäuden in Geschosswohnungsbauweise. Die Wohnqualität ist positiv zu bewerten. Die Wohneinheiten sind zweiseitig orientiert und weisen grosszügige Räume zwischen den einzelnen Gebäuden auf. In diesem Gebiet sind die Zeilen hofbildend angeordnet. Dies unterscheidet es von vielen anderen Zürcher Zeilengebieten.

Freiraumstruktur: Die gemeinschaftlich genutzten und begrünten Hausumschwünge sind grosszügig angelegt. Die Gebäudeanordnung als Hof verschafft den Anwohnenden Privatsphäre. Einzelne Bäume und Baumgruppen spenden Schatten. Die Erschliessung der Zeilengebäude wird über Fusswege sichergestellt. Die Parkierung erfolgt in den angrenzenden Anwohnerstrassen und auf kleineren Parkplatzeinheiten zwischen oder hinter den Gebäuden. Für die Bewohnenden der Zeilen im östlichen Bereich der Siedlung steht zudem eine Tiefgarage zur Verfügung.

Nutzungsstruktur: Im Modellierungsgebiet überwiegt die Wohnnutzung. Öffentliche Nutzungen bilden eher die Ausnahme und stellen meist siedlungsbezogene Einrichtungen im Erdgeschoss dar.

Stadtklimatische Einschätzung: Zeilenbebauungen sind in der Regel von grossen Grünflächen umgeben, die sich durch die verhältnismässig grossen Abstandsflächen zwischen den Baukörpern ergeben. Im Gegensatz zu anderen Zeilengebieten mindern hier die strassenparallelen Gebäude die Luftzirkulation, sodass der Kaltluftaustausch erschwert wird. Die Gebäude sollten idealerweise parallel zur Hauptfliessrichtung der Kaltluft ausgerichtet sein und so eine gute Durchlüftung der Siedlung sowie des angrenzenden Quartiers begünstigen. Je nach ihrer Grösse und Ausstattung können Grünflächen auch zur lokalen Kaltluftentstehung beitragen.



Abb. 187: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung

Stadt- und Baustruktur: Im Modellierungsgebiet werden Auswirkungen simuliert, die einer stadtklimatisch optimierten Gebäudestellung und -typologie entsprechen, indem neue Zeilengebäude einen Teil der Bestandsgebäude ersetzen. Dabei greifen die leicht abgewinkelten Zeilen das Schema der beiden bestehenden Gebäude im östlichen Bereich auf. Ergänzt werden die Zeilen durch neue Punkthäuser an der Altwiesenstrasse. Die Bebauung unterstützt durch lineare und parallele Ausrichtung den Kaltluftaustausch über die Siedlung hinaus.

Klimaoptimierte Situation

Gebäude: Bei den neuen Gebäuden empfiehlt sich die Kombination von Dach- und Fassadenbegrünung, sommerlichem Wärmeschutz und klimaoptimierten Fassadenmaterialien sowie die Integration von Kälteverbänden. Für die Bestandsgebäude sind eine energetische Sanierung und die Begrünung einzelner Fassaden angemessen.

Frei- und Strassenraum: Zwischen den Zeilen wechseln sich halb-öffentliche Erschliessung und privater Grünraum ab. Der lineare Charakter wird durch die Durchwegung und die umsichtige Setzung von Baumgruppen und Sträuchern unterstützt. In Ost-West-Richtung vermittelt der Übergang zwischen Zeilen- und Punkthäusern zwischen den parallel angeordneten Freiräumen. Die Parkplätze an der Strasse werden entsiegelt und mit Bäumen beschattet. Weitere Parkplätze sind überdacht oder mit Pergolen geschützt. Dazu wird vorgeschlagen, den Grossteil der Parkierung in Tiefgaragen unter den Neubauten unterzubringen, was Raum lässt für eine klimaoptimierte Aussenraumgestaltung.

Wasser: Entlang der Fusswege werden Brunnen, Wasserspiele und -becken angeordnet. Zusätzlich werden im Grünzug Retentionsbereiche angelegt.

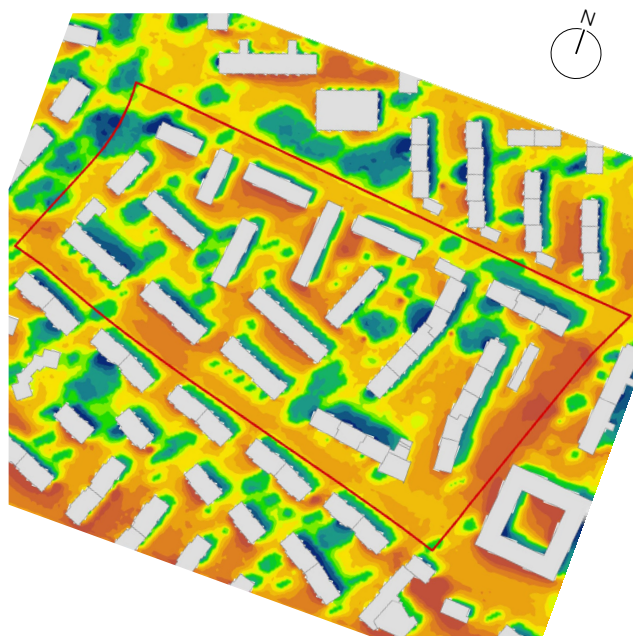


Abb. 188: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

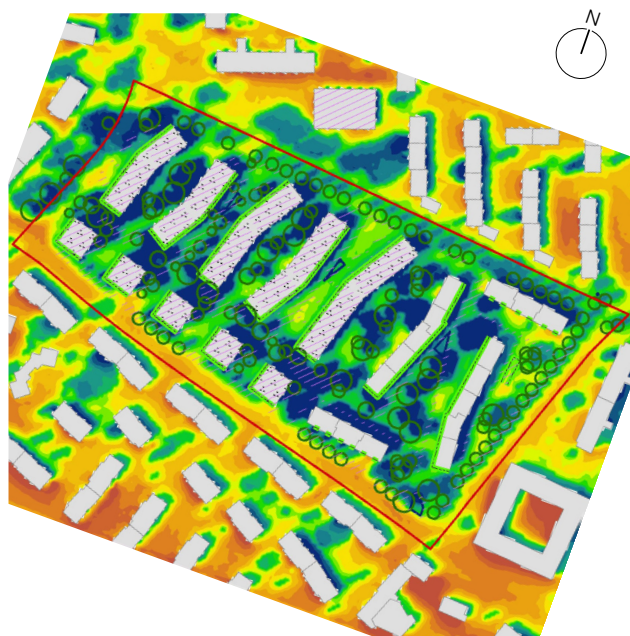


Abb. 189: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Wasserfläche
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Bei diesem Modellierungsgebiet handelt es sich bewusst um eine fast vollständige Ersatzneubebauung unter Aufgabe der bisherigen städtebaulichen Struktur, nicht aber des Strukturtyps Zeilenbebauung. Anhand der Wirkungsanalysen wird deutlich, dass durch diese rigorosere Lösung, die auch eine erhebliche Verdichtung mit sich bringt, gleichzeitig wesentlich bessere Bedingungen in Bezug auf die Wärmebelastung des Quartiers geschaffen werden können, und zwar sowohl tagsüber als auch nachts. Folgende Handlungsansätze wirken in diesem Modellierungsgebiet besonders effektiv:

- **Gebäudestellung, -ausrichtung und -typologie:** Durch die Ausrichtung der neuen Gebäude in Strömungsrichtung der Kaltluft wird bereits ein erheblicher Kühlungseffekt erzielt. Dennoch bleiben der Bebauungs- und Freiraumcharakter im Prinzip erhalten. Zusätzlich können aufgrund der neuen Gebäude auch grössere Flächen beschattet werden.
- **Beschattung durch Bäume:** Entlang der Strassenräume und auf den privaten Parzellen werden möglichst viele zusätzliche Bäume gepflanzt. Allerdings ist das Pflanzen grösserer Bäumen im Bereich von Unterbauungen durch Tiefgaragen eingeschränkt.
- **Fassadenbegrünung:** Die neuen Gebäude verfügen standardmässig über effektive Fassadenbegrünungen, die zusammen mit dem Baumschatten eine noch höhere Wirkung erzielen.
- **Erlebbares Wasser im Stadtraum:** Die zwischen den Punkten und Zeilen angelegten Retentionsflächen entfalten ebenso hitzemindernde Wirkung wie die Wasserflächen zwischen den Zeilen. Ausserdem erzeugt die Kombination einzelner Handlungsansätze höhere Wirkungen im Gebiet.

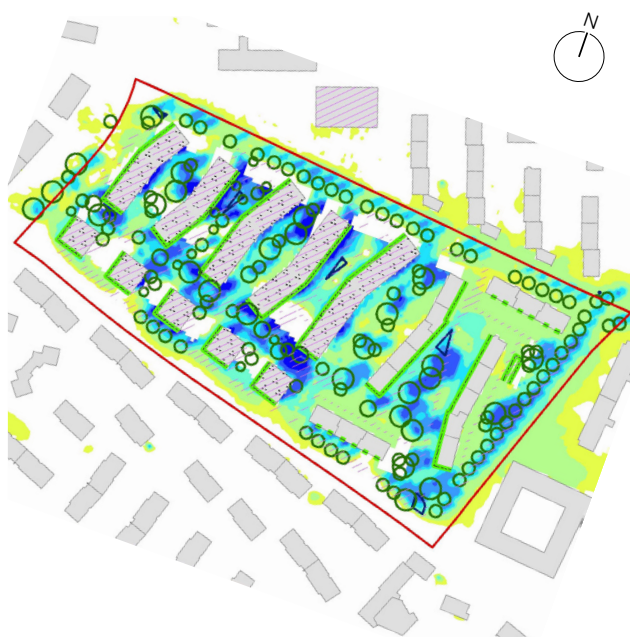


Abb. 190: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung

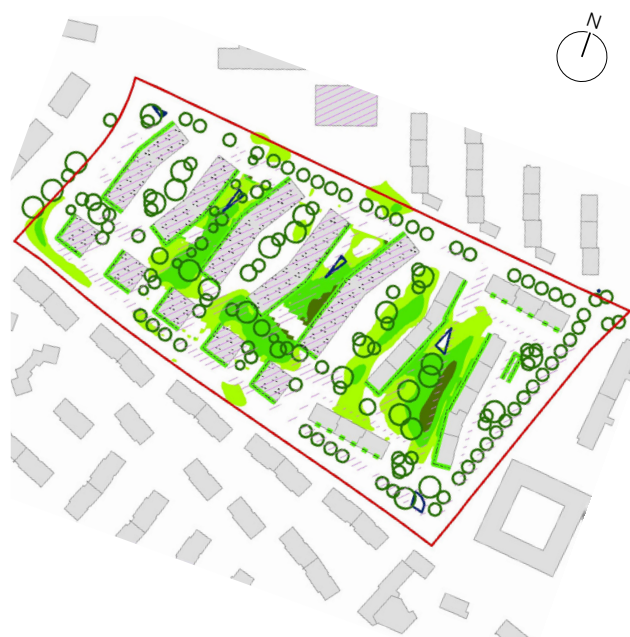


Abb. 191: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung

Für Zeilenbebauungen, die vollständig erneuert werden, können verschiedene Empfehlungen abgeleitet werden, die sich positiv auf die Minderung der Wärmebelastung, die räumliche Qualität und die Aufenthaltsqualität im Quartier auswirken:

- Die Optimierung der Gebäudestellung entlang vorhandener Kaltluftströme sorgt für eine bessere Durchlüftung.
- Die Wirksamkeit wird mithilfe stark durchgrünter Freiräume mit geringstmöglichem Versiegelungsanteil, die auch der Kaltluftentstehung dienen, erhöht. Dementsprechend sollte die Unterbauung so gering wie möglich gehalten werden.
- Baumpflanzungen auf Freiflächen und in Strassenräumen lohnen sich, wo sie neben Strassen- und Gehwegflächen auch die Fassaden der Gebäude sowie Aufenthalts- und Grünräume beschatten.
- Konsequenterweise umgesetzte Fassadenbegrünungen erzielen eine höhere Wirksamkeit.
- Wasser im Stadtraum bewirkt eine optimale Wärmeminderung und Aufenthaltsqualität, was auch in Bezug auf Retention und Bewässerungsmanagement beachtet werden sollte.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Eigenverschattung Neubau
- Beschattung Bäume
- Wasserfläche
- Fassadenbegrünung
- Entseigelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.7 Heterogener Geschosswohnungsbau (MG 07)



Abb. 192: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Gebiete des heterogenen Geschosswohnungsbaus, wie das Modellierungsgebiet 07, entstehen durch allmähliche Transformation des Bestands über verschiedene Entstehungszeiten. Sie finden sich dadurch häufig in das Stadtgefüge integriert. Form und Typologie wechseln stark und werden kontinuierlich weiter überformt. Die Wohngebäude innerhalb des Modellierungsgebiets an der Dachslernstrasse haben unterschiedliche Typologien mit Sattel-, Walm- und Flachdächern, sind aber mehrheitlich als Geschosswohnungsbau konzipiert.

Freiraumstruktur: Die beiden Baublöcke an der Dachslernstrasse sind kleinteilig parzelliert, die privat genutzten Hausumschwünge entsprechend knapp bemessen. So heterogen die Bebauung ist, so vielfältig sind auch die Aussenräume: zum Teil mit begrünten kleinen Gärten und Baumbestand, zum Teil mit grossflächigen Erschliessungs- und Parkierungsflächen direkt auf dem Grundstück.

Nutzungsstruktur: In den Gebieten mit heterogenem Geschosswohnungsbau überwiegt die Wohnnutzung. Andere Nutzungen durch kleine Ladengeschäfte oder Handwerksbetriebe sowie Selbstständige stellen eher die Ausnahme dar.

Stadtklimatische Einschätzung: Die offene Bebauungsform des Typs heterogener Geschosswohnungsbau begünstigt grundsätzlich den Kaltluftaustausch und die Luftzirkulation innerhalb des Quartiers. Allerdings variiert die Grösse der Gebäude sehr stark, sodass sich Einzelgebäude zu grösseren Gebäudekomplexen verketteten, die für eine Luftzirkulation ein Hindernis darstellen. Auch die Freiraumstruktur ist vielfältig: Je nach Grad des Grünvolumens und der Versiegelung wird weniger oder mehr Wärme gespeichert und an die Umgebung zurückgegeben.

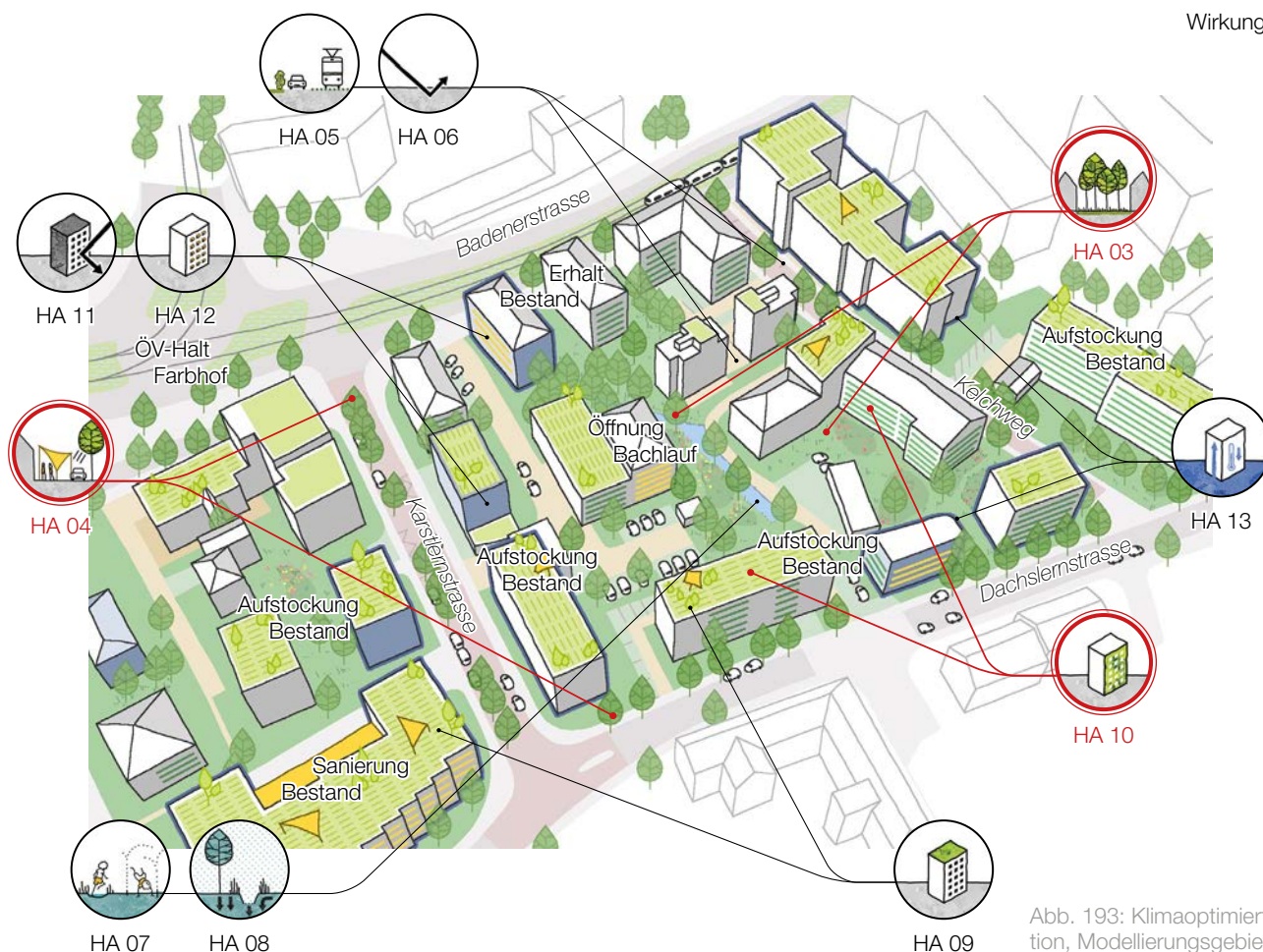


Abb. 193: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau

Stadt- und Baustruktur: Im Modellierungsgebiet stehen der Erhalt und die klimatische Aufwertung des Bestandes im Vordergrund. Die gewünschte Verdichtung erfolgt durch die Aufstockung bestehender Gebäude mit Satteldächern um zwei Geschosse.

Klimaoptimierte Situation

Gebäude: Die energetische Sanierung steht gemeinsam mit der Aufstockung im Vordergrund. Etliche Gebäude werden mit Gründächern und Dachgärten versehen. Fassaden werden ebenfalls begrünt oder mit hellen Fassadenfarben und Materialien, die den Albedowert begünstigen, versehen. Bei umfassenden energetischen Sanierungen können auch Kälteverbünde genutzt und der Gebäudekühlbedarf gesenkt werden.

Frei- und Strassenraum: Nach Möglichkeit werden Flächen entsiegelt, begrünt sowie neue Bäume gepflanzt. Tiefgaragen wirken sich einschränkend auf die Aufwertung der Freiräume aus. Möglichkeiten zur Baumpflanzung auf Privatgrund sind begrenzt. Dagegen lassen sich Strassenräume mit Bäumen klimatisch aufwerten. Der Großteil der Parkierung erfolgt auf Grundstücken im Blockinneren. Die Entsiegelung und Begrünung der Erschliessungs- und Stellflächen bergen grosses Optimierungspotenzial. Die Beschattung der Parkierungsflächen durch Überdachungen ist angedacht. Neue Strassenbäume beschatten Parkierungsflächen und Gehwege, sodass sich die Strassenräume weniger aufheizen. Einen weiteren Beitrag leisten hellere Strassenbeläge.

Wasser: Im östlichen Block befindet sich ein kleiner, eindolter Bachlauf. Durch seine Öffnung kann das Wasser für die Anwohnenden zugänglich gemacht werden, wodurch sich Freiraumqualität, Biodiversität und Mikroklima verbessern.

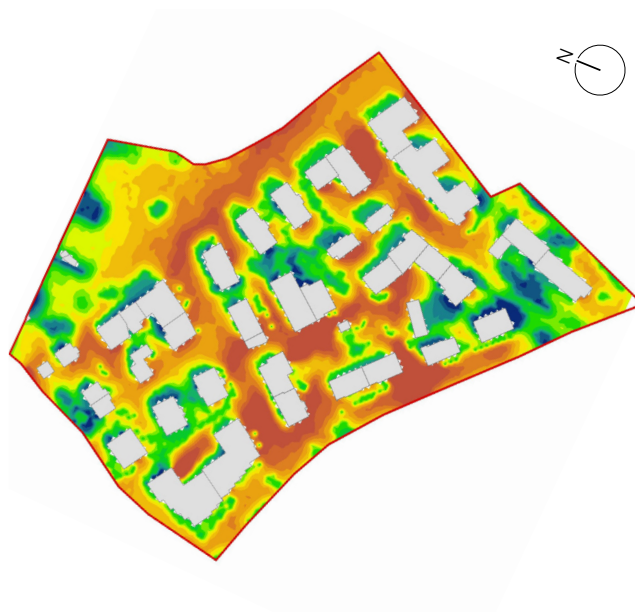


Abb. 194: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

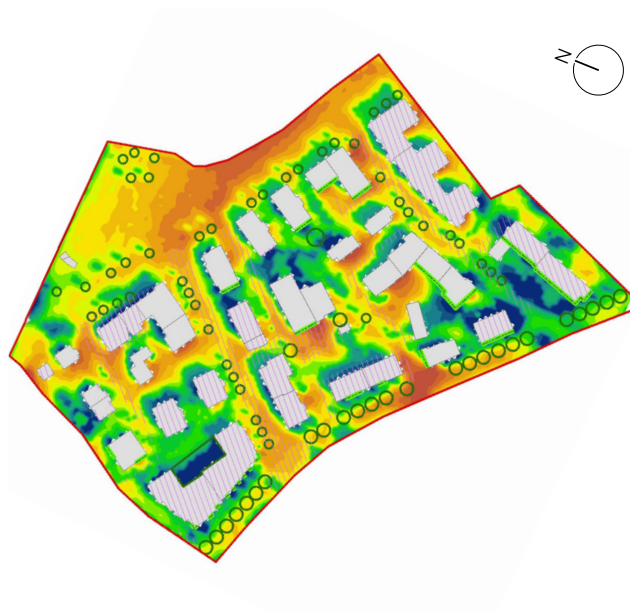


Abb. 195: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, Begrünung von Oberflächen/Dachflächen

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Die Ergebnisse für das Modellierungsgebiet 07 zeigen, dass mit der Umsetzung der Handlungsansätze eine beinahe flächendeckende Reduktion der sommerlichen Wärmebelastung einhergeht. Dies gilt vor allem für die folgenden Handlungsansätze:

- **Gebäudetypologie/Aufstockung:** Aufstockungen wirken sich mit ihrem längeren Schattenwurf positiv auf die nördlich ausgerichteten Bereiche aus und führen zu Temperaturabsenkungen von bis zu über 10 °C.
- **Beschattung durch Bäume:** Im Strassenraum entfalten Bäume die beste Wirkung, besonders für die dahinter liegenden Flächen und in Kombination mit grünen Fassaden.
- **Fassadenbegrünung:** Eine wirksame Fassadenbegrünung kann, wie im Modellierungsgebiet 07 deutlich wird, im Hinblick auf eine Temperaturabsenkung von Bedeutung sein.
- **Erhöhung der Albedo an Fassaden:** Zusätzlich leisten auch hellere Fassadenfarben einen Beitrag im Nahbereich.
- **Entsiegelung:** Eine signifikante Wirkung von bis zu –6 °C im bodennahen Bereich weisen auch die Entsiegelung und Begrünung der Innenhofbereiche auf.
- **Erhöhung der Albedo auf Strassen und Plätzen:** Die Wirkung durch Aufhellen der Oberflächen im öffentlichen Bereich führt zu einer Temperaturminderung von etwa 2 bis 4 °C.
- **Weitere Beschattung:** Ähnlich wie in Modellierungsgebiet 01 bewirkt die Verwendung von Pergolen kleinräumig eine Minderung der Wärmebelastung.

Alle Handlungsansätze zeigen tagsüber eine hohe Wirkung. Nachts sind primär Entsiegelungen, Begrünungen und Oberflächenänderungen wirksam.

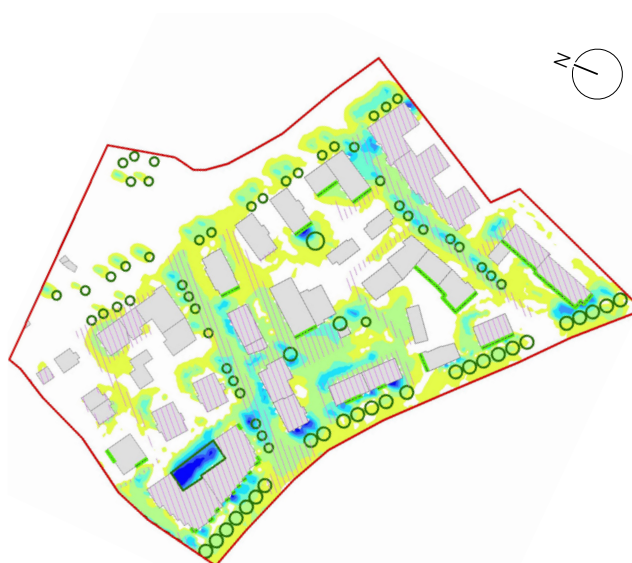


Abb. 196: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau

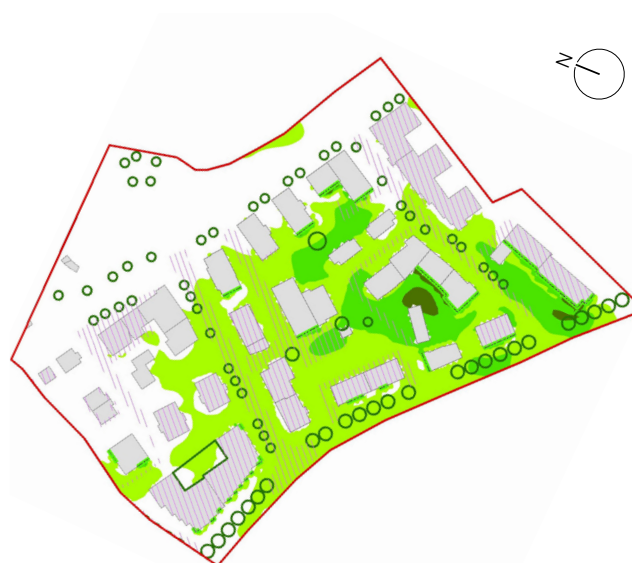


Abb. 197: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau

Die Wirkungsanalysen geben für den heterogenen Geschosswohnungsbau folgende Empfehlungen:

- Nachverdichtung sollte im Sinne einer Aufstockung erfolgen. So gilt es, auf eine Höhen- statt Breitenentwicklung zu achten, um klimatisch einen positiven Effekt zu erzielen.
- Klimatisch günstige Summeneffekte für die Beschattung von Gebäudefassaden ergeben sich aus der Kombination von Fassadenbegrünung mit möglichst hohem Anteil auf Süd- und Westfassaden und Baumpflanzungen.
- Baumpflanzungen in Strassenräumen lohnt sich, insbesondere auf der Strassenord- und -ostseite, wo die Bäume neben Strassen- und Gehwegflächen auch die Fassaden der Gebäude sowie die Freiflächen auf der Parzelle beschatten.
- Die Wirksamkeit wird mittels grüner Innenhofbereiche mit einer Kombination aus Fassadenbegrünung, Entsiegelung sowie Begrünung erhöht und schafft damit Kühle und Aufenthaltsqualität.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, Begrünung von Oberflächen/Dachflächen

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- 12 bis -10
- 10 bis -8
- 8 bis -6
- 6 bis -4
- 4 bis -2
- 2 bis -1
- 1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- 0,25 bis -0,50
- 0,50 bis -0,75
- 0,75 bis -1,00

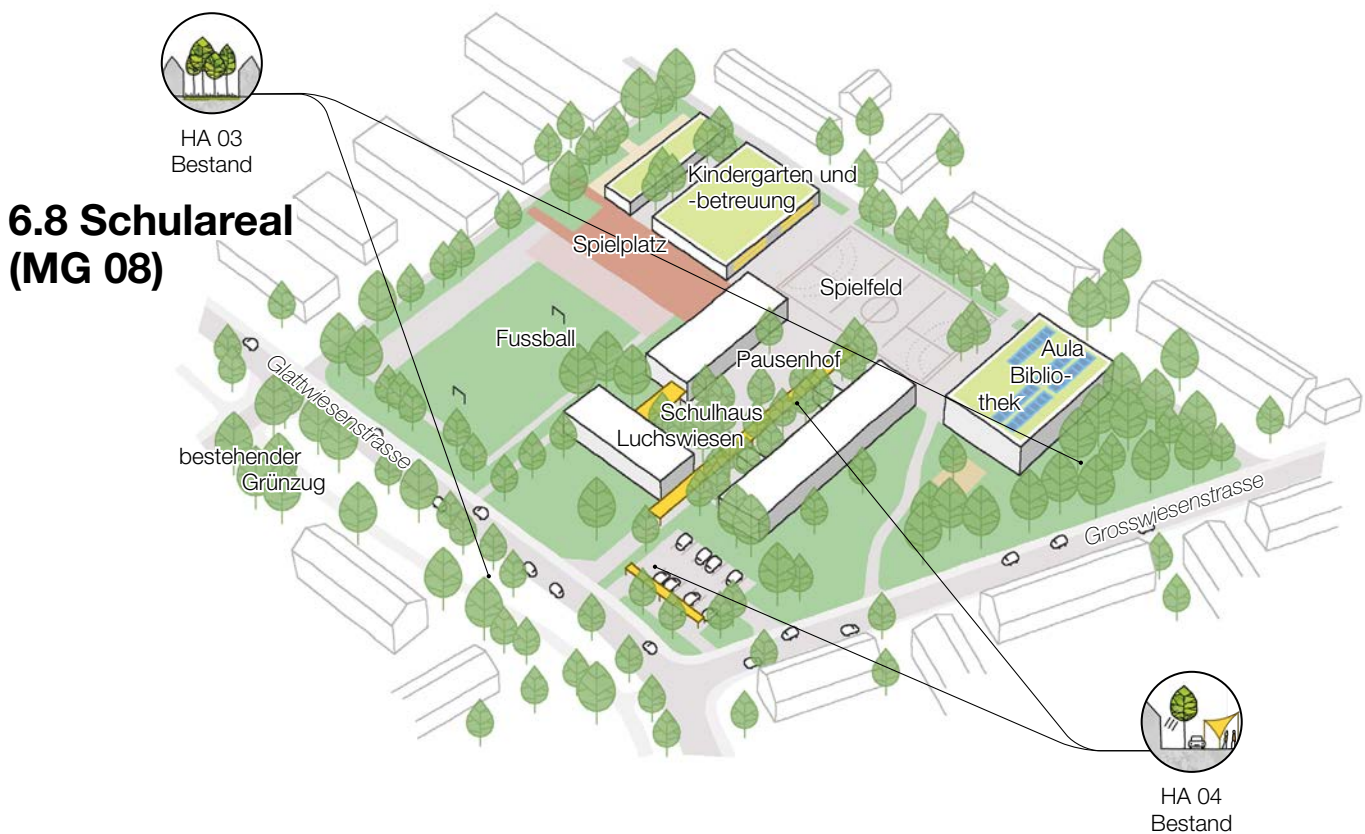


Abb. 198: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 08 Schulareal

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Die drei älteren, unter Denkmalschutz stehenden Bauten der Schule Luchswiesen umschliessen einen länglichen, leicht erhöhten Pausenhof. Zwei neuere Gebäude ergänzen das Ensemble, dazwischen liegt die erweiterte Fläche des Pausenhofs. Die gartenstadtähnliche Siedlungsstruktur mit fließenden Aussenräumen wird im Schulareal aufgegriffen und fortgeführt.

Freiraumstruktur: Der Pausenhof, begrünte Freiräume und Spiel- und Sportflächen komplettieren die Schule. Im südlichen Freiraum prägen grosskronige Bäume das Erscheinungsbild. Entlang der Glattwiesenstrasse verläuft ein Grünzug mit dichtem Baumbestand. An der Grosswiesenstrasse stehen grosskronige Bäume.

Nutzungsstruktur: Zwei der drei älteren Bauten beherbergen einen Teil der Klassenzimmer, im dritten Bau ist eine Sporthalle. Im südlichen Neubau bestehen weitere Klassenzimmer sowie eine Bibliothek und eine Aula. Kindergarten und -betreuung befinden sich nördlich im Neubau.

Stadtklimatische Einschätzung: Die Aussenraumgestaltung von Schularealen hat unmittelbare Auswirkungen auf die bioklimatische Situation. Grosse, vollversiegelte Pausenhof- und Erschliessungsflächen heizen sich stark auf, während grüne Aufenthalts-, Spiel- und Sportflächen Entlastungs- und Erholungsräume bieten. Schulareale bergen aufgrund der Flächenkulisse ein enormes klimatisches Optimierungspotenzial mit Auswirkungen auf das unmittelbare Umfeld. Dabei können klimaoptimierte Schulareale sogar eine wichtige Entlastungsfunktion für ein ganzes Quartier übernehmen, wenn sie für die Nachbarschaft gut zugänglich sind und dank einer attraktiven, klimaoptimierten Aussenraumgestaltung zum Verweilen einladen.

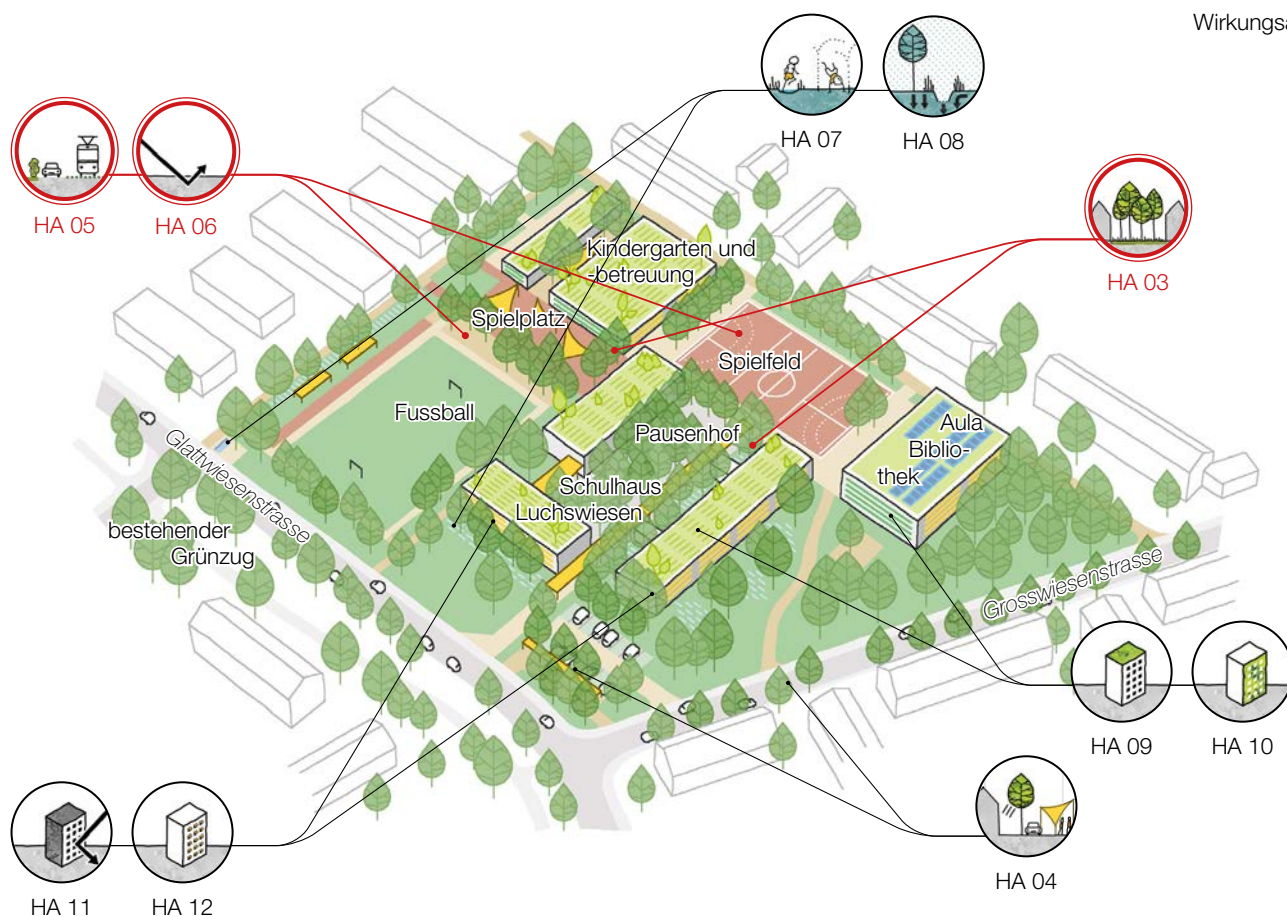


Abb. 199: Klimaausgewählte Situation, Modellierungsgebiet 08 Schulareal

Stadt- und Baustruktur: Städtebaulich werden keine Veränderungen vorgeschlagen. Dies kann sich bei anderen Schulanlagen unterschiedlich gestalten.

Klimaausgewählte Situation

Gebäude: Bei den drei inventarisierten Schulgebäuden sind Handlungsansätze aufgrund des Denkmalschutzes nur eingeschränkt umsetzbar. Gleichwohl wäre eine Beschattung des gebäudenahen Aussenraums an den Süd- und Westfassaden der beiden Gebäude, welche die Klassenräume beherbergen, sowie an der Aula und der Bibliothek angemessen.

Frei- und Strassenraum: Grosse Teile der Aussenräume sind asphaltiert. Wo möglich, sollte der Versiegelungsgrad reduziert werden. Dies ist beispielsweise im Bereich des Pausenhofs denkbar, indem die Sport- und Spielfläche einen ganzjährig bespielbaren, klimaausgewählten, weichen Belag erhält, was sich sowohl auf die Wärmespeicherkapazität der Fläche als auch auf die Verletzungsgefahr der spielenden Kinder positiv auswirken sollte. Dasselbe gilt für die Spielfläche zwischen Kindergarten und Rasenspielfeld. Auch Wege und Parkierungsflächen können entsiegelt werden. Die Pflanzung neuer Bäume stellt ebenfalls einen wirksamen Handlungsansatz dar. Der Parkplatz für die Lehrer liegt an der Südwestecke des Schulareals. Dort bieten sich eine Flächenentsiegelung und Baumpflanzungen an.

Wasser: Die bestehenden Freiräume bergen Potenzial für Versickerungsflächen. Gleich an mehreren Orten werden Retentionsräume vorgeschlagen, um mit Verdunstungskühle der Hitze entgegenzuwirken. Sicherheitsaspekte und weitere Herausforderungen sind dabei zu beachten (Kap. 5.7 und 5.8).

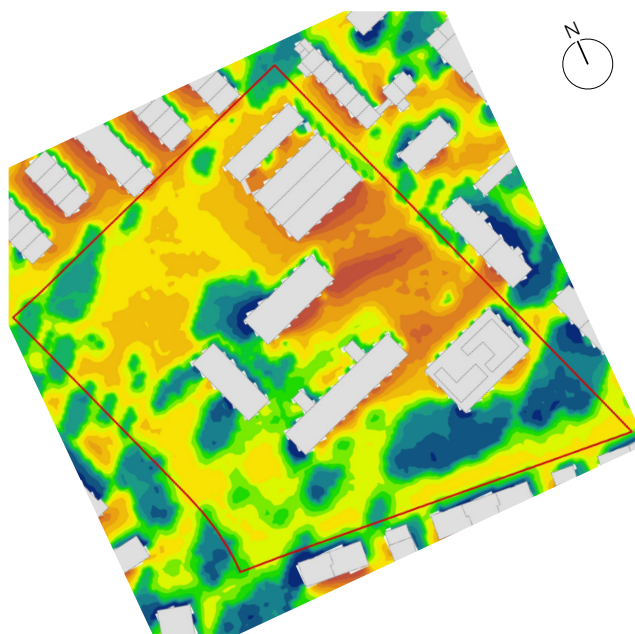


Abb. 200: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

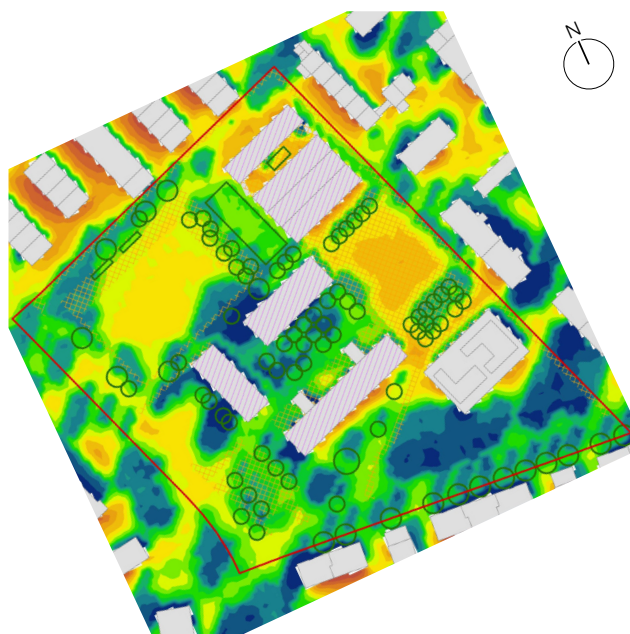








Abb. 201: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund
















Wirksamkeit

Handlungsansätze

-  Gebäude
-  Beschattung Bäume
-  Beschattung Pergola
-  Fassadenbegrünung
-  Entsiegelung, helle Farbe
-  Dachbegrünung

PET

[°C, 14 Uhr]

-  ≤ 27
-  > 27–28
-  > 28–29
-  > 29–30
-  > 30–31
-  > 31–32
-  > 32–33
-  > 33–34
-  > 34–35
-  > 35–36
-  > 36–37
-  > 37–38
-  > 38–39
-  > 39–40
-  > 40

Das Modellierungsgebiet 08 Schulareal weist gegenwärtig eine überdurchschnittlich hohe sommerliche Wärmebelastung auf, die auf ausgedehnte, vorwiegend versiegelte und wenig verschattete Schulfreiräume zurückzuführen ist. Der klimaoptimierte Zustand zeigt, dass die Hauptwirkung im Gebiet von umfänglichen Entsiegelungen herrührt, ergänzt durch die Neupflanzung von Bäumen. Eine hohe Aufenthaltsqualität im Freien ist vor allem im Umfeld grösserer Baumgruppen wie z. B. auf dem Pausenhof zu erwarten. Bei der Betrachtung des klimaoptimierten Zustands und der Differenzkarten werden folgende Aspekte deutlich:

- **Entsiegelung:** Alle versiegelten Flächen, die es aus Sicht des Schulbetriebs zulassen, wurden entsiegelt und erreichen damit bereits gute Tag- und Nachtwerte von 2 bis 4 °C Temperaturabsenkung. Nachts wird die grösste Wirkung durch die Materialänderung der zentralen Schulhoffläche (Pausenhof und Spielfeld) erzeugt, was sich indirekt auch positiv auf die Tagsituation auswirkt.
- **Erhöhung der Albedo auf Strassen und Plätzen:** Die Verwendung geeigneter Oberflächenmaterialien und -farben führen zur Absenkung der PET.
- **Beschattung durch Bäume:** Einen deutlichen Zusatzeffekt liefert der Baumschatten einzelner Bäume oder Baumgruppen, hauptsächlich im zentralen Hofbereich, aber auch entlang teils neu angelegter Fusswege. Alle Stellen, die sich ohne Beeinträchtigung des Schulbetriebs bepflanzen liessen, wurden geprüft und entsprechend optimiert. Dies bewirkt Temperaturabsenkungen von teils über 10 °C. Insbesondere entlang der Sportflächen wurden bewusst Bäume positioniert, um den Sporttreibenden in Hitzeperioden einen etwas kühleren Pausenbereich zu bieten.

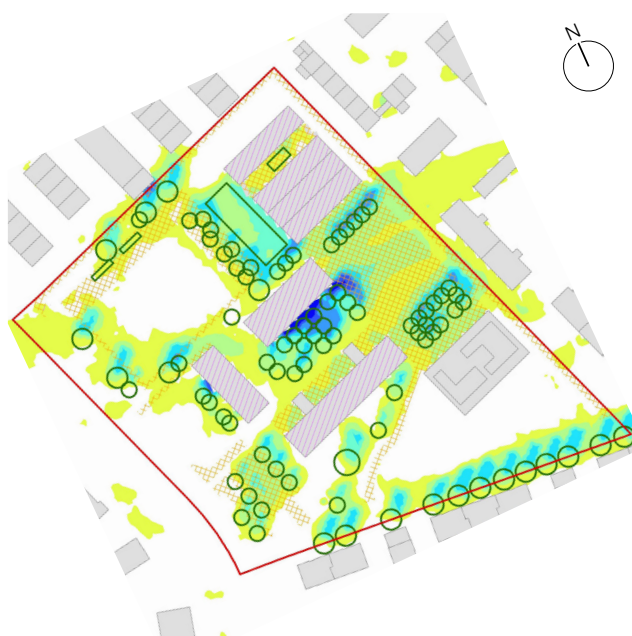


Abb. 202: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 08 Schulareal



Abb. 203: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 08 Schulareal

Auch wenn sich die Gebäudetypologien und die Anordnung der Gebäude in Zürcher Schularealen oft stark voneinander unterscheiden, können die im Modellierungsgebiet Luchswiesen vorgeschlagenen Handlungsansätze teilweise auf andere Schulanlagen übertragen werden.

Werden Freiräume klimaökologisch gestaltet, entlasten sie unmittelbar ihre Nutzenden, die Schulkinder und Lehrpersonen. Darüber hinaus kann dies auch positive Auswirkungen auf das direkte Umfeld nach sich ziehen. Schulareale übernehmen ausserhalb der Schulanutzungszeit bei Hitze eine Entlastungsfunktion für Anwohnende. Ihre Bedeutung als Treffpunkte für das ganze Quartier kann dadurch zunehmen.

Werden neue Schulareale gebaut oder bestehende neu gestaltet, sollten aus stadtklimatischer Sicht weitere Punkte beachtet werden:

- Begrünungen (Rasen, Sträucher) sowie Baumpflanzungen werten Freiräume besonders zur Mittags- und Nachmittagszeit vor allem im Bereich der Pausenhofflächen, entlang von Sportplätzen und im Bereich der Parkierung klimaökologisch auf. Eine optimale Hitzeminderung und Aufenthaltsqualität bewirkt die Anlage von Retentionsflächen.
- Die Verwendung von Oberflächenmaterialien mit hoher Albedo im Aussenraum (z. B. Schulhof, Sportplatz) ist für eine stadtklimatische Optimierung essenziell.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Beschattung Pergola
- Fassadenbegrünung
- ▨ Entsiegelung, helle Farbe
- ▨ Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.9 Platzraum (MG 09)

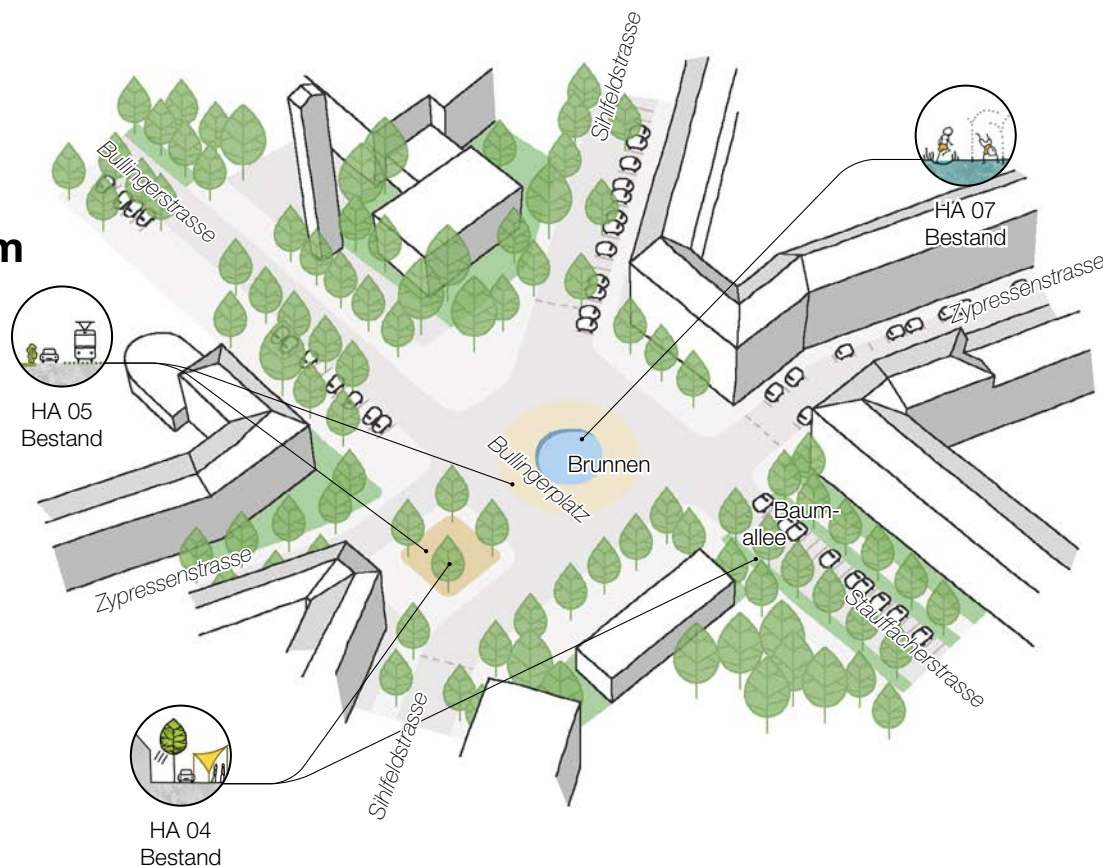


Abb. 204: Ist-Zustand, Modellierungs-
gebiet 09 Platzraum

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Der Bullingerplatz wird eingefasst von fünf- bis sechsgeschossigen Blockrandstrukturen. Lediglich im Nordwesten schliesst mit der Kirche Hard ein solitäres Gebäude an. Der Platz ist annähernd quadratisch und misst rund 70 mal 60 m.

Freiraumstruktur: Der Platz ist fast vollständig asphaltiert und besitzt im Zentrum einen Brunnen mit kleiner Wasserfontäne. Annähernd alle angrenzenden Gebäude haben einen schmalen, zum Teil begrünten Hausumschwung. Fünf der ankommenden Strassen sind alleenartig ausgestaltet. Auf dem Platz selbst gibt es nur wenige Bäume, entsprechend rar sind beschattete Aufenthaltsbereiche. Die Verkehrsflächen wirken überdimensioniert. Der Raum zwischen dem Brunnen und dem nördlichen Ende des Platzes ist mit Hochbeeten und Blumenkübeln gestaltet, ohne den Verkehr zu beeinträchtigen.

Nutzungsstruktur: Der Bullingerplatz dient der Anbindung der Nebenstrassen und wird als Platz fast ausschliesslich von Anwohnenden genutzt. Der Raum ist zudem als Begegnungszone ausgewiesen, alle Verkehrsteilnehmenden sind gleichberechtigt. In den angrenzenden Gebäuden überwiegt die Wohnnutzung. In den Erdgeschossen gibt es einzelne kleine Ladengeschäfte sowie Arztpraxen. Am nördlichen und am südlichen Rand des Platzes besteht Gastronomie mit Aussenbestuhlung.

Stadtklimatische Einschätzung: Über 4200 m² vollversiegelte Fläche entsprechen einem grossen Wärmespeicher mit entsprechend negativen Auswirkungen auf das unmittelbare Umfeld. Da mehrere Strassenräume auf den Platz stossen, ist zumindest die Durchlüftung gewährleistet. Der Brunnen in der Platzmitte sorgt für etwas Verdunstungskühle und kann an heissen Tagen zur kurzen Abkühlung genutzt werden.



Abb. 205: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 09 Platzraum

Stadt- und Baustruktur: Der Bullingerplatz und die angrenzenden städtebaulichen Strukturen werden stadtstrukturell nicht verändert.

Klimaoptimierte Situation

Freiraumstruktur: Für den Platz besonders relevant ist die Pflanzung von Bäumen, die künftig Schatten spenden können. Dabei werden folgende Prinzipien verfolgt:

- Fortführung der Baumalleen aus den Strassen bis auf den Platz für durchgehend beschattete Fusswege;
- mehrere locker angeordnete Baumgruppen im Bereich zwischen Brunnen und nördlichem Platzende; die freie Anordnung ermöglicht je nach Sonnenstand den Wechsel von sonnenbeschienenen und beschatteten Bereichen und lädt zum Verweilen ein;
- ein neues, dichtes Baumdach, bestehend aus einer Vielzahl kleinkroniger Bäume am Südende des Platzes, das an besonders heissen Tagen für starke Entlastung und Erholung sorgt.

Frei- und Strassenraum: Die Verkehrsführung bleibt im Prinzip bestehen. Auch aufgrund der ausgewiesenen Begegnungszone wird vorgeschlagen, Verkehrs- und Fusswege mit einheitlichen Oberflächen zu versehen und den Bullingerplatz mit einer entsiegelnden Pflasterung weiter aufzuwerten. Aufenthaltsbereiche bei den Baumgruppen und beim Baumdach heben sich nochmals durch chaussierte Oberflächen von den Verkehrsflächen ab. Durch die neuen Oberflächenbeläge wird nicht nur die Verkehrsführung geklärt, sondern mittels Entsiegelung auch die Wärmespeicherkapazität gesenkt. Bei Niederschlag kann sogar Wasser versickern.

Wasser: Der bestehende Brunnen verbleibt an seinem Standort, wird aber durch die neue Platzgestaltung besser in die Gesamtsituation eingebunden.

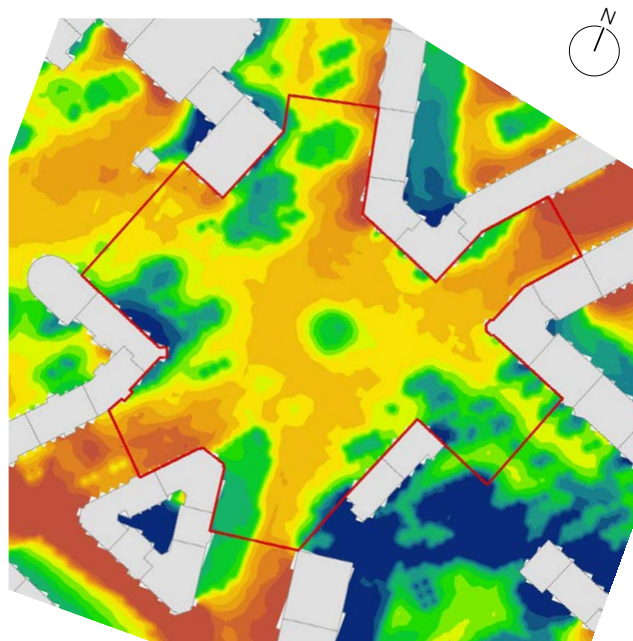


Abb. 206: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

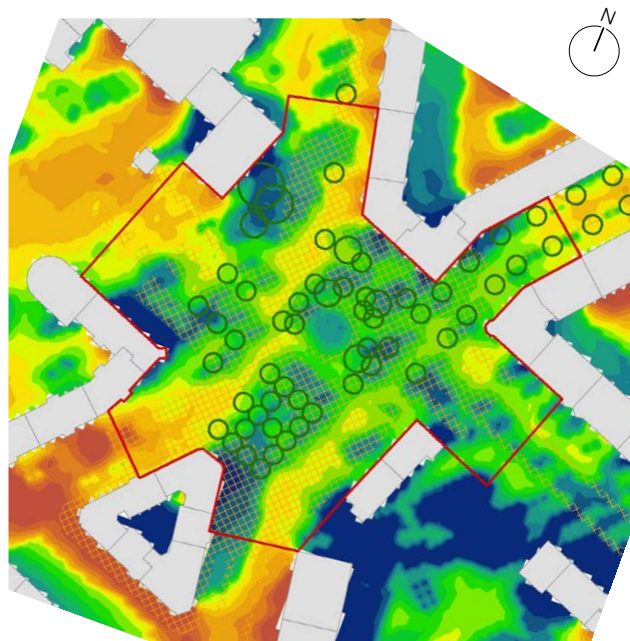


Abb. 207: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Entsiegelung, helle Farbe

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

In der Analyse des angepassten Bullingerplatzes entsteht das Bild eines Platzes als attraktiver Entlastungsraum. Dies liegt vor allem an Veränderungen der Oberflächenmaterialien sowie an grösseren Baumpflanzungen, durch die der Platz ganz nebenbei erheblich an Aufenthaltsqualität gewinnt. Hervorzuheben ist dabei allerdings auch die bereits im Ist-Zustand vorliegende Wirkung des zentral auf dem Platz positionierten Brunnens. Die folgenden Ansätze erzielten dabei für das Modellierungsgebiet die effektivste Wirkung:

- **Entsiegelung:** Die positive Wirkung von Entsiegelung wird in diesem Modellierungsgebiet deutlich.
- **Erhöhung der Albedo auf Strassen und Plätzen:** Auf der grossen, zusammenhängenden Fläche des Platzes wird ein grossflächiger Auftrag von Spezialfarbe simuliert. Die Hauptwirkung tritt vor allem über den behandelten Flächenanteilen selbst auf und wird im konkreten Beispiel teilweise noch von zusätzlichen Strassenbäumen überlagert. Ausserhalb der Überlagerungszone zeigt sich eine verbreitete Temperaturabnahme in einer Grössenordnung von 1 bis 2 °C. Dies macht deutlich, dass eine hohe Wirkung vor allem dann zu erwarten ist, wenn der Handlungsansatz über die gesamte Strassenbreite umgesetzt wird.
- **Beschattung durch Bäume:** In Strassen- und Platzräumen können mithilfe schattenspendender Bäume hohe Temperatursenkungen um 10 °C und mehr erreicht werden. Auf dem Platz ist der Vergleich der Wirkung des neuen Baumdachs im Süden und der eingestreuten Baumgruppen im Norden aufschlussreich.

Nachts entfalten die Material- und Farbänderungen der Platzoberfläche eine in den anderen Modellierungsgebieten sonst nicht zu beobachtende hohe und grossflächige Wirkung.

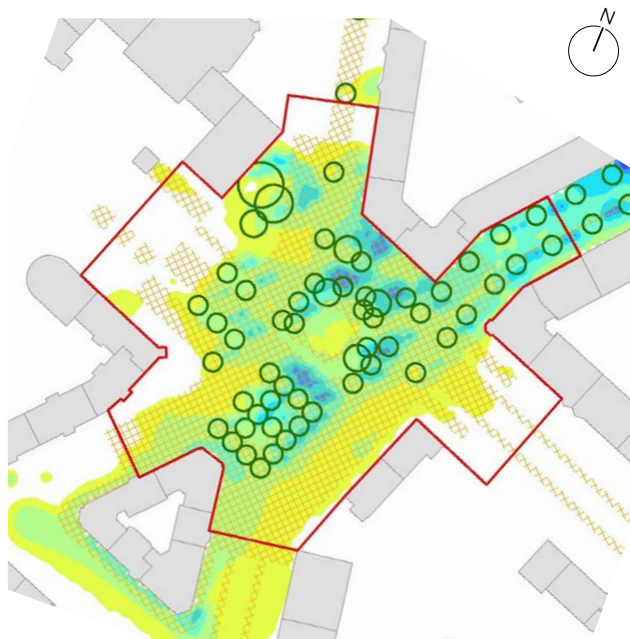


Abb. 208: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 09 Platzraum



Abb. 209: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 09 Platzraum

Bei Platzräumen in Zürich muss nach Nutzungsschwerpunkt und übergeordneter Funktion des Platzes unterschieden werden. Es gibt beispielsweise Plätze, auf denen der Aufenthalt von Passanten und Anwohnenden im Vordergrund steht (Aufenthaltsplätze), aber auch Plätze, die verkehrlich bedeutend sind (Verkehrsplätze). Welche Handlungsansätze in Platzräumen umgesetzt werden können, hängt somit stark von der jeweiligen Funktion und dem Nutzungsschwerpunkt ab.

Die für das Modellierungsgebiet vorgeschlagenen Handlungsansätze sind insbesondere für Aufenthaltsplätze geeignet und können dort angewendet werden. Nur bedingt übertragbar sind die Handlungsansätze dagegen auf Verkehrsplätze, auf denen die Leistungsfähigkeit des Verkehrs nicht beeinträchtigt werden darf. Empfohlen wird:

- Die Entsiegelung geeigneter öffentlicher und privater Flächen erzeugt tags und nachts eine spürbare Temperaturabsenkung. Hellere Oberflächen der am Platz ankommenden Strassen (oder auch der Platzfläche) wirken zusätzlich positiv.
- Baumpflanzungen in Strassen- und vor allem Platzräumen gemäss der Platzzonierung lohnen sich insbesondere, wo sie neben Strassen- und Gehwegflächen auch die Fassaden der Gebäude beschatten.
- Die Wirksamkeit wird mithilfe einer Kombination aus Entsiegelung sowie weiteren Begrünungen zusätzlich erhöht.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- ▨ Entsiegelung, helle Farbe

Differenz PET [°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur [K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.10 Freiraum (MG 10)



Abb. 210: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 10 Freiraum

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Der Grünraum im Modellierungsgebiet 10 ist vollständig in den Kontext der umgebenden Wohnsiedlungen eingebunden. Nördlich befindet sich der Lindenplatz. Zur Badenerstrasse hin verdichtet sich die Baustruktur, und der Versiegelungsgrad nimmt erheblich zu. Inmitten des Grünraums liegt leicht erhöht das inventarisierte Gebäudeensemble der reformierten Kirche von Altstetten.

Freiraumstruktur: Der Freiraum gliedert sich in mehrere Teile unterschiedlichen Charakters. Nördlich und östlich der beiden Kirchengebäude liegt der zugehörige parkartige Grünraum mit einigen grösseren Bäumen. Entlang der alten Friedhofsmauer besteht eine Baumreihe. In der Südhälfte des Grünraums befindet sich eine Streuobstwiese mit mehrheitlich neu gepflanzten Obstbäumen, während auf der Fläche westlich davon Blumen zum Selberschneiden kultiviert werden. Im Bereich des Kirchhofs liegt ein kleiner Brunnen.

Nutzungsstruktur: Die Nutzungsmöglichkeiten sind vielfältig. Der Grünraum lädt Anwohnende und PassantInnen zum Queren und zum Aufenthalt ein. Insbesondere der Bereich im Übergang zum Lindenplatz ist ein idealer Ort zum Verweilen. Insgesamt ist der Grünraum im Gegensatz zu Parkanlagen kaum gestaltet und bietet daher wenig Möglichkeiten für Freizeitaktivitäten.

Stadtklimatische Einschätzung: Der Grünraum am Chilehügel ist einer der letzten extensiv bewirtschafteten, kulturlandschaftlich geprägten Freiräume innerhalb des Siedlungsgebiets Zürichs. Er ist unbedingt zu erhalten. Sein Potenzial für die Klimaanpassung sollte durch eine Aufwertung des Grünraums ausgeschöpft und ausgebaut werden. Der Grünraum ist Entlastungsraum und wichtiger Kaltluftversorger für das umliegende Wohnquartier.



Abb. 211: Klimaausgewählte Situation, Modellierungsgebiet 10 Freiraum

Stadt- und Baustruktur: Im Modellierungsgebiet liegt der Fokus auf der Aufwertung der Freiräume. Grundsätzlich sollte die an das Modellierungsgebiet grenzende offene Baustruktur beibehalten werden.

Klimaausgewählte Situation

Gebäude: Die beiden Kirchengebäude sind inventarisiert. Bei der Auswahl von Handlungsansätzen, die auf eine klimaökologische Verbesserung abzielen, sind daher Aspekte des Denkmalschutzes zu berücksichtigen.

Frei- und Strassenraum: Der Freiraum birgt grosses Potenzial zur Verbesserung der Aufenthalts- und Entlastungsqualität. Es wird vorgeschlagen, die Blumenfelder etwas kompakter zu fassen und in organischer Form umzugestalten. Dafür können Querungsmöglichkeiten für Anwohnende, Spazier- und FussgängerInnen verbessert werden. Neue Bäume beschatten lückenlos die Fusswege. Im Bereich der Streuobstwiese wird die doppelte Menge an Obstbäumen vorgeschlagen, sodass ein richtiger Obstbaumhain entstehen kann. Kfz-Verkehr findet nur am Rand des Modellierungsgebiets statt. Sowohl die Spargartenstrasse als auch die Altstetterstrasse werden klimatisch durch die Pflanzung neuer Baumreihen aufgewertet. Die neuen Bäume verschatten Strassenflächen, Parkplätze und Gehwege gleichermassen. Des Weiteren wird die grosse Parkierungsfläche im Übergang zum Lindenplatz durch eine Überdachung beschattet.

Wasser: Der Freiraum bietet mehrere Möglichkeiten, Retentionsflächen anzulegen. Durch Verdunstungskühle tragen diese Flächen zur Temperaturabsenkung bei. Darüber hinaus wird ein Wasserspiel oder ein grösserer Brunnen im Bereich des Kirchhofs zwischen den beiden Kirchengebäuden vorgeschlagen.

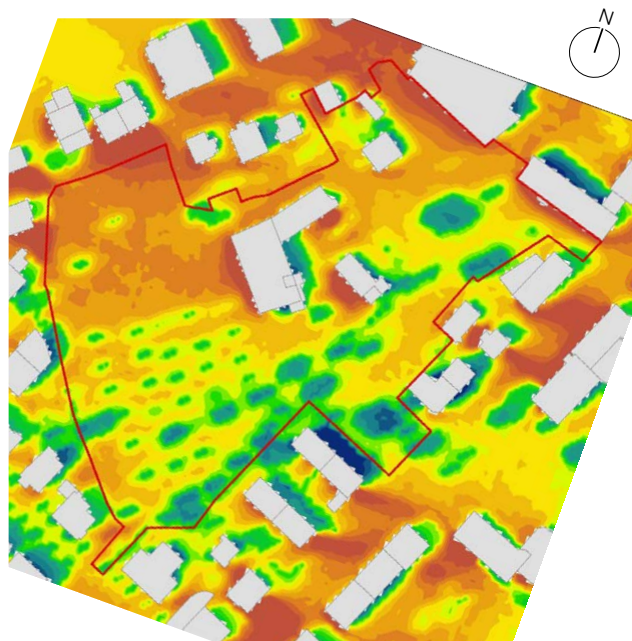


Abb. 212: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

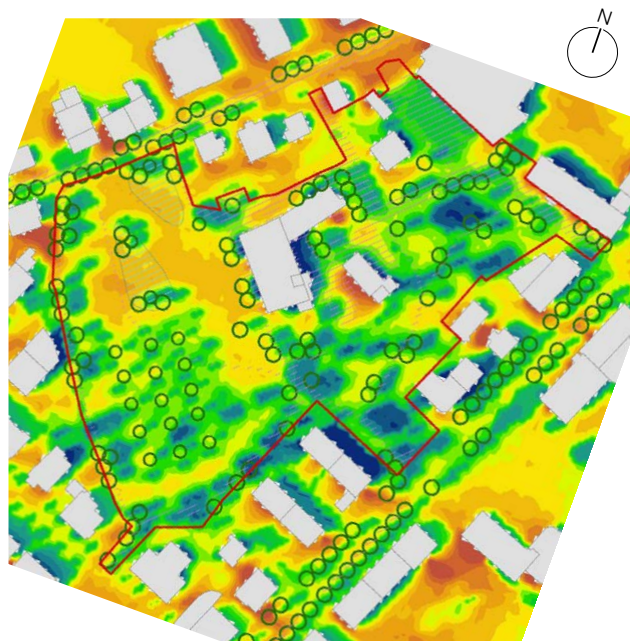






Abb. 213: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund
















Wirksamkeit

Handlungsansätze

-  Gebäude
-  Beschattung Bäume
-  Entsiegelung, helle Farbe
-  Retentionsfläche

PET

[°C, 14 Uhr]

-  ≤ 27
-  > 27–28
-  > 28–29
-  > 29–30
-  > 30–31
-  > 31–32
-  > 32–33
-  > 33–34
-  > 34–35
-  > 35–36
-  > 36–37
-  > 37–38
-  > 38–39
-  > 39–40
-  > 40

In diesem Modellierungsgebiet wird ein bereits bestehender Freiraum klimaoptimiert ausgestaltet. Aus einem bislang nur in Teilbereichen klimaökologisch gestalteten Ort wird ein hitzemindernder Entlastungsraum mit positiven Effekten auf die Bewohnerschaft der umliegenden Wohnquartiere. Augenfällig ist:

- **Beschattung durch Bäume im Freiraum:** Gut zu erkennen ist die Wirkung unterschiedlich angeordneter, neu gepflanzter Bäume. Die Ergänzungen im Obstthain etwa wirken schwächer als locker eingestreute Baumgruppen auf der Wiese.
- **Verdunstungskühle auf Retentionsflächen:** Versickerungsflächen weisen aufgrund ihrer höheren Bodenfeuchte eine stärkere Verdunstung auf als benachbarte Rasenflächen und tragen damit zur Aufenthaltsqualität bei. Die räumliche Reichweite der mit Baumgruppen vergesellschafteten Retentionsflächen ist in Abbildung 213 gut zu erkennen. Die Wirkung ist, verglichen mit dem Schattenwurf der Bäume, zwar geringer, führt im Verbund aber zu einer stärkeren flächenhaften Verbesserung der Aufenthaltsqualität.
- **Beschattung durch Bäume im Strassenraum:** Auch in diesem Modellierungsgebiet spielen Strassenbäume für die Tagsituation eine erhebliche Rolle, insbesondere vor Gebäudefassaden mit einer signifikanten Abnahme der Wärmebelastung.
- **Weitere Beschattung:** Mit der Überdachung des Parkplatzareals im Norden findet sich ein Element, das nur selten in den Wirkungsanalysen auftaucht. Sowohl tagsüber als auch nachts werden hiermit, vor allem unmittelbar an der Fassade, beachtliche Effekte erzielt.

In der Nacht bewirken die Handlungsansätze gemeinsam eine gleichmässige, flächendeckende Abkühlung im südwestlichen Bereich, während die Effekte im bisher als Grünanlage gestalteten Bereich gering ausfallen.

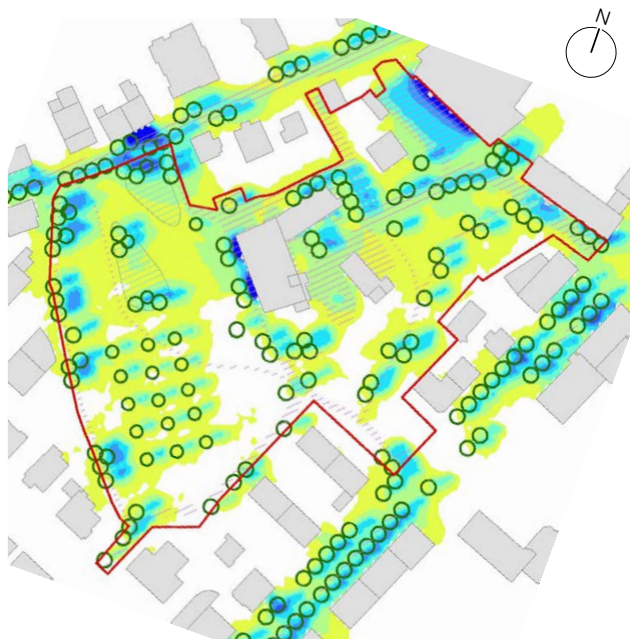


Abb. 214: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 10 Freiraum

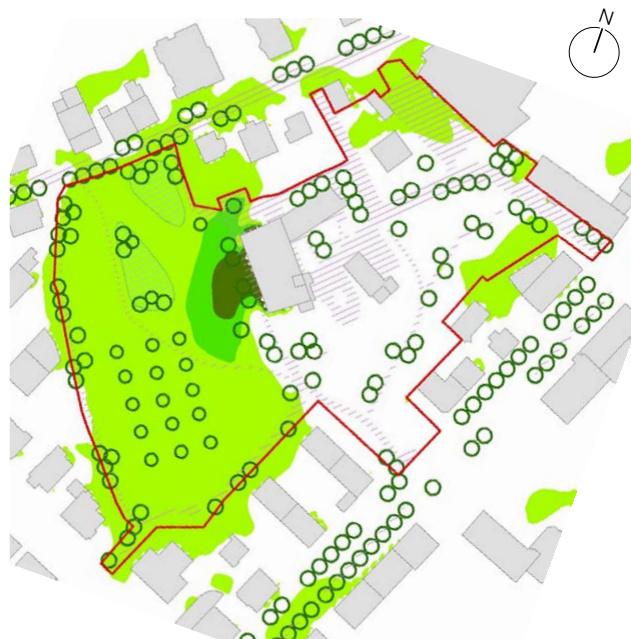


Abb. 215: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 10 Freiraum

Bestehende Freiräume, die bislang nicht zur Verringerung der Wärmebelastung zur Verfügung standen, bergen ein hohes Potenzial, zukünftig als solche zu wirken, insbesondere innerhalb des Siedlungsbestands. Hierzu bieten sich entsprechend der Ergebnisse der Wirkungsanalyse einige Handlungsansätze besonders an:

- Umgestaltungen von Freiräumen zu nutzbaren und zugänglichen Entlastungsräumen mit grosszügigen, schattenspendenden Baumgruppen, Wegen und Sitzmöglichkeiten sorgen für gute Hitzeminderung und Aufenthaltsqualität.
- Öffentliche, durchgängig baumgesäumte Fusswege im Schatten zur Mittags- und Nachmittagszeit sind in jeder Grösse von Nutzen. Umliegende Strassenräume werden durch durchgängige Baumpflanzungen ebenfalls erheblich entwärmt.
- Darüber hinaus sind Bewässerungskonzepte unter Einbezug angelegter Wasserflächen oder Retentionsflächen wichtig, nicht nur, um die Lufttemperatur zu senken, sondern auch, um die Grünräume langfristig zu erhalten.
- Wird die mikroklimatische Vielfalt der Grünräume erhöht, kann ihre Fähigkeit, die Wärmebelastung auszugleichen, verbessert werden.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- /// Entseigelung, helle Farbe
- Retentionsfläche

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.11 Strassenraum (MG 11)



Abb. 216: Ist-Zustand, Modellierungs-
gebiet 11 Strassenraum

Ist-Zustand

Stadt- und Baustruktur: Entlang der Albisstrasse im Modellierungsgebiets 11 überwiegt die offene Bauweise. Die Gebäude sind in der Regel vier- bis fünfgeschossig und haben Sattel- und Walmdächer. Einige Gebäude mit Flachdächern stehen direkt an der Albisstrasse und definieren so räumlich den Strassenraum. Zwischen den Gebäuden liegen meist Hofzufahrten und einzelne Stellplätze.

Freiraumstruktur: Der Strassenraum ist mit einer Fahrspur pro Richtung, Radstreifen und Gehweg grosszügig bemessen. Mittig verläuft die Tramlinie. Die Regelstrassenbreite liegt bei 20 bis 25 m von Fassade zu Fassade. Im südlichen Bereich gibt es mit der Alten Kalchbühlstrasse eine Aufweitung. Der Strassenraum ist vollständig asphaltiert, Strassenbäume gibt es keine. Lediglich im Bereich der Aufweitung existiert ein geböschter Grünstreifen mit einigen Bäumen. Weiter nördlich liegt ein Kleinstpark mit Bänken, einer Wiese, Blumenbeeten und einem kleinen Brunnen.

Nutzungsstruktur: Die Albisstrasse stellt eine wichtige Verbindung zwischen Wollishofen und der Zürcher Kernstadt dar. Im gewählten Abschnitt verkehrt eine Tramlinie, mittig liegt die Bus- und Tramhaltestelle. Mit Wohnen und Arbeiten liegt eine durchmischte Nutzung vor. Supermärkte und weitere kleine Ladengeschäfte sowie Restaurants bilden das Versorgungsangebot mit Zentrum im Bereich der Alten Kalchbühlstrasse, wo Kundenparkplätze zur Verfügung stehen.

Stadtklimatische Einschätzung: Der Strassenraum ist vollversiegelt und ohne schattenspendende Bäume und heizt sich an heissen Tagen bei Sonneneinstrahlung stark auf. Die gespeicherte Wärme wird an die Umgebung abgegeben und erhöht die Wärmebelastung. Positiv ist der Grünraum an der Alten Kalchbühlstrasse zu bewerten, dort spenden die bestehenden Bäume etwas Schatten.

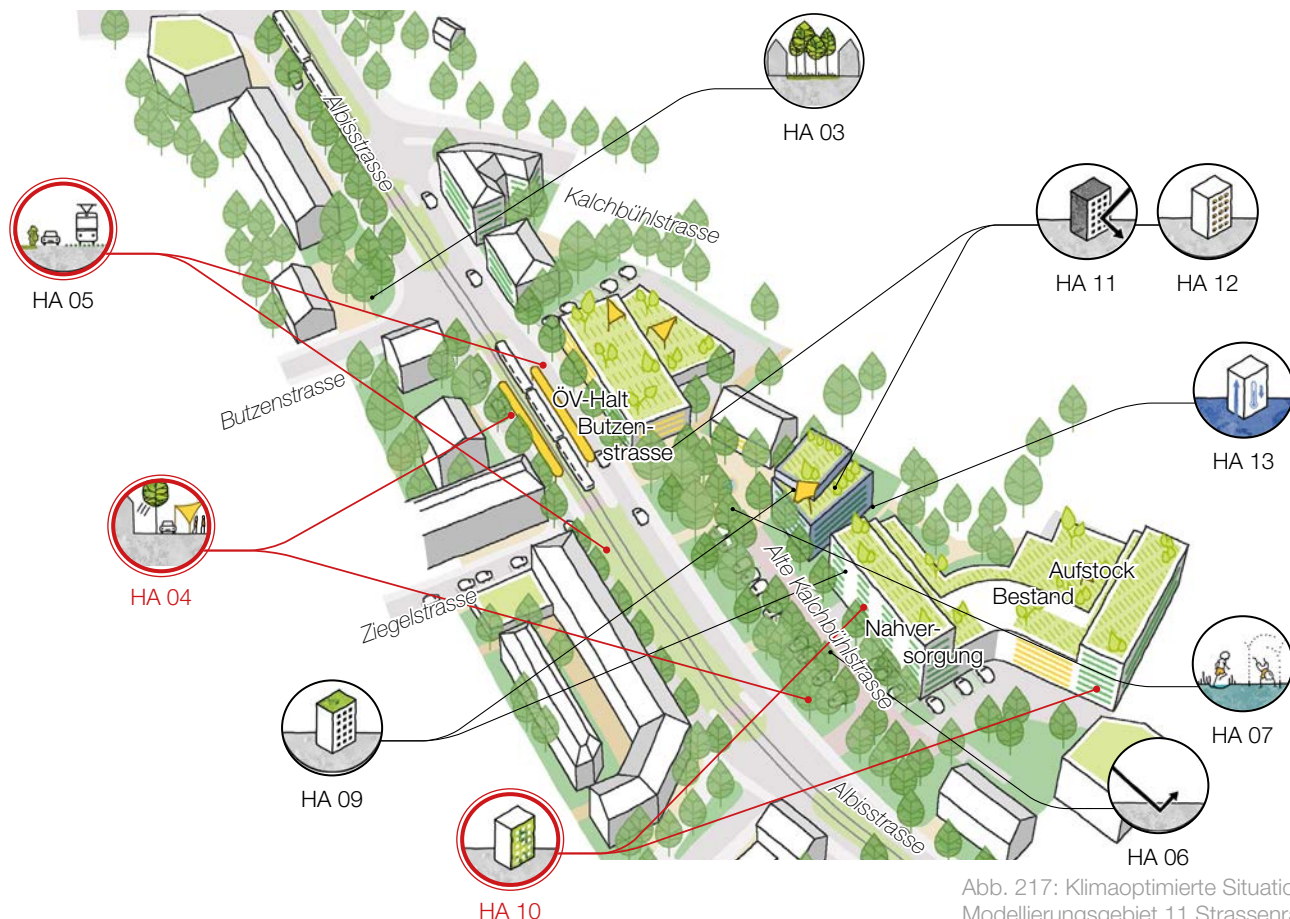


Abb. 217: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum

Stadt- und Baustruktur: An der Alten Kalchbühlstrasse wird ein Ersatzneubau vorgeschlagen, der sich typologisch am Bestandsgebäude orientiert, aber die städtebauliche Komposition klärt und den öffentlichen Raum aufwertet, indem eine kleine Platzsituation entsteht. Für das südlich angrenzende Gebäude wird eine Aufstockung um bis zu zwei Geschosse vorgeschlagen.

Klimaoptimierte Situation

Gebäude: Das neue Gebäude wird mit Gründach, Grünfassade sowie einer Gebäudekühlung durch Kälteverbünde klimaökologisch optimiert. Auch am Wohn- und Geschäftshaus nebenan können Fassaden begrünt und eine Aufstockung mit Gründach realisiert werden.

Frei- und Strassenraum: Im Bereich des Platzes bieten sich Oberflächenentsiegelungen und Beschattungen durch Bäume an. Hierfür kann der angrenzende Grünstreifen aktiviert, mit weiteren Bäumen ergänzt und aufgewertet werden. Auch im Kleinstpark kann mittels Baumpflanzungen die Entlastungs- und Aufenthaltsqualität gesteigert werden. Der Strassenraum der Albisstrasse ist derzeit maximal versiegelt. Hier bietet sich die Entsiegelung und Begrünung des Tramtrassees an. Eine strassenbegleitende Allee würde nicht nur den öffentlichen Raum attraktiver gestalten, sondern auch den Gehweg und zumindest einen Grossteil der Strassenflächen und der Gebäudefassaden verschatten. An der Bus- und Tramhaltestelle kann eine neue, lange Überdachung zu beiden Seiten der Tramgleise den wartenden Fahrgästen Schatten spenden.

Wasser: Im Bereich des neuen, kleinen Platzes wird ein Wasserspiel oder Brunnen installiert, der die Aufenthaltsqualität und das Wohlbefinden verbessert.

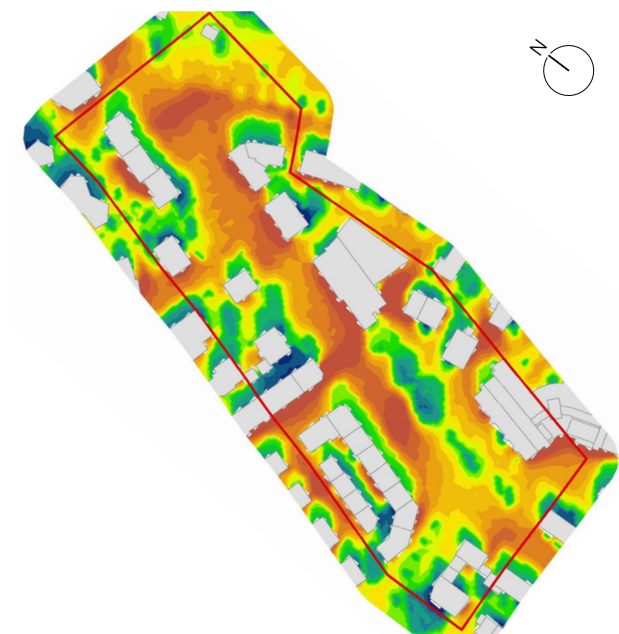


Abb. 218: Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

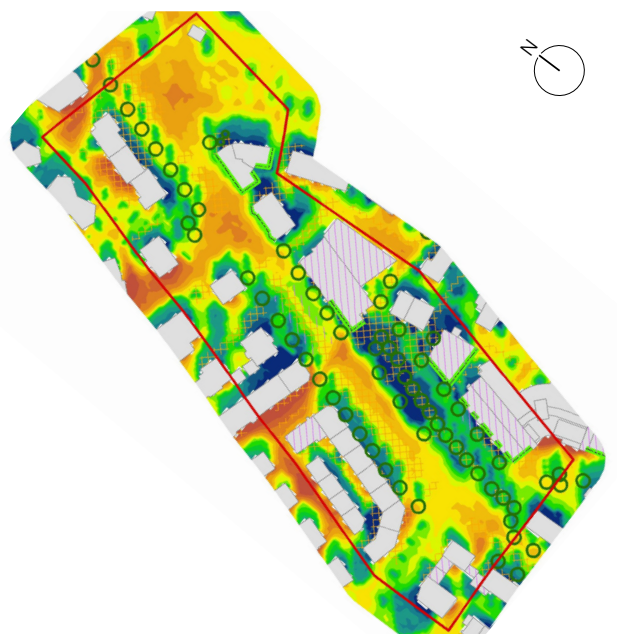


Abb. 219: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund

Wirksamkeit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Fassadenbegrünung
- Entsiegelung, helle Farbe
- Dachbegrünung

PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ 27
- > 27–28
- > 28–29
- > 29–30
- > 30–31
- > 31–32
- > 32–33
- > 33–34
- > 34–35
- > 35–36
- > 36–37
- > 37–38
- > 38–39
- > 39–40
- > 40

Im Modellierungsgebiet 11 werden in der klimaoptimierten Situation spürbare Temperaturminderungen erzielt, sogar in der Strassenmitte, wo die Sonneneinstrahlung nach wie vor einwirkt (Abb. 220).

Die besten Ergebnisse werden dort erzielt, wo folgende Handlungsansätze oder auch Kombinationen davon angewandt werden:

- **Entsiegelung und Begrünung:** Die Hauptwirkung tritt vor allem über den entsiegelten, begrünten oder aufgehellten Flächenanteilen einschliesslich des begrünten Tramtrassees ein und kann über die gesamte Breite des Strassenraums reichen.
- **Beschattung durch Bäume:** Im Bereich der Neupflanzung von Bäumen ist die Hitzeminderung am höchsten. Es wird deutlich, dass die Kombination aus Begrünung und Beschattung starke Verbesserungen der Aufenthaltsqualität bewirkt.
- **Fassadenbegrünung:** Auch von den Fassadenbegrünungen geht eine deutliche Wirkung auf den Nahbereich aus, die Temperatur-senkung beträgt teils bis zu 10 °C.
- **Weitere Beschattung:** Auch die Wirksamkeit kleinerer Elemente lässt sich gut beobachten: Beim Neubau an der Strasse tritt beispielsweise kleinräumig die Eigenverschattungswirkung auf.

In der Nacht zeigen sich die höchsten Effekte ebenfalls bei der Entsiegelung, der Begrünung und der Pflanzung von Baumgruppen.

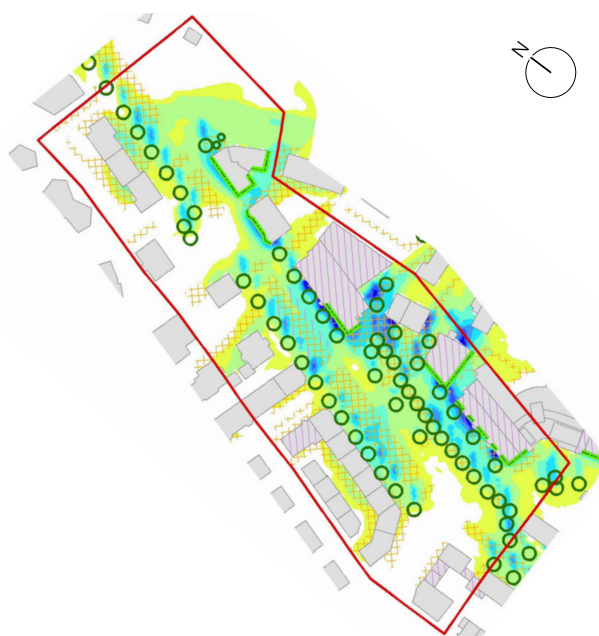


Abb. 220: Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum



Abb. 221: Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum

Das Modellierungsgebiet 11 Strassenraum verdeutlicht die erhebliche Herausforderung, den Raum einer vielbefahrenen Strasse, bei der öffentliche Verkehrsmittel einen gewissen Stellenwert einnehmen, klimaökologisch aufzuwerten. Schnell entstehen Zielkonflikte zwischen Hitzeminderung und Themen wie etwa Leistungsfähigkeit, Platzbedarf, Notzufahrten, Barrierefreiheit, Ober- und Werkleitungen, Verkehrssicherheit, Unterhalt und Winterdienst. In der klimaoptimierten Situation wird nahezu das Optimum des theoretisch Realisierbaren erreicht. Die Wirkungen fallen im Vergleich zu anderen Gebieten geringer aus, können aber verstärkt werden, wenn eine vollständige Umsetzung in der ganzen Stadt anvisiert wird.

Das Ziel sollte es trotz schwieriger Umsetzung sein, zumindest einzelne Handlungsansätze auf andere Situationen zu übertragen. Neben der Leistungsfähigkeit für den motorisierten Verkehr zählt in Strassenräumen gerade auch die Qualität als Aufenthalts- und Bewegungsraum für FussgängerInnen und Velofahrende.

In Strassenräumen bieten sich vorrangig folgende Handlungsansätze an:

- Entsiegelung und Begrünung, speziell von Tramtrassees, erzeugen tags und nachts deutliche Temperaturabsenkungen. Die Erhöhung der Albedo auf Verkehrsflächen wirkt zusätzlich positiv.
- Baumpflanzungen zur Beschattung leisten einen hohen Beitrag.
- Klimatisch günstige Summeneffekte für die Beschattung der Bereiche zwischen Strasse und Gebäuden ergibt sich aus der Kombination von Fassadenbegrünung und Baumpflanzungen.
- Öffentliche grüne Aufenthaltsräume im Schatten, z. B. in Aufweitung, fördern Hitzeminderung, Aufenthaltsqualität und Benutzbarkeit des öffentlichen Raumes.

Fazit

Handlungsansätze

- Gebäude
- Beschattung Bäume
- Fassadenbegrünung
- ▨ Entsiegelung, helle Farbe
- ▨ Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr]

- ≤ -12
- -12 bis -10
- -10 bis -8
- -8 bis -6
- -6 bis -4
- -4 bis -2
- -2 bis -1
- -1 bis 0

Differenz Lufttemperatur

[K, 4 Uhr]

- 0,25 bis -0,25
- -0,25 bis -0,50
- -0,50 bis -0,75
- -0,75 bis -1,00

6.12 Weitere Erkenntnisse aus der Wirkungsanalyse

Neben den Erkenntnissen zur Wirkung der Handlungsansätze zeigen sich bei der Untersuchung der elf Modellierungsgebiete auch einige Sonderthemen, die häufig und wiederkehrend im gesamten Zürcher Stadtgebiet auftreten und in Hinsicht auf die Hitzeminderung besonderer Aufmerksamkeit und Berücksichtigung bedürfen. Betroffen sind räumliche Konstellationen sowie bestimmte Elemente. Diese werden nachfolgend dargelegt.

Gebäudedefussabdruck und Aufstockung

Zürich wächst stark. Die zusätzlichen Einwohnerinnen und Einwohner finden neuen Wohnraum hauptsächlich in Bestandsquartieren, die umgebaut oder neu erstellt und dabei oft stark verdichtet werden. Verdichtung steht dabei nicht automatisch im Widerspruch zur Klimaanpassung. Bei gezielten Überlegungen kann die Gestaltung der neuen Gebäude sogar die Hitzeminderung unterstützen, wie etwa das Modellierungsgebiet 01 zeigt. Allerdings sind hierfür gewisse Leitsätze zu beachten, um die baulichen Veränderungen klimaökologisch einzusetzen:

- **Die Grundfläche des Gebäudes ist lokalklimatisch entscheidend.** Wie Modellierungen zeigen, wirken höhere Gebäude mit kleineren Grundflächen stadtklimatisch günstiger als niedrigere Gebäude mit grösseren Grundflächen. Zukünftig sollten bei Neubauten aus stadtklimatischer Sicht höhere Gebäude favorisiert werden, weil die Luft besser durch die Durchlässe zirkulieren kann und auf Bodenniveau deutlich mehr Raum für Begrünung bleibt. Interessenabwägungen können erforderlich sein, beispielsweise betreffend Lärmschutz (und das Bauen in die Breite) oder städtebaulichen Aspekten.
- **Fokus auf Eigenverschattung.** In den Sommermonaten, gerade in den Mittagsstunden und je nach Ausrichtung der Gebäude, kann die Eigenverschattung einen positiven Effekt erzielen. Dies kann bei der Planung von Gebäuden und Dachaufstockungen berücksichtigt werden. Wichtig ist und bleibt die ausreichende Verfügbarkeit von Tages- und Sonnenlicht für Freiräume und Aufenthaltsbereiche sowie für die Wohnqualität insgesamt, insbesondere in den anderen Jahreszeiten.
- **Fokus auf die Freiräume dazwischen.** Um die höchstmögliche klimatische Wirkung zu erreichen, muss bei Überbauungen den Freiräumen um und zwischen den Gebäuden besondere Beachtung zuteilwerden. Eine noch so gute Wirkung der Gebäudestellung kann von einer falschen Gestaltung der Freiräume leicht wieder aufgehoben werden. Die Prinzipien sind: Minimierung der Versiegelung (Belagswechsel), Begrünung mit differenzierter, schattenspendender Vegetation, Integration von Retention und Wasserelementen.

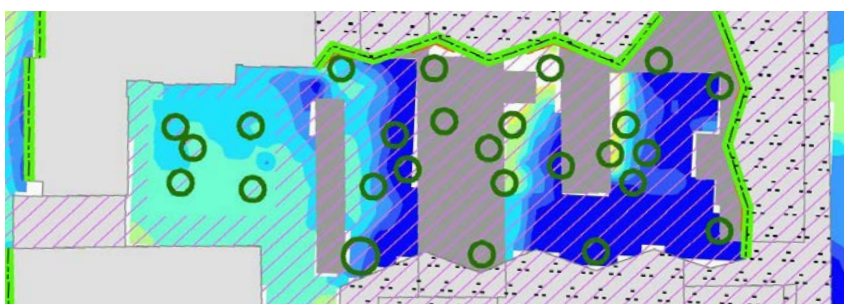


Abb. 222: Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung – das geplante Wohngebäude zeigt einen positiven klimatischen Effekt im Hofinneren durch die Eigenverschattung des Gebäudes.

Der hitzemindernde Effekt intensiver Dachbegrünung mit einer 100 cm dicken Substratschicht in Form eines Dachgartens 2 m über Dachniveau ist beachtlich. Die Verwendung kleiner Bäume und abgestufter Vegetation wirkt sich positiv aus. Zurückzuführen ist dieser Effekt auf Wasserrückhalt (Retention) und Verdunstung. Im Modellierungsgebiet 02 (Abb. 223) sind Teilbereiche als Dachgarten gestaltet. Zusätzlich wurde dort die PET um 14 Uhr in 2 m über Dachniveau berechnet. Die hitzemindernde Wirkung begrünter Dachflächen (z. B. Dächer von Gewerbehallen) ist spürbar. Dachbegrünungen sollten gezielt umgesetzt werden. Mit Blick auf die gesamte Stadt stehen hier grosse Potenziale zur Verfügung.

Dachbegrünung

Differenz PET

[°C, 14 Uhr, 2 m über Dachniveau]

■	≤ -12
■	-12 bis -10
■	-10 bis -8
■	-8 bis -6
■	-6 bis -4
■	-4 bis -2
■	-2 bis -1
□	-1 bis 0

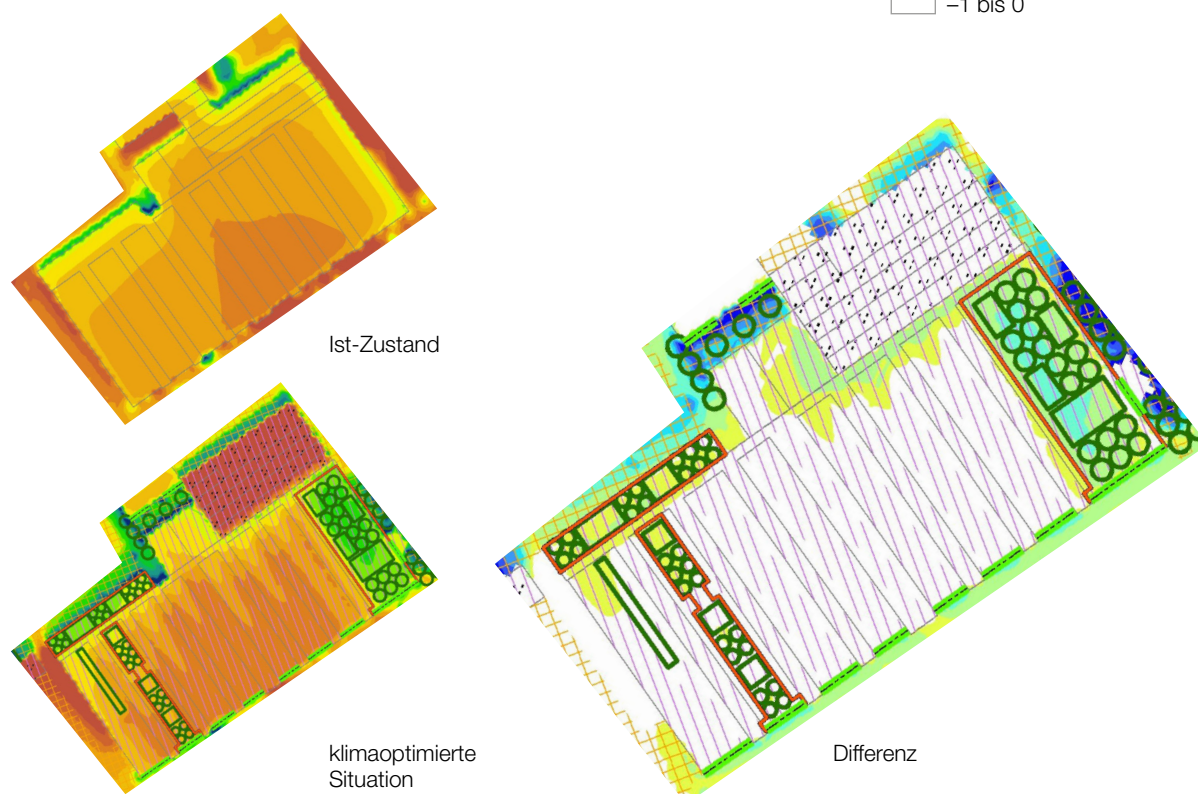
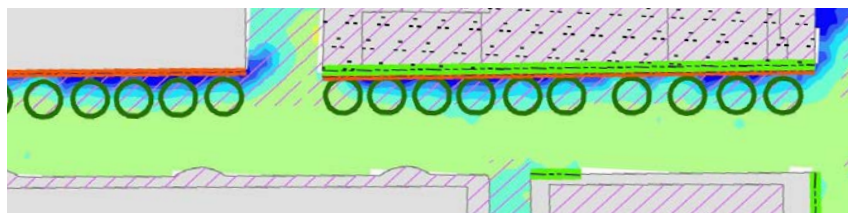


Abb. 223: Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, Tagsituation - PET um 14 Uhr 2 m über Dachniveau

Fassadenbeschattung und -begrünung

Insbesondere bei Fassadenbeschattungen mit Bäumen und Fassadenbegrünungen ist die Exposition für eine optimale Wirkung entscheidend. Auf Süd- und Westfassaden ist sie am höchsten, sodass dort Fassadenbegrünungen umgesetzt und Bäume zur Fassadenkühlung entsprechend auf die Ost- und Nordseite der Strassenräume gesetzt werden sollen (Abb. 224). Bei gewünschter Wirkung auf Oberflächen im öffentlichen Raum ist die Strassensüdseite zu präferieren.

Abb. 224: Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung – eine optimale Wirkung für sonnenexponierte Süd- und Westfassaden zeigt die Kombination aus Fassadenbegrünung und zusätzlicher Beschattung durch direkt davorstehende Bäume.



Grünes Tramtrassees

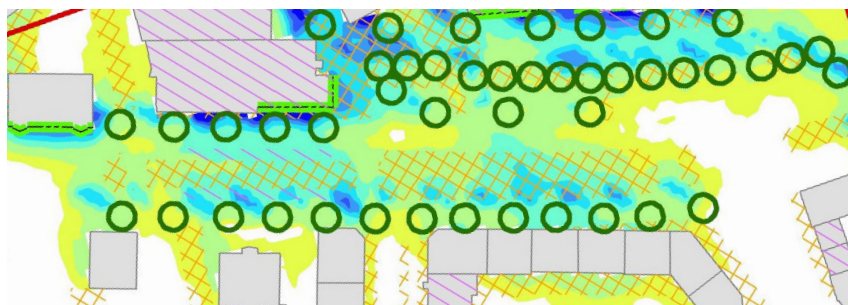
Differenzwerte PET [°C, 14 Uhr]

■	≤ -12
■	-12 bis -10
■	-10 bis -8
■	-8 bis -6
■	-6 bis -4
■	-4 bis -2
■	-2 bis -1
■	-1 bis 0

Die Begrünung von Tramtrassees als Grüngleise wird in Zürich erst in geringem Umfang umgesetzt. Dabei besteht hier die Möglichkeit, Strassenräume ein Stück weit zu entlasten, ohne ihre Funktion zu ändern. Insbesondere auf Strassenabschnitten, in denen keine Bäume gepflanzt werden können, können eine Trasseebegrünung sowie eine Aufhellung der Strassenoberflächen (Albedoeffekt) sinnvoll sein. Das Befahren durch Einsatzfahrzeuge sowie das Queren an Fussübergängen müssen allerdings weiterhin uneingeschränkt möglich sein.

Die Analysen zeigen, dass die Begrünung von Tramtrassees eine Hitzeminderung von durchaus mehreren Grad bewirken kann, wie dies beispielsweise in den Strassenräumen der Limmatstrasse (MG 05) oder der Albisriederstrasse (MG 11) zu sehen ist. Interessant ist der Aspekt der grünen Tramtrassees insbesondere aus gesamtstädtischer Sicht, da sie in der Summe einen positiven Effekt ausüben und Strassenräume enorm aufwerten können.

Abb. 225: Modellierungsgebiet 11 Strassenraum – begrünte Tramtrassees bewirken eine Hitzeminderung im Strassenraum; mit einer Baumallee wird der positive Effekt verstärkt.



Verschattungselemente

Auch kleinere und allenfalls temporäre Elemente mit hoher Entlastungswirkung schaffen rasch Abhilfe. Beispielsweise fallen Pergolen und Sonnensegel mit kleinräumiger, aber spürbarer Hitzeminderung

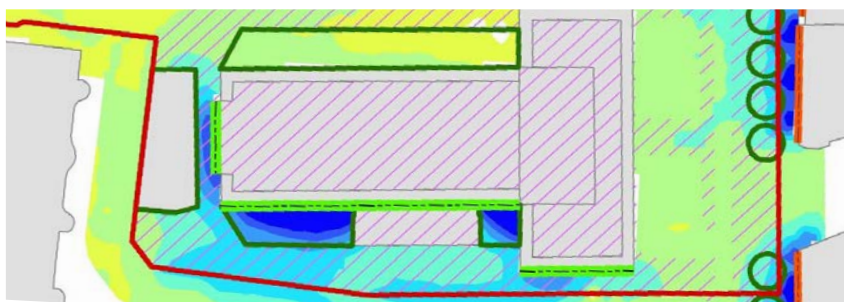


Abb. 226: Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung – der Umschwung des gezeigten Gebäudes ist vollversiegelt; Pergolen an der Südseite des Baukörpers spenden Schatten und können so zu einer beachtlichen Temperatursenkung beitragen.

in mehreren Analysen auf: Sie sollten künftig bewusster im Freiraum eingesetzt werden. Im Modellierungsgebiet 01 wird z. B. unter Pergolen eine Temperaturabsenkung von über 10 °C erreicht, im Schulareal Luchswiesen (MG 08) unter Sonnensegeln immerhin von 4 bis 6 °C. In für den Aufenthalt bestimmten Dachgärten lässt an Hitzetagen die Aufenthaltsqualität wegen der exponierten Lage deutlich nach, selbst bei Einsatz von Pergolen und Sonnenschutz-elementen.

Im Zusammenhang mit Gebäuden können fixe und flexible Verschattungselemente einen Beitrag zum Sonnenschutz (HA 12) sowie zur Reduktion des Entwärmungsbedarfs und damit des Energieverbrauchs (HA 13) beitragen, z. B. durch weit auskragende Dächer, tiefe Fensterlaibungen oder aufgeständerte Photovoltaikanlagen in Kombination mit einer biologisch wertvollen, extensiven Begrünung und einem retentionswirksamen Dachaufbau (HA 09).

Eine auffällige Konstellation stellen Sportflächen dar, die in Zürich häufig konzentriert, mit vielen und grossen Rasenfeldern und Bahnen auftreten, u. a. auf Schularealen. So günstig Rasenfelder für die nächtliche Kaltluftentstehung sind, so kontraproduktiv sind sie durch die ungeminderte Strahlungsbelastung am Tag. Künstliche Oberflächen verschärfen die Problematik. Bei Kunstrasen entfällt die Verdunstungskomponente, sodass gegenüber einem Naturrasen die Oberflächentemperatur und damit auch die Lufttemperatur höher ist. In den Nachtstunden kühlt sich ein Kunstrasen hingegen etwas stärker ab, da aufgrund des hohen Porenanteils des Unterbaus der Bodenwärmestrom (in Richtung Oberfläche) gegenüber einem natürlichen Boden geringer ist. Hinsichtlich der grossen Wärmebelastung (auch auf den Organismus der Sporttreibenden) sollten am Rand von Sportflächen gezielt Schattenbereiche integriert werden, etwa durch Baumreihen und Pergolen oder, wo Pflanzungen nicht möglich sind, durch temporäre Sonnensegel (MG 08 Schulareal). Die Sicherheit der Sporttreibenden und anderer Personen ist dabei stets zu gewährleisten. Die Zugänglichkeit der Sportfläche sollte nicht eingeschränkt werden. Vorgaben der jeweiligen Sportverbände sind zu beachten. Unterhaltsarbeiten sollten weiterhin möglich sein.

Sportflächen

6.13 Auswertung der Wirkungsanalysen

Wirksamkeit der Handlungsansätze

Im Bearbeitungsprozess und anhand der Modellierungsgebiete wurden die Handlungsansätze kleinräumig bezüglich ihrer Wirkung analysiert. Eine tabellarische Zusammenstellung gewährt eine Übersicht über die festgestellten Wirkungen der angewandten Handlungsansätze (Tab. 14 und 15, S. 192–193). Mit der Bestimmung der Kennwerte können die wirksamsten Handlungsansätze für die Tag- und für die Nachtsituation benannt werden. Die maximale Wirksamkeit ist zu erwarten, wenn beispielsweise eine ideale Wasserversorgung gegeben ist und die Standortbestimmungen optimal sind.

Im Folgenden werden die Tag- und die Nachtsituation getrennt voneinander betrachtet und die jeweils wirksamsten Handlungsansätze kurz beschrieben.

Tagsituation

Die maximalen Temperaturveränderungen bewegen sich je nach Handlungsansatz zwischen $-1,4$ und $-8,7$ °C für die Tagsituation, im Median zwischen $-0,8$ und $-5,6$ °C. Die besonders wirksamen Handlungsansätze weisen gegenüber der Ausgangslage einen maximalen Temperaturunterschied von mindestens $-5,5$ °C auf, im Median mindestens $-3,0$ °C. Demnach können folgende Handlungsansätze als besonders wirksam benannt werden:

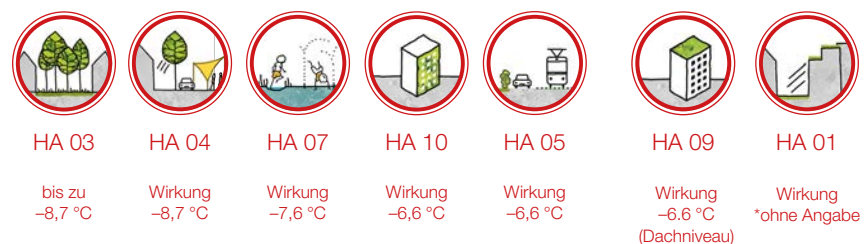


Abb. 227: Besonders wirksame Handlungsansätze für die Tagsituation

- Bäume (Beschattung auf Verkehrs-, Grün-, Gebäudeflächen, HA 03, HA 04)
- Wasser in Stadträumen (bewegt und Retention, HA 07)
- Fassadenbegrünung (HA 10)
- Entsiegelung (einschliesslich Begrünung, HA 05)
- Dachgarten (HA 09)
- Eigenverschattung neuer Gebäude, unter bestimmten Umständen (HA 01)

Da tagsüber die Aufenthaltsqualität im Freien während einer sommerlichen Wittersituation vor allem von der Intensität der Sonneneinstrahlung bestimmt wird, weisen die durch Beschattung geprägten Handlungsansätze die stärkste Wirksamkeit auf. Insbesondere bei Bäumen ist eine absolute Werteabsenkung, nicht nur in den beschatteten Bereichen selbst, sondern auch darüber hinaus im unmittelbaren räumlichen Umfeld erkennbar. So bewirken Baum-

gruppen und -reihen eine spürbare Abnahme der Wärmebelastung bis in eine Entfernung von 20 m, ausgehend vom Baumstandort. Hierbei sind vor allem die Handlungsansätze HA 03 (Grünflächen klimaökologisch gestalten) und HA 04 (Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten) hervorzuheben. Die maximale Wirksamkeit dieser beiden Handlungsansätze auf die tatsächlich empfundene Temperatur (PET) liegt in einer Grössenordnung von bis zu $-8,7\text{ °C}$ gegenüber dem Ausgangszustand.

Die Etablierung von Wasser im städtischen Raum (HA 07) tritt mit maximalen Abnahmen von $7,6\text{ °C}$ gegenüber dem Ausgangszustand als effektiver Handlungsansatz hervor. Dieser wirkt etwa 3 bis 6 m über die Wasserfläche hinaus. Gegenüber den in den Modellsimulationen abgebildeten ruhigen Wasserflächen ist bei einer Brunnenanlage mit bewegtem Wasser sowie intensiver Verdunstung von einer höheren Reichweite auszugehen.

Ein ähnlich starker Effekt kann im Nahbereich einer Fassadenbegrünung erzeugt werden (HA 10). Eine maximale Temperaturabnahme von $6,6\text{ °C}$ ist bodennah vor allem an West- und Ostfassaden zu beobachten, da hier die stärkste Sonneneinstrahlung existiert. Insbesondere in geschützten Innenhöfen kann die Begrünung von Fassaden einen nennenswerten Beitrag zur Absenkung der Wärmebelastung beitragen.

In der Wirkung vergleichbar ist der Handlungsansatz HA 05 (Aufenthalts-, Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen). Hier zeigt sich mit maximal $-6,6\text{ °C}$ die stärkste Positivwirkung bei der Entsiegelung von Asphalt zu Rasen.

Eine Sonderrolle nimmt die Dachbegrünung ein (HA 09), da sie ihre Wirkung im Dachniveau ausserhalb des «normalen» Aufenthaltsbereichs der Menschen erbringt. Bei Dachgärten mit intensiver Dachbegrünung und einem Bestand von klein- und mittelwüchsigen Sträuchern und Bäumen sowie einer optimalen Wasserversorgung ist eine maximale Abnahme der PET um bis zu $6,6\text{ °C}$ zu erwarten, die für die Menschen spürbar ist.

Über die oben beschriebenen und modellhaft abgebildeten Handlungsansätze hinaus ist als ein weiterer Handlungsansatz auch die mikroklimatisch optimierte Baukörperstellung (HA 01) zu nennen. Deren Wirksamkeit beruht auf der gegenseitigen Beschattung von Baukörpern und ist somit von den örtlichen Gegebenheiten sowie der Höhe und dem Abstand der Gebäude zueinander abhängig. Der zu erwartende Einfluss auf die Aufenthaltsqualität im Freien variiert sowohl im Tagesverlauf als auch im Wechsel der Jahreszeiten.

Nachtsituation

Während sich am Tag die Wirkung von Handlungsansätzen vorwiegend in räumlicher Nähe zu ihrem Umsetzungsort offenbart, «verschwimmen» in den Nachtstunden die Effekte auf die Lufttemperatur. Der Grund dafür ist, dass am Tag die Höhe der tatsächlich empfundenen Temperatur (PET) wesentlich über die Sonneneinstrahlung bestimmt wird, die in der Nacht nicht vorhanden ist. In der Nacht bestimmt im Wesentlichen die Wärmeabgabe der unterschiedlichen Elemente und Oberflächen die auftretenden Lufttemperaturen. Zusätzlich sind die Beträge der Temperaturminderung insgesamt geringer. Je nach örtlichen Gegebenheiten kann ein Einwirken von Kaltluft das Temperaturniveau weiter absenken.

Die maximalen Temperaturveränderungen bewegen sich je nach Handlungsansatz zwischen $-0,2$ und $-1,7$ °C für die Nachtsituation, der Median beträgt bis zu $-0,9$ °C. Die besonders wirksamen Handlungsansätze weisen gegenüber der Ausgangslage einen maximalen Temperaturunterschied von mindestens $-1,1$ °C auf. Demnach können folgende Handlungsansätze als besonders wirksam benannt werden:

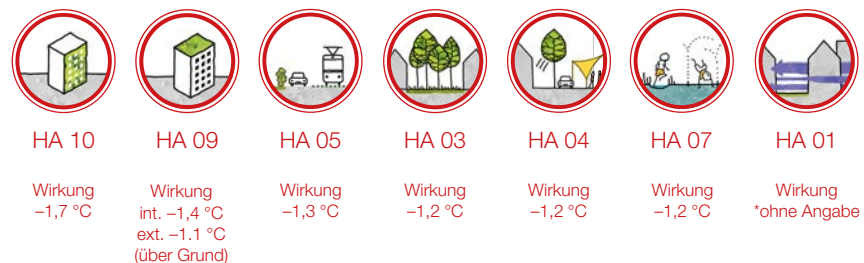


Abb. 228: Besonders wirksame Handlungsansätze für die Nachtsituation

- Fassadenbegrünung (HA 10)
- intensive / extensive Dachbegrünung (HA 09)
- Entsiegelung und Begrünung von Oberflächen (HA 05)
- Begrünung und Beschattung (HA 03, HA 04)
- Wasser in Stadträumen (bewegt und Retention, HA 07)
- Baukörperoptimierung und -stellung (Durchlüftung, HA 01, HA 02)

Die grössten Wirkungen in der Nacht lassen sich an Fassaden- und Dachbegrünungen (HA 10, HA 09) beobachten. Der Maximalwert bei Fassadenbegrünungen beträgt hierbei $-1,7$ °C. Die Begrünung von Dächern kann eine Abnahme von maximal $1,4$ °C (intensiv) oder $1,1$ °C (extensiv) über dem Dach gegenüber dem Ausgangszustand bewirken. Diese Handlungsansätze haben einen Wirkungsbereich von etwa 2 bis 4 m.

Auch die Entsiegelung (HA 05) kann mit bis zu $-1,3\text{ °C}$ dazu beitragen, dass in den Nachtstunden weniger Wärme an die bodennahe Atmosphäre abgegeben wird. Im Gegensatz zur Tagsituation besteht die höchste Wirksamkeit bei der Entsiegelung von Pflasterung oder der Umwandlung von Chaussierung zu Rasen.

Analog zur Tagsituation ist in der Nacht eine ebenso hohe Wirksamkeit bei Handlungsansätzen mit zusätzlichen Baumpflanzungen bis maximal $-1,2\text{ °C}$ festzustellen (HA 03, HA 04). Die grossflächige Realisierung einer Begrünung, auch in Verbindung mit Fassadenbegrünungen, kann bis zum Dachniveau den Effekt der städtischen Wärmeinsel abschwächen.

Zusätzlich trägt der Handlungsansatz HA 07 (Wasser im städtischen Raum etablieren) bis zu einem Wirkungsbereich von 2 bis 4 m in einer ähnlichen Grössenordnung von bis zu $-1,2\text{ °C}$ gegenüber dem Ausgangswert zur Temperaturabsenkung bei.

Neben den Handlungsansätzen HA 03 bis HA 11 kann die Wirkung der übrigen nicht simulierten Handlungsansätze nur qualitativ eingeschätzt werden. Der Handlungsansatz HA 01 (Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren) kann mit der Optimierung der Baukörper dazu beitragen, die Wärmeaufnahme beschatteter Bereiche zu verringern, woraus eine geringere Wärmeabgabe in der Nacht resultiert. Die Wirkung ist analog der Tagsituation von den örtlichen Gegebenheiten wie Höhe und Abstand der Gebäude zueinander abhängig.

Ausserdem kann davon ausgegangen werden, dass die Einwirkung nächtlicher Kaltluft und damit der Handlungsansatz HA 02 (Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten) durch die Optimierung der Baukörperstellung wirksam dazu beiträgt, die bioklimatische Situation zu verbessern. Allerdings steht in den Nachtstunden weniger die Aufenthaltsqualität im Freien im Vordergrund als vielmehr die positive Beeinflussung der Strömung von Kaltluft durch Strassenräume und zwischen Gebäuden, welche die Voraussetzung für eine wirksame Nachtauskühlung in den Gebäuden ist.

Kennwerte Tagsituation

Tab. 14: Wirkung der Handlungsansätze auf die PET 2 m über Grund (Tagsituation, 14 Uhr); Ausnahme: intensive Dachbegrünung / Dachgarten: PET 2 m über Dachniveau; besonders wirksame Handlungsansätze sind rot hervorgehoben.

Handlungsansatz	Median [°C]	Max. [°C]	Wirkbereich [m]
HA 01 Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 02 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 03 Grünflächen klimaökologisch gestalten			
Baum auf Rasen	-4,2	-8,7	7–20
Rasen statt Asphalt	-3,6	-6,6	2–4
Pergola auf Asphalt	-3,7	-6,0	2–3
Wasserfläche statt Rasen	-5,6	-7,6	3–6
Baum auf Asphalt	-2,3	-4,5	7–20
Retentionsraum statt Rasen	-1,0	-1,4	5–18
HA 04 Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten			
Baum auf Rasen	-4,2	-8,7	7–20
Pergola auf Asphalt	-3,7	-6,0	2–3
Baum auf Asphalt	-2,3	-4,5	7–20
HA 05 Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen			
Rasen statt Asphalt	-3,6	-6,6	2–4
Rasen statt Pflasterung / Chaussierung	-3,0	-5,5	2–4
Pflasterung / Chaussierung statt Asphalt	-2,4	-4,1	2–4
Rasengitter statt Asphalt	-2,2	-4,0	2–4
Rasengitter statt Pflasterung / Chaussierung	-1,8	-3,3	2–4
HA 06 Materialien mit hoher Albedo für Strassen- und Platzoberflächen verwenden			
Oberfläche mit hoher Albedo statt Asphalt	-1,5	-2,8	2–4
HA 07 Wasser im städtischen Raum etablieren			
Wasserfläche statt Rasen	-5,6	-7,6	3–6
HA 08 Regenwasser zurückhalten und versickern			
Retentionsraum statt Rasen	-1,0	-1,4	5–18
HA 09 Dächer klimaökologisch begrünen			
extensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-0,8	-1,5	2–4
intensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-1,1	-2,5	2–4
intensive Dachbegrünung (2 m über Dach)	-3,1	-6,6	2–4
HA 10 Fassaden klimaökologisch begrünen			
Fassadenbegrünung	-4,8	-6,6	4–14
HA 11 Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo verwenden			
helle Fassade	-1,0	-1,8	2–3
helles Dach	-1,2	-2,1	2–4
HA 12 Gebäudenahen Aussenraum beschatten			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 13 Energie effizient nutzen			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			

Handlungsansatz	Median [°C]	Max. [°C]	Wirkbereich [m]
HA 01 Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 02 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 03 Grünflächen klimaökologisch gestalten			
Baum auf Rasen	-0,6	-1,2	2-5
Rasen statt Asphalt	-0,4	-0,7	2-4
Pergola auf Asphalt	-0,3	-0,8	2-3
Wasserfläche statt Rasen	-0,3	-1,2	2-4
Baum auf Asphalt	-0,2	-0,5	2-3
Retentionsraum statt Rasen	-0,1	-0,2	5-10
HA 04 Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten			
Baum auf Rasen	-0,6	-1,2	2-6
Pergola auf Asphalt	-0,3	-0,8	2-3
Baum auf Asphalt	-0,2	-0,5	2-6
HA 05 Aufenthalts- und Bewegungsflächen entsiegeln und begrünen			
Rasen statt Asphalt	-0,4	-0,7	2-3
Rasen statt Pflasterung / Chaussierung	-0,9	-1,3	2-3
Pflasterung / Chaussierung statt Asphalt	-0,2	-0,4	2-3
Rasengitter statt Asphalt	-0,2	-0,4	2-3
Rasengitter statt Pflasterung / Chaussierung	-0,0	-0,3	2-3
HA 06 Materialien mit hoher Albedo für Strassen- und Platzoberflächen verwenden			
Oberfläche mit hoher Albedo statt Asphalt	-0,2	-0,5	2-3
HA 07 Wasser im städtischen Raum etablieren			
Wasserfläche statt Rasen	-0,3	-1,2	2-4
HA 08 Regenwasser zurückhalten und versickern			
Retentionsraum statt Rasen	-0,1	-0,2	5-10
HA 09 Dächer klimaökologisch begrünen			
extensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-0,8	-1,1	2-4
intensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-1,2	-1,4	2-4
intensive Dachbegrünung (2 m über Dach)	-0,3	-0,4	2-4
HA 10 Fassaden klimaökologisch begrünen			
Fassadenbegrünung	-1,3	-1,7	2-4
HA 11 Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo verwenden			
helle Fassade	-0,1	-0,2	1-2
helles Dach	-0,1	-0,3	1-2
HA 12 Gebäudenahen Aussenraum beschatten			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			
HA 13 Energie effizient nutzen			
* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)			

Kennwerte Nachtsituation

Tab. 15: Wirkung der Handlungsansätze auf die Lufttemperatur 2 m über Grund (Nachtsituation, 4 Uhr); Ausnahme: intensive Dachbegrünung/Dachgarten: Lufttemperatur 2 m über Dachniveau; besonders wirksame Handlungsansätze sind rot hervorgehoben.

Allgemeine Hinweise und Rahmenbedingungen

Anhand der Ergebnisse der Modellierungsgebiete können nachfolgende Erkenntnisse formuliert und Schlussfolgerungen gezogen sowie allgemeine Hinweise zu den Rahmenbedingungen gegeben werden. Bei der Planung und Anwendung von Handlungsansätzen ist es wichtig, damit verbundene Synergien zu nutzen und mögliche Herausforderungen zu berücksichtigen.

Herausforderung Verdichtung

Die städtebauliche Entwicklung und Verdichtung in Zürich trägt ihrerseits zur weiteren Erwärmung der Siedlungsflächen bei. Zunehmende Gesundheitsbelastungen, die insbesondere durch höhere Tages- und Nachttemperaturen ausgelöst werden, haben Auswirkungen auf die soziale Infrastruktur. Unter Berücksichtigung der stadtklimatischen Situation und durch eine frühzeitige Abstimmung im Planungsprozess kann eine «gezielte» Verdichtung positive Auswirkungen nach sich ziehen. Freiräume sollten beispielsweise zur Kompensation berücksichtigt werden. Ausserdem kann gebäudebedingte Beschattung sowohl angrenzenden Gebäuden als auch den Aussenräumen zugutekommen. Hierbei ist es sinnvoll, den tageszeitlichen Wirkungsverlauf zu berücksichtigen.

Herausforderung Lärm

Eine weitere Herausforderung stellt die Lärmproblematik entlang vielbefahrener Verkehrsachsen in Bezug auf die Kaltluftversorgung des Siedlungsraums dar. Es gilt künftig verstärkt Lösungen zu finden, die sowohl bezüglich der Kaltluftversorgung als auch des Lärmschutzes hohen Anforderungen gerecht werden. Eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens der (Stadt-)Bevölkerung sowie die Etablierung neuer Mobilitätsformen und -konzepte können den Sachverhalt möglicherweise positiv beeinflussen.

Herausforderung Trockenheit

Die Wetterextreme werden zunehmen. Insbesondere Dürreperioden und Trockenheit wirken sich negativ auf den Erhalt und Ausbau bestehender klimaökologischer Grünräume aus. Mehr Grün in der Stadt bedeutet gleichzeitig mehr Wasserbedarf und Unterhalt. Daher sollten bereits im Planungsprozess Bewässerungsmethoden für Zeiten mit extremer Trockenheit berücksichtigt und entwickelt werden.

Herausforderung Unterbauung

Stadtklimatisch stellt die Unterbauung von Freiräumen einen erheblichen und kritischen Faktor dar, da Siedlungsareale häufig vollständig durch Tiefgaragen unterbaut sind. Unterbauungen stören die natürlichen und empfindlichen Austauschprozesse des Wasserhaushalts im Boden, gerade wenn der Grundwasserspiegel hoch ansteht. Wasser kann dabei deutlich schlechter gespeichert werden, mit den entsprechenden Auswirkungen auf die klimatisch relevante Vegetation. Eine dickere Deckschicht führt zwar zunächst zu gewissen Entlastungseffekten und lässt eine reichere Bandbreite an Vegetationselementen zu, in Hitzeperioden vergehen jedoch nur

zwei bis drei Tage, bis sie austrocknen. Wenn Unterbauungen nicht vermieden werden können, sind daher Lösungen ideal, die eine mindestens 100 cm dicke Deckschicht aufweisen. So können kleine Bäume gesetzt werden. Noch besser wäre es, Bereiche freizuhalten oder auszusparen, sodass durchgängiger Bodenkontakt ermöglicht werden kann.

Es ist sinnvoll, je nach örtlichem Erfordernis die Wirkung der Handlungsansätze auf die Nutzungszeit abzustimmen. Während Wiesen und offene Rasenflächen vor allem nachts kühlen, verdunstet und kühlt höhere Vegetation vor allem am Tag. Auch sind Albedoerhöhung und Beschattungselemente umso wirksamer, je intensiver die Sonne scheint. Eine Schule sollte beispielsweise vom Morgen bis in den Nachmittag eine geringe Wärmebelastung aufweisen, ein Büro bis zum Abend und eine Wohnbebauung tagsüber und im besonderen Mass nachts.

Berücksichtigung der tageszeitlichen Nutzung

Die verschiedenen Handlungsansätze stehen in einem gesamtstädtischen Wirkzusammenhang. Sie sollten hierbei aufeinander abgestimmt werden sowie über die Klimaanpassung hinaus einen Nutzen – etwa in Bezug auf Freiraumangebot, Wohnqualität, Durchlüftung oder biologische Vielfalt – erbringen.

Wirkzusammenhang

Anhang



Glossar

A Aerosol Feste oder flüssige, in der Atmosphäre schwebende Partikel. Optisch wirksame Aerosolpartikel nehmen durch Absorptions- und Streuprozesse Einfluss auf unser Klima.

Albedo Rückstrahlvermögen einer Oberfläche (Reflexionsgrad kurzwelliger Strahlung). Verhältnis der reflektierten zur einfallenden Lichtmenge. Die Albedo ist abhängig von der Beschaffenheit der bestrahlten Fläche sowie vom Spektralbereich der eintreffenden Strahlung.

Anthropogene Wärmelast Die von Treibhausgasemissionen losgelöste direkte Erwärmung unserer *Anthroposphäre* durch menschengemachte Verbrennungsprozesse und Energienutzungen, die Abwärme an die Umwelt abgeben oder zu örtlichen Umlagerungen von Wärmebelastungen führen (z. B. vom Gebäudeinnern an den Aussenraum).

Anthroposphäre Teil des Geoökosystems, der durch vielfältige, differenzierte Einflüsse und Eingriffe des Menschen beeinflusst und verändert wird.

Aufenthaltsplätze Grosse, stadträumlich bewusst gesetzte, unbebaute Flächen, die öffentlich genutzt werden und eine repräsentative Funktion einnehmen. Aufenthaltsplätze bieten Orientierung im Stadtgefüge und sollen für öffentliche Nutzungen bereitstehen.

Ausgleichsfunktion (*klimaökologische*) Beschreibt die Fähigkeit eines *Ausgleichsraums* zur klimatischen und lufthygienischen Entlastung eines angrenzenden *Wirkungsraums*.

Ausgleichsraum Grüngestaltete, *bioklimatisch* relativ unbelastete Freifläche, die an einen *Wirkungsraum* angrenzt oder mit diesem über *Kaltluftleitbahnen*

oder Strukturen mit geringer Rauigkeit verbunden ist. Durch die Bildung kühlerer Luft trägt dieser über funktionsfähige Austauschbeziehungen zur Verminderung oder zum Abbau der Belastungen im *Wirkungsraum* bei. Aufgrund seiner günstigen klimatischen und lufthygienischen Eigenschaften bietet er eine besondere Aufenthaltsqualität für Menschen.

Austauscharme Wetterlage *Autochthone Wetterlage*

Autochthone Wetterlage Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt und nur in geringem Masse durch die Luftmasse geprägt, sodass sich lokale Klimata wie das Stadtklima oder lokale Windsysteme wie Berg- und Talwinde am stärksten ausprägen können.

Autochthones Windfeld Strömungen, deren Antrieb im Betrachtungsgebiet selbst liegen und die nicht durch grossräumige Luftdruckgegensätze beeinflusst werden, z. B. *Kaltluftabflüsse* und *Flurwinde*, die sich als eigenbürtige, landwirtschaftsgesteuerte Luftaustauschprozesse während einer windschwachen, sommerlichen *autochthonen Wetterlage* ausbilden.

B Binnenwind Kleinräumiges Strömungsphänomen, das sich zwischen strukturellen Elementen einer Stadt ausbildet (z. B. zwischen einer innerstädtischen *Grünfläche* und der Bebauung entlang einer angrenzenden Strasse).

Biodiversität Beschreibt die Vielfalt der Ökosysteme, die Mannigfaltigkeit der Arten sowie die genetische Variabilität innerhalb einer Art.

Bioklima Beschreibt sämtliche direkten und indirekten Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima (= atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf lebende Organismen in den verschiedenen Landschaftsteilen, insbesondere auf den Menschen (Humanbioklima). Die Beurteilung des Bioklimas in Bewertungskarten wird in der deutschen *VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1* beschrieben.

Blockrandbebauung Bezeichnet im Städtebau eine geschlossen gebaute Struktur bestehend aus mehreren Wohngebäuden, die sich um einen gemeinsamen Innenhof gruppieren und aussenseitig von Strassen umgeben sind.

Bodeninversion Windschwache Wittersituation mit geringem vertikalem Luftaustausch, bei der bodennahe *Kaltluft* von wärmeren Luftmassen überdeckt wird. Im Sommer tritt sie häufig während der Nachtstunden auf, im Winter kann eine Inversion hingegen auch ganztagig auftreten.

Bodenversiegelung Bedeckung der Bodenoberfläche mit luft- und wasserundurchlässigen Materialien, hauptsächlich bei der Erstellung von Strassen, Wegen, Gebäuden und unterirdischen Bauten. Die natürliche Bodenfunktion wird zerstört und die Versickerung von Regenwasser unterbunden.

C Chaussierung Wassergebundene, sickerfähige Deckschicht, bestehend aus Splitt und Kies. Chaussierungen stellen eine Alternative zu versiegelten Belägen dar und bestehen aus einer

Fundationsschicht, einer bindigen Ausgleichsschicht sowie einer Deckschicht. Sie finden insbesondere auf Geh- und Radwegen, auf Parkierungsflächen sowie in Parkanlagen Anwendung und ermöglichen u. a. die *bioklimatische* Entlastung durch *Verdunstungskühle* sowie die Grundwasserneubildung.

D Dachbegrünung, extensiv Einfache Dachbegrünung auf einer dünnen Vegetationstragschicht von 80 bis 200 mm, normalerweise ohne Bewässerung, die eine anspruchslose, sich selbst regenerierende, pflegearme Vegetation aus Moosen, Sukkulenten, Kräutern und Gräsern ermöglicht.

Dachbegrünung, intensiv Nach gestalterischen Zielvorstellungen angelegte, aufwendige Dachbegrünung mit dickem Aufbau der Vegetationstragschicht von 200 bis über 500 mm, die entsprechend der grösseren Wasserrückhaltung einen anspruchsvollen Bewuchs mit Kräutern, Gräsern, Sträuchern und Kleinbäumen ermöglicht und auf kontinuierliche Pflegemaßnahmen inkl. Bewässerung angewiesen ist.

E Einwirkungsbereich *Kaltlufteinwirkungsbereich*

Entlastungsräume Geografischer Raum, welcher der Vermeidung akustischer, klimatischer, lufthygienischer oder anderweitiger Belastungen dient.

Entwärmung Vorgang, bei dem einem System oder Objekt thermische Energie entzogen wird und der gemeinhin auch als Kühlung bezeichnet wird.

Evapotranspiration Evapotranspiration beschreibt als Wortkreuzung von Evapo-

ration und Transpiration die gesamte Wasserabgabe einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche an die Atmosphäre und ist u. a. im Hinblick auf die *klimaökologische* Gestaltung von *Grünflächen* relevant (*Verdunstungskühle*).

Exposition Die Lage eines Hanges oder eines Gebiets in Bezug auf die Himmelsrichtung beziehungsweise die Einfallrichtung der mittäglichen Sonnenstrahlen.

F FITNAH 3D (=Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources) ermöglicht als dreidimensionales, nichthydrostatisches Modell eine detaillierte Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der verschiedenen meteorologischen Parameter wie Wind und Temperatur. FITNAH wurde als das «Deutsche Regionale Klimamodell» ausgewählt und übertrifft die in der deutschen *VDI-Richtlinie* 3783 festgelegten Anforderungen. Es liefert auch die Möglichkeit, Bewertungsmaßstäbe, für die ansonsten eigene Modellanwendungen notwendig wären, zu berechnen (z. B. *PET*).

Flächenkulisse Abgegrenztes Gebiet, das aus einzelnen Teilgebieten besteht, die in geografischer, naturschutzfachlicher und sozialer Hinsicht homogen sind.

Flurwind Thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in Richtung der Überwärmungsbereiche (meist Innenstadt oder Stadtteilzentrum).

Freecooling Systeme zur *Entwärmung* von Gebäuden, die nur einen geringfügigen

Energieaufwand erfordern und somit zur Vermeidung *anthropogener Wärmelast* beitragen. Als Kältequellen kommen unter anderem kühle Aussenluft sowie Grund-, See- und Flusswasser in Betracht.

G Gebäudetypologie Katalog von Modellgebäuden, die bestimmte gebäudetypische Strukturen und Baualtersklassen eines bestimmten Gebäudebestands repräsentieren. Die Gebäudetypologie wird neben der Beurteilung *klimaökologischer* Eigenschaften u. a. auch zur Einschätzung des Energiesparpotenzials sowie des Sanierungsbedarfs bestimmter Gebäudetypen verwendet.

Grünfläche Als Grünfläche werden in dieser Arbeit unabhängig ihrer jeweiligen Nutzung diejenigen Flächen bezeichnet, die sich durch einen geringen Versiegelungsgrad von maximal rund 25 % auszeichnen. Neben Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfen und Sportanlagen umfasst dieser Begriff damit auch landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Wälder.

Grünraum Ein mehrheitlich unversiegelter Freiraum, der von Bewuchs und von Elementen wie Bäumen und Gehölzen geprägt ist, aber auch durch die unmittelbare Umgebung eine räumliche Struktur erhält. Dazu zählen Parkanlagen, landwirtschaftliche Nutzflächen und der Wald.

H Hangabwind *Kaltluftabflüsse*, die im Gegensatz zu *Talabwinden* einen vorwiegend massigen *Kaltluftvolumenstrom* aufweisen, der flächenhaft in der Breite hangabwärts strömt.

Hitzeperiode Auch «Hitzewelle» genannt. Eine mehrere Tage andauernde Periode, die von einer überdurchschnittlich hohen *thermischen Grundbelastung* geprägt ist.

Hitzeperioden gelten als Extremereignisse mit potenziell schädlicher Wirkung auf die menschliche Gesundheit, das Ökosystem sowie die Infrastruktur.

Hitzestress Durch Hitze bedingte Belastung des menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Organismus mit negativem Einfluss auf den Stoffwechsel, insbesondere auf den Wasserhaushalt (Gefahr der Austrocknung). Bei Menschen und Tieren ist zudem das Herz-Kreislaufsystem betroffen. Hitzestress stellt vor allem für Risikogruppen wie ältere Menschen oder Kinder eine ernste gesundheitliche Gefahr dar und vermindert allgemein die Leistungsfähigkeit.

Hitzetag Auch als «heisser Tag» bezeichnet, früher «Tropentag» genannt, beschreibt einen Tag, bei dem die maximale Lufttemperatur 30 °C oder mehr beträgt.

Hotspot Gebiet, das aufgrund der Lage und des Stadtstrukturtyps einer hohen *Wärmebelastung* ausgesetzt ist und eine hohe Bevölkerungsdichte und/oder *sensible Nutzungen* aufweist.

K **Kaltluft** Luftmasse, die im Vergleich zu ihrer Umgebung oder zur Obergrenze der entsprechenden *Bodeninversion* eine geringere Temperatur aufweist und sich als Ergebnis des nächtlichen Abkühlungsprozesses der bodennahen Atmosphäre ergibt. Der ausstrahlungsbedingte Abkühlungsprozess bodennaher Luft ist umso stärker, je geringer die Wärmekapazität des Untergrundes ist, und daher über Wiesen, Acker- und Brachflächen entsprechend am höchsten. Konkrete Festlegungen der Mindesttemperaturdifferenz zwischen Kaltluft und Umgebung oder etwa die Mindestgrösse des *Kaltluftvolumens*, die das Phänomen quantitativ charakterisieren, liegen bisher nicht vor (VDI 2003).

Kaltluftabfluss Flächenhaft über unbauten Hangbereichen auftretende nächtliche Abflüsse örtlich gebildeter *Kaltluft*. Aufgrund der vergleichsweise höheren Dichte von *Kaltluft* setzt diese sich, dem Gefälle folgend, hangabwärts in Bewegung. Der Abfluss erfolgt schubweise. Er setzt bereits vor Sonnenuntergang ein und kann die ganze Nacht andauern.

Kaltlufteinwirkungsbereich Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb des bebauten Siedlungsraums. Der Kaltlufteinwirkungsbereich innerhalb der Siedlungsflächen wird über die Intensität des *Kaltluftstroms* charakterisiert. Eine statistische Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass dieser – bezogen auf die 25-m-Auflösung der Klimasimulation – mindestens 425 m³/s aufweisen sollte (mässige Intensität).

Kaltluftentstehungsgebiete *Grünflächen* mit einem überdurchschnittlichen *Kaltluftvolumenstrom*, die *Kaltluftleitbahnen* speisen (*Flurwinde* zeigen in Richtung der *Kaltluftleitbahnen*) oder über diese hinaus bis in das Siedlungsgebiet reichen.

Kaltluftleitbahnen Kaltluftleitbahnen verbinden *Kaltluftentstehungsgebiete* (*Ausgleichsräume*) und Belastungsbereiche (*Wirkungsräume*) miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustauschs. Sie beinhalten thermisch induzierte Ausgleichströmungen sowie reliefbedingte *Kaltluftabflüsse*.

Kaltluftvolumenstrom Vereinfacht ausgedrückt das Produkt der Fließgeschwindigkeit der *Kaltluft*, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts einer 25-m-Rasterzelle (Durchflussbreite). Der Kaltluftvolumenstrom beschreibt somit diejenige Menge an *Kaltluft* in der Einheit m³, die in jeder

Sekunde beispielsweise durch den Querschnitt eines Hangs oder einer *Kaltluftleitbahn* fliesst. Anders als das *Strömungsfeld* berücksichtigt der Kaltluftvolumenstrom somit auch Fließbewegungen oberhalb der bodennahen Schicht.

Kelvin (K) SI-Basiseinheit der thermodynamischen Temperatur, die zur Angabe von Temperaturdifferenzen verwendet wird. Der Wert kann in der Praxis als Abweichung in Grad Celsius (°C) interpretiert werden.

Klimamodell ASMUS_green Bei der Wirkungsanalyse (u. a. für die *Modellierungsgebiete*) werden mit einem dreidimensionalen Klimamodell kleinere Gebiete («mikroskalig») detailliert untersucht. Das hierfür eingesetzte Klimamodell «ASMUS_green» (Ausbreitungs- und Strömungsmodell für Urbane Strukturen und Begrünung) ist ein numerisches Modell zur Simulation der dreidimensionalen Wind- und Temperaturverteilung sowie der thermischen Behaglichkeit (*thermischer Komfort*) innerhalb von Städten. Es gehört zu einer neueren Modellgeneration und verbindet die Betrachtung der Strömung im Bereich von Gebäuden und Bäumen mit der Berechnung der Energiebilanz begrünter und unbegrünter Oberflächen. ASMUS_green wurde gemäss den Anforderungen der *VDI-Richtlinie 3783/9* an mikroskalige prognostische Windfeldmodelle validiert und mit den Ergebnissen der Klimaanalyse Zürich abgeglichen.

Klimanormalperiode Der von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) auf 30 Jahre festgelegte Zeitraum der Klimabeobachtung. Die gegenwärtige (Stand 2019) Referenzzeitspanne ist die Periode 1961 bis 1990, sie wird nach 2020 durch die Periode 1991 bis 2020 ersetzt.

Klimaökologie Erforscht im Schnittbereich der Klimatologie und der Geoökologie die Funktionsbeziehungen zwischen den Klimaelementen (Lufttemperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit usw.) und dem Landschaftsökosystem. Untersuchungsgegenstand ist einerseits die Auswirkung des Klimas auf Lebensgemeinschaften eines Ökosystems. Andererseits wird erforscht, wie Boden und Relief sowie der Vegetationsbewuchs das Geländeklima und das Stadtklima beeinflussen.

Klimapolitik Politische Strategien und Massnahmen zur Vermeidung der globalen Erwärmung und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Klimawandelszenarien Die räumlich hochaufgelöste Analyse des Zürcher Stadtklimawandels erfolgt auf Basis des Methodenpakets ENVELOPE. Das Paket koppelt das verwendete mesoskalige Stadtklimamodell *FITNAH-3D* mit den aktuellsten Ergebnissen regionaler Klimamodell-Ensemble-Rechnungen und erlaubt auf diese Weise die numerische Simulation stadtklimatisch relevanter Parameter. Ein entscheidender Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit, die Ergebnisse der Regionalmodelle mit einer räumlichen Auflösung von 12,5 km auf die Eingangsdaten der *FITNAH*-Simulation mit einer Auflösung von 25 m x 25 m «aufprägen» zu können (Downscaling).

Kommunaler Richtplan Behördenverbindliches Instrument der Raumplanung auf Gemeindeebene zur langfristigen Entwicklung der Gesamtstruktur der Natur-, Landwirtschafts-, Siedlungs- und Erholungsräume sowie des Verkehrs. Der kommunale Richtplan setzt dort an, wo die Themen der übergeordneten regionalen Richtplanung konkretisiert und ergänzt werden sollen.

Körnigkeit Die Körnigkeit beschreibt Typologie, Bauweise und städtebauliche Struktur einer Siedlung und die damit verbundenen Eigenschaften von Dimension (Breite, Tiefe, Höhe, Masse) und Dichte und steht damit in unmittelbarem Zusammenhang mit Porosität.

Kulturlandschaft Vom Menschen bewirtschaftete und gestaltete Landschaft mit verschiedenen Nutzfunktionen.

Lufthygiene Beschreibt die Gesamtheit von Massnahmen (Überwachung der Luftqualität und Bekämpfung der Luftverschmutzung), durch die die Lufteigenschaften so verändert bzw. erhalten werden, dass Krankheiten und Gesundheitsschäden möglichst verhütet werden.

Mikroklima Durchschnittliche atmosphärische Bedingungen in einem kleinräumigen Massstabsbereich mit einer horizontalen Ausdehnung von wenigen Millimetern bis einigen hundert Metern. Das Mikroklima beschreibt das spezifische Klima eines Areals, das sich in bodennahen Luftschichten ausbildet und stark durch die Oberflächenstruktur des Geländes und dessen thermische Eigenschaften beeinflusst wird.

Modellierungsgebiete Prototypen von Stadt- und Freiraumstrukturen, die auf konkreten lokalen Gegebenheiten beruhen und zur Simulation der Wirkungen und Reichweiten der verschiedenen Handlungsfelder und -ansätze beigezogen werden.

Multifunktionaler Freiraum Freiraum, der von verschiedenen Gruppen gleichzeitig unterschiedlich genutzt werden kann.

Naturnahe Pflege Der Zürcher Stadtrat hat 1995 Grundsätze zur naturnahen Pflege verordnet. Diese verpflichten die öffentliche Verwaltung zur Bewirtschaftung von *Grünflächen* gemäss den natürlichen Kreisläufen, zur Einsparung von Hilfsstoffen und Energie sowie zur Aufwertung von Lebensräumen. Das Ziel der Verordnung ist es, ein ökologisches Optimum unter Berücksichtigung der Nutzungsansprüche, die an verschiedene *Grün-* und Freiflächen gestellt werden, zu erreichen.

Nutzungsplan Regelt auf kantonaler und kommunaler Ebene grundeigentümergebündlich die Art der Bodennutzung, wobei ein Gebiet in Bauzonen, Freihaltezonen, Erholungszonen, Landwirtschaftszonen, Schutzzonen und Reservezonen unterteilt wird.

Ökologische Vernetzung Miteinander in Kontakt stehende Lebensräume, die den Austausch von Individuen ermöglichen. Dieser Kontakt muss nicht zwingend durch ein unmittelbares Nebeneinander gewährleistet sein. Je nach Mobilität der Organismen hat die ökologische Vernetzung unterschiedliche Qualitäten.

Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) Die PET stellt eine Kenngrösse für die Bewertung des *Bio-klimas* am Tag dar und berücksichtigt Parameter wie Lufttemperatur und -feuchte, Windgeschwindigkeit und die Strahlungsflüsse der Umgebung. Über Wärmehaushaltsmodelle kann der Wärmeaustausch einer «Norm-Person» mit ihrer Umgebung berechnet und die *Wärmebelastung* eines Menschen abgeschätzt werden. Gegenüber vergleichbaren Indizes birgt dieser den Vorteil, aufgrund der °C-Einheit auch von Nichtfachleuten besser nachvollzogen

werden zu können. Darüber hinaus hat sich die PET in der Fachwelt zu einer Art «Quasi-Standard» entwickelt, der es erlaubt, die Ergebnisse aus den Vertiefungsgebieten mit denen anderer Städte zu vergleichen. Die PET bezieht sich auf aussenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur. Sie wird zudem über die Lufttemperatur, Windverhältnisse und Luftfeuchte beeinflusst. Mit Blick auf die *Wärmebelastung* ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tag sinnvoll einsetzbar. Die wichtigsten Einflussfaktoren der PET stellen die direkte und diffuse Sonnenstrahlung (z. B. bei Bewölkung) sowie die von Oberflächen (z. B. Gebäude) reflektierte Strahlung dar. Abbildung 229 zeigt beispielhaft die verschiedenen Energieflüsse, die auf den menschlichen Körper einwirken.

Porosität Durchlässigkeit einer Bebauung gegenüber nächtlicher *Kaltluft*. Eine hohe Porosität weist offene Randstrukturen oder Abstandsflächen zwischen Baukörpern auf und erlaubt je nach lokalen Gegebenheiten ein tiefes Einwirken von *Kaltluftabflüssen* oder *Flurwinden*. Die damit einhergehende Abkühlung ist klimatisch positiv zu sehen.

R Retention Eigenschaft eines Untergrunds, Wasser aufzunehmen und (vorübergehend) zurückzuhalten. Retention hemmt oder verzögert bei hohen Niederschlagsmengen den Abfluss und ist somit für den Hochwasserschutz von grosser Bedeutung. Darüber hinaus können Retentionsflächen durch Verdunstung eine klimaausgleichende Wirkung erzielen und sich positiv auf die biologische Vielfalt aus.

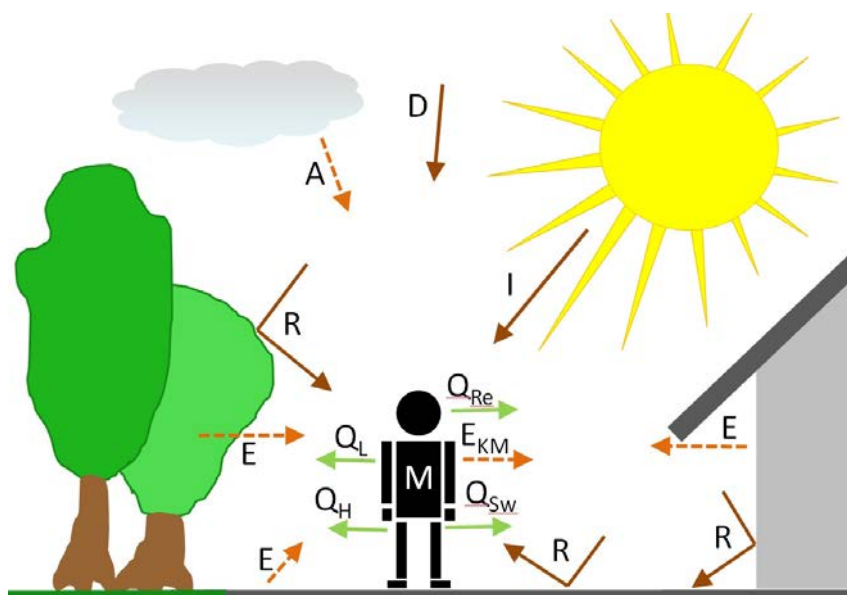


Abb. 229: «Klima-Michel-Modell» mit Komponenten der Strahlungsbilanz

M metabolische Rate (Energieumsatz des Menschen)
D diffuse Sonnenstrahlung
I direkte Sonnenstrahlung
R reflektierte Sonnenstrahlung
A atmosphärische Gegenstrahlung
E langwellige Emission der Umgebungsoberfläche
Q_H turbulenter Fluss von fühlbarer Wärme
Q_{Sw} turbulenter Fluss von latenter Wärme
Q_L Fluss latenter Wärme durch Wasserdampfdiffusion
Q_{Re} Wärmefluss durch Atmung
E_{KM} Infrarotstrahlung von der Oberfläche des Menschen

S Sensible Nutzung Eine dauerhafte Nutzung durch besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen wie z. B. Ältere, Kinder oder kranke Personen. Sensible Nutzungen umfassen u. a. Einrichtungen wie Spitäler, Schulen, Alters- und Pflegezentren und sind im Hinblick auf die Priorisierung von Handlungsansätzen zur Hitzeminderung von Bedeutung.

Sommerlicher Wärmeschutz Massnahmen zur Verhinderung der Überhitzung von Gebäuden und geschlossenen Räumen bei warmem, sonnigem Wetter, die gleichzeitig den Energieverbrauch möglichst gering halten: z. B. Jalousien, Markisen, Fensterläden, Auskragungen oder Verschattungen durch Bäume sowie benachbarte Gebäude.

Städtische Wärmeinsel (Urban Heat Island) Städte weisen im Vergleich zum weitgehend natürlichen, unbebauten Umland aufgrund anthropogener Einflüsse (u. a. hoher Versiegelungs- und geringer Vegetationsgrad, Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalt) ein modifiziertes Klima auf, das im Sommer zu höheren Temperaturen und *bioklimatischen* Belastungen führt. Das Phänomen der Überwärmung entfaltet vor allem nachts seine Wirkung und wird als städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Strahlungswetterlage *Autochthone Wetterlage*

Strömungsfeld Für den Analysezeitpunkt 4 Uhr morgens simulierte flächendeckende Angabe zur Geschwindigkeit und Richtung der *Flurwinde* sowie *Kaltluftabflüsse* und *Kaltluftleitbahnen* 2 m über Grund während einer *autochthonen Wetterlage*.

T Talabwind Nächtlicher *Kaltluftabfluss*, der sich an Leitbahnen ori-

entiert, die von Tal- und Niederungsbereichen bestimmt sind, aber auch grössere Freiräume und Verkehrsflächen umfasst.

Thermische Grundbelastung *Wärmebelastung*, die von der grossräumigen Wettersituation bestimmt wird. Die verschiedenen Stadtstrukturen können sich je nach Eigenschaften verstärkend (z. B. bei hoher *Versiegelung* oder dichter Bebauung) oder abschwächend (hoher Grünanteil) auf die lokale *Wärmebelastung* auswirken.

Thermischer Komfort auch «thermische Behaglichkeit» genannt. Beschreibt das menschliche Wohlbefinden in Abhängigkeit von einer Vielzahl physikalischer und physiologischer Einflussfaktoren wie z. B. der Lufttemperatur und -bewegung, der relativen Luftfeuchte, der Strahlungstemperatur der Umschliessungsflächen und der individuellen Konstitution.

Toolbox Instrumente- oder Werkzeugkasten. In der vorliegenden Fachplanung bieten Handlungsfelder und Handlungsansätze eine Fülle an Instrumenten zur Hitzeminderung, die der Einfachheit halber in ihrer Summe als Toolbox bezeichnet werden.

Tropennacht Nacht, in der das Minimum der Lufttemperatur zwischen 18 und 6 Uhr UTC mehr als 20 °C beträgt und die somit eine hohe *Wärmebelastung* aufweist.

VDI-Richtlinie Diese Richtlinien formulieren Empfehlungen und Regeln im Bereich der Ingenieurwissenschaften und bilden den derzeitigen Stand der Technik ab. Sie werden vom Verein Deutscher Ingenieure in ehrenamtlicher Arbeit von Experten aus den jeweiligen Bereichen erarbeitet.

Verdunstungskühle Die zur Verdunstung benötigte Wärmeenergie wird dem Wasser und der umgebenden Luft entzogen und führt folglich zu Abkühlung / *Entwärmung*.

Verkehrsplätze Aufweitungen an viel befahrenen Kreuzungen mit mehreren kleinen Aufenthaltsflächen, die von der Bevölkerung kurzzeitig genutzt werden (z. B. Bushaltestellen).

Vulnerabilität Beschreibt die Anfälligkeit von Bezugsräumen und -gruppen gegenüber Veränderungen der Umwelt. Der Vulnerabilitätsbegriff in der Fachplanung Hitzeminderung setzt sich aus der Expositionsanalyse (*bioklimatische Belastung*), demografischen Parametern, *sensiblen Nutzungen*, der Erreichbarkeit von *Entlastungsräumen* und weiteren relevanten Daten wie z. B. der Bevölkerungsprognose und des vorliegenden Sanierungsbedarfs zusammen. Die Vulnerabilitätsanalyse dient zur Identifikation sogenannter *Hotspots*.

Wärmebelastung Subjektive Beeinträchtigung des menschlichen Wohlbefindens infolge Überschreitung der thermischen Belastungsgrenze. Wärmebelastung liegt vor, wenn die physiologische Thermoregulation des Menschen infolge hoher Umgebungstemperaturen und ausbleibender Winde nicht mehr ausreicht (*Thermische Grundbelastung*, *PET*).

Wirkungsraum Bebaute oder zur Bebauung vorgesehene Räume (Siedlungs- und Gewerbeflächen), in dem eine *bioklimatische* oder lufthygienische Belastung auftreten kann.

25%-Quantil Statistisches Mass, das die Verteilung einer Datenmenge über oder unter einem bestimmten Schwellenwert

definiert und zur Bewertung der Massnahmenwirkung verwendet wird. Vereinfacht ausgedrückt, teilt das 25%-Quantil das für die *Modellierungsgebiete* festgestellte Änderungssignal so, dass 25 % der Werte kleiner sind als der genannte Wert und 75 % grösser als dieser. Der Vorteil des Quantils ist in seiner Robustheit gegenüber Werteausreissern zu sehen.

Mehr zum Thema

A Alleenkonzept. Gartenbauamt Stadt Zürich (Hrsg.) 1989.

Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich. Gutachten im Auftrag des Kantons Zürich. GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2018.

Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2012.

Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2014.

Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Bedeutung der Strategie des Bundesrates für die Kantone. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2015.

Anpassung an den Klimawandel. Pilotprogramm Phase II. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2019.

Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe. Stadt Karlsruhe (Hrsg.) 2008.

Arbeitshilfe «Versickerung in Stadträumen». Energie + Recycling Zürich, Zürich. ERZ (Hrsg.) 2015.

B Baubewilligung. Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich, Gesundheits- und Umweltschutzdepartement, Zürich. UGZ 2015.

Brunnen und Quellen in Zürich. Wasserversorgung Zürich, Zürich. WVZ (Hrsg.) 2015.

D Dachbegrünung. Grün Stadt Zürich, Zürich. GSZ 2006.

Dachbegrünung – Leitfaden zur Planung. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie (Hrsg.) 2018.

Dachbegrünungsrichtlinien 2018 – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) 2018.

E Energieeffizient Bauen & Sanieren. Umwelt und Gesundheitsschutz Zürich, Zürich. UGZ 2019.

Energetische Massnahmen. Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich, Zürich. UGZ 2017.

F Fassadenbegrünungsrichtlinien 2018 – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (Hrsg.) 2018.

Förderprogramm Biodiversität – «Mehr als Grün». Grün Stadt Zürich.

G Gebäude Begrünung Energie – Potenziale und Wechselwirkungen. Technische Universität Darmstadt (Hrsg.), Darmstadt. TUD 2013.

H Handbuch Bauwerksbegrünung. Köhler M. (Hrsg.) 2012.

Hitze in Städten. Grundlagen für eine klimagerechte Stadtentwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2018.

Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2019.

I Impulse für eine klimaangepasste Schweiz. Erkenntnisse aus 31 Pilotprojekten zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2017.

K Klimaanalyse. Klimaanalysekarten, Planhinweiskarten, Szenarienkarten. Kanton Zürich Baudirektion. BDZH 2018.

Klimapolitik. Gesundheit- und Umweltschutzdepartement Zürich, Zürich. UGZ 2019

Klimawandel im Kanton Zürich. Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel. Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Luft, Zürich. AWEL (Hrsg.) 2018.

Konzept Bäume in der Stadt. Grün Stadt Zürich, in Erarbeitung. Stand Nov. 2019. Vgl. Veröffentlichung 2020, Zürich. GSZ.

Kriterien zur Beurteilung und Abgrenzung von Anpassungsmassnahmen. Ergebnisbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2018.

L Landwirtschaft in Zürich. Grün Stadt Zürich, Zürich. GSZ 2019.

Leitfaden Fassadenbegrünung. Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen, Wien. 2013.

Leitfaden zur zielorientierten Planung von Massnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Konzepte für urbane

Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme (Kuras). 2017.

M Masterplan Umwelt (2017–2020). Umwelt und Gesundheitsschutz Stadt Zürich, Zürich. UGZ 2017.

Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE). Konferenz Kantonalen Energiedirektoren 2014.

N Norm SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden. SIA Ausgabe 06-2017.

P Pavement Materials for Heat Island Mitigation. Design and Management Strategies. Butterworth-Heinemann, Amsterdam. Hui Li (2015).

Pilotprojekte zur Anpassung an den Klimawandel: Cluster «Klimaangepasste Stadt- und Siedlungsentwicklung». Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU 2017.

S Stadtbäche. Entdecken Sie Zürichs grüne Oasen. Energie + Recycling Zürich, Zürich. ERZ (Hrsg.) 2013.

Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (Hrsg.) 2012.

Stadtentwicklungsplan Klima. KONKRET – Klimaanpassung in der wachsenden Stadt. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) 2016.

Stadtgrün 2021. Neue Bäume braucht das Land! Bayerisches Staatsministerium

für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (LWG) (Hrsg.) 2019.

Stadträume 2010. Strategie für die Gestaltung von Zürichs öffentlichem Raum. Stadt Zürich (Hrsg.) 2006.

Stadtverkehr 2025. Bericht 2017, Zürich. Stadt Zürich (Hrsg.) 2018.

Stadtwald. Grün Stadt Zürich, Zürich. GSZ 2019.

Stiftung «Natur&Wirtschaft». <https://www.naturundwirtschaft.ch/>

Strassenbaumliste. Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) 2019.

Strengthening blue-green infrastructure in our cities. Ramboll (Hrsg.) 2016.

Sumpfpflanzendächer. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Hrsg.). UFZ 2019

U Umsetzungsagenda 2020–2023 zur Fachplanung Hitzeminderung. Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich, Zürich. UGZ 2019.

Urbane Räume nachhaltig gestalten. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) 2017.

Urban Green & Climate Bern. Die Rolle und Bewirtschaftung von Bäumen in einer klimaangepassten Stadtentwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2017.

V Vertikalbegrünung. Grün Stadt Zürich, Zürich. GSZ 2018.

W Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung. Handlungsstrategien und Massnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter. Universität Stuttgart (Hrsg.) 2016.

Wohn- und Arbeitsumfeld. Grün Stadt Zürich, Zürich. GSZ 2019.

Bildnachweis

Bilder Stadt Zürich mit Ausnahme von:

1 Einführung, Ziele, Aufbau

Seite 19 Schemaskizze Teilplan Hitzeminderung, berchtoldkrass space&options

Seite 19 Schemaskizze Teilplan Entlastungssystem, berchtoldkrass space&options

Seite 19 Schemaskizze Teilplan Kaltluftsystem, berchtoldkrass space&options

Seite 21 Methodischer Aufbau der Fachplanung Hitzeminderung Zürich, berchtoldkrass space&options

2 Hitze in Zürich

Seite 24 Tagsituation – Wärmeinseleffekt, berchtoldkrass space&options

Seite 24 Nachtsituation – Wärmeinseleffekt, berchtoldkrass space&options

Seite 27 Temperaturfeld zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 28 Bodennahe Windgeschwindigkeit, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 29 Kaltluftvolumenstrom für eine hochsommerliche Wetterlage, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 31 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET), GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 32 Räumliche Verteilung von Hitzetagen, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 33 Räumliche Verteilung von Tropennächten, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 36 Die sechs Siedlungsstrukturen des kommunalen Richtplans, Geografisches Informationssystem des Kantons Zürich (GIS-ZH)

Seite 38 Die elf übergeordneten Freiraumkategorien, Geografisches Informationssystem des Kantons Zürich (GIS-ZH)

Seite 39 Freiraumkategorien Gesamtstadt, berchtoldkrass space&options

Seite 40 Vorgehensweise der Vulnerabilitätsanalyse, berchtoldkrass space&options

Seite 41 Bioklimatische Belastung tagsüber, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 41 Bioklimatische Belastung nachts, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 43 Vulnerabilität und Hotspots Gegenwart, berchtoldkrass space&options

Seite 44 Vulnerabilität und Überlagerung der Hotspots, berchtoldkrass space&options

Seite 45 Vulnerabilität und Hotspots Prognose 2030, berchtoldkrass space&options

3 Die Fachplanung in drei Teilplänen

Seite 55 Ausschnitt aus dem Teilplan Hitzeminderung, berchtoldkrass space&options

Seite 57 Teilplan Hitzeminderung, berchtoldkrass space&options

Seite 59 Ausschnitt aus dem Teilplan Entlastungssystem, berchtoldkrass space&options

Seite 61 Teilplan Entlastungssystem, berchtoldkrass space&options

Seite 63 Ausschnitt aus dem Teilplan Kaltluftsystem, berchtoldkrass space&options

Seite 64 Prinzip Talabwindsystem, berchtoldkrass space&options

Seite 65 Prinzip Hangabwindsystem, berchtoldkrass space&options

Seite 67 Teilplan Kaltluftsystem, berchtoldkrass space&options

4 Handlungsfelder

Seite 71 Die Verknüpfung von Handlungsfeldern und lokalen Handlungsansätzen, berchtoldkrass space&options

Seite 73 Bodennahes Kaltluftströmungsfeld, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 73 Kaltluftvolumenstrom, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 73 Diagramm Kaltluftvolumenstrom, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 81 Schanzengraben, Ingrid Berney

Seite 83 Erholungsraum Limmat,
berchtoldkrass space&options
auf Grundlage von AWEL

Seite 85 Bei Randbebauungen,
berchtoldkrass space&options

Seite 85 Bei der Nachverdichtung
an Hanglagen, berchtold-
krass space&options

Seite 91 Rot bezeichnet sind
Gebiete, die gemäss Klimanalyse ein
belastetes Lokalklima aufweisen,
Martin Baumgartner / PLANAR
AG für Raumentwicklung

Seite 93 Ziel ist die Wissensvermittlung,
berchtoldkrass space&options

5 Handlungsansätze

Seite 97 Dreizehn Handlungsan-
sätze gegen Wärmebelastung,
berchtoldkrass space&options

Seite 99 Beschattung durch Gebäude,
berchtoldkrass space&options

Seite 101 Wohnsiedlung Schwa-
mendinger Dreieck (Visualisierung),
Nightnurse Images Zürich

Seite 101 Windfenster im Haupt-
bahnhof von Freiburg im Breisgau,
GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 103 Grünflächen im Siedlungs-
raum, berchtoldkrass space&options

Seite 105 Parc du Vallon des
Aygaldes, François Leclercq /
Agency Leclercq Associés

Seite 105 Umgestalteter Tåsinge
Plads, City of Copenhagen

Seite 105 Retentionsbecken am
Tåsinge Plads, City of Copenhagen

Seite 107 Leistungsbilanz einer
Buche, Stiftung Die Grüne Stadt

Seite 109 «Canopy action plan»
Montréal, Vernon Sullivan / Pixabay

Seite 113 Klimafliesen, THIRD
NATURE Climate Tile

Seite 113 Luftbild Parkplatzober-
flächen, Moriyama Laboratory
Department of Architecture and
Civil Engineering, Kobe University, aus
Baumüller J. und Ahmadi Y., 2016

Seite 113 Thermalbild Parkplatz-
oberflächen, Moriyama Laboratory
Department of Architecture and
Civil Engineering, Kobe University, aus
Baumüller J. und Ahmadi Y., 2016

Seite 115 Albedowert Asphalt, (RF) Pixabay

Seite 115 Albedowert Beton, (RF) Pixabay

Seite 115 Albedowert heller
Kies, (RF) Pixabay

Seite 115 Materialien mit hoher Albedo,
berchtoldkrass space&options

Seite 115 Los Angeles – Strassen-
belag mit heller Einfärbung, Los
Angeles Bureau of Street Services

Seite 117 Kühlwirkung von Wasserflä-
chen, berchtoldkrass space&options

Seite 119 Für eine optimale Kühl-
leistung benötigen Pflanzen Wasser,
berchtoldkrass space&options

Seite 119 Renaturierter Flusslauf
Bishan Park, Ramboll Studio Dreiseitl

Seite 119 Möglichkeit, um Regen-
wasser zum Giessen zu sammeln,
Jerzy Górecki / Pixabay

Seite 121 Dachgarten im Toni-Areal,
Fotografie Architektur Roland Bernath

Seite 121 Dachbegrünungen
machen aus vollversiegelten Dächern
Flächen mit Verdunstungsleistung,
berchtoldkrass space&options

Seite 123 Visualisierung Überlandpark,
Bundesamt für Strassen ASTRA,
Bild: Raumgleiter GmbH Zürich

Seite 123 Dakpark in Rotterdam,
Stijn Brakkee photography

Seite 123 Vision der Hamburger Innen-
stadt, BUE, TH Treibhaus Landschafts-
architektur, Luftbild Matthias Friedel

Seite 124 Temperatur an einer begrünten
Fassade, berchtoldkrass space&options

Seite 127 Fassadengebundene
Begrünung am Garden Tower,
Fotograf Michael Blaser, Architekt
Buchner Bründler Architekten

Seite 129 Albedowert Schiefer,
Igor Ovsyannykov / Pixabay

Seite 129 Albedowert Dachziegel,
Karsten Paulick / Pixabay

Seite 129 Albedowert Naturstein,
Engin Aykurt / Pixabay

Seite 129 Albedowert weisse
Fassade, (RF) Pixabay

Seite 129 Albedos unterschiedlicher Fassaden- und Dachoberflächen, berchtoldkrass space&options

Seite 131 Balkone verschatten Fenster, berchtoldkrass space&options, Bild: Philipp Krass

Seite 131 Balkonmarkisen an einem Mehrfamilienhaus, Schenker Storen

Seite 131 Sonnenschutz durch Dachauskragungen, Bild: Theodor Stalder

Seite 133 Räumlichkeiten des AZ Wolfswinkel, Niedermann Sigg Schwendener Architekten AG

Seite 133 Eissporthalle im Sportzentrum Heuried, Bild: Theodor Stalder

Seite 133 Serverraum im Rechenzentrum, Bild: Georg Aerni

6 Wirkungsanalyse

Seite 137 Lage der elf Modellierungsgebiete in den Hotspots, berchtoldkrass space&options

Seite 138 GIS-modellierter Ist-Zustand, berchtoldkrass space&options

Seite 138 GIS-modellierte klimaaoptimierte Situation, berchtoldkrass space&options

Seite 139 Tagsituation - PET um 14 Uhr mittags, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 139 Nachtsituation - Lufttemperatur um 4 Uhr morgens, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 140 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, berchtoldkrass space&options

Seite 141 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, berchtoldkrass space&options

Seite 142 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 142 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 143 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 143 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 144 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, berchtoldkrass space&options

Seite 145 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, berchtoldkrass space&options

Seite 146 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 146 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 147 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 147 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 148 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 149 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 150 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 150 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 151 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 151 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 03 Geschlossene Randbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 152 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 153 Klimaaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 154 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 154 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 155 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 155 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 156 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, berchtoldkrass space&options

Seite 157 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, berchtoldkrass space&options

Seite 158 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 158 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 159 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 159 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 05 Wohnsiedlung mittlerer Dichte, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 160 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 161 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, berchtoldkrass space&options

Seite 162 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 162 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 163 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 163 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 06 Zeilenbebauung, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 164 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, berchtoldkrass space&options

Seite 165 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, berchtoldkrass space&options

Seite 166 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 166 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 167 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 167 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 07 Heterogener Geschosswohnungsbau, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 168 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, berchtoldkrass space&options

Seite 169 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, berchtoldkrass space&options

Seite 170 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 170 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 171 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 171 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 08 Schulareal, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 172 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, berchtoldkrass space&options

Seite 173 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, berchtoldkrass space&options

Seite 174 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 174 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 175 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 175 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 09 Platzraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 176 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, berchtoldkrass space&options

Seite 177 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, berchtoldkrass space&options

Seite 178 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 178 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 179 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 179 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 10 Freiraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 180 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, berchtoldkrass space&options

Seite 181 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, berchtoldkrass space&options

Seite 182 Ist-Zustand, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 182 Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 183 Differenz Tagsituation: PET 14 Uhr, 2 m über Grund, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 183 Differenz Nachtsituation: Lufttemperatur 4 Uhr, Modellierungsgebiet 11 Strassenraum, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 185 Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung – das geplante Wohngebäude zeigt einen positiven klimatischen Effekt im Hofinneren durch die Eigenverschattung des Gebäudes, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 185 Modellierungsgebiet 02 Gewerbe / Industrie – Tagsituation: PET um 14 Uhr 2 m über Dachniveau, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 186 Modellierungsgebiet 01 Büro / Verwaltung – Eine optimale Wirkung für sonnenexponierten Süd- und Westfassaden zeigt die Kombination aus Fassadenbegrünung und zusätzlicher Beschattung durch direkt davorstehenden Bäumen, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 186 Modellierungsgebiet 11 Strassenraum – begrünte Tramtrassees bewirken eine Hitzeminderung im Strassenraum; mit einer Baumallee wird der positive Effekt verstärkt, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 187 Modellierungsgebiet 01 Büro/Verwaltung – Umschwung des gezeigten Gebäudes ist vollversiegelt; Pergolen an der Südseite des Baukörpers spenden Schatten und können so zu einer beachtlichen Temperatursenkung beitragen, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Seite 188 Besonders wirksame Handlungsansätze für die Tagsituation, berchtoldkrass space&options

Seite 190 Besonders wirksame Handlungsansätze für die Nachtsituation, berchtoldkrass space&options

7 Anhang

Seite 202 «Klima-Michel-Modell» mit Komponenten der Strahlungsbilanz, GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Grundlagen

A Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich. Gutachten im Auftrag des Kantons Zürich. GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2018.

B Bachkonzept. Entsorgung + Recycling Stadt Zürich, Zürich. ERZ 1988.

Bauordnung der Stadt Zürich. Bau- und Zonenordnung (BZO). 1991. AS 700.100. Stadt Zürich.

Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene. VDI (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie.

E Energieplanung. Departement der Industriellen Betriebe Stadt Zürich, Zürich. DIB 2016.

G Gesetz über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht. Planungs- und Baugesetz (PBG). 1975. LS 700.1. Kanton Zürich 1975.

Grün- und Freiflächengestaltung im Siedlungsgebiet des Kantons Zürich. Gestaltungsanregungen unter den Aspekten Klimawandel und Biodiversität. Kanton Zürich Baudirektion, Zürich. BDZH (Hrsg.) 2018.

K Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. Bundesamt für Umwelt, Bern. BAFU (Hrsg.) 2017.

Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. VDI (2015): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie.

Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich, NCCS (Hrsg.) 2018: CH2018.

Kommunaler Richtplan Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen (SLöBA). Öffentliche Auflage, 10.2019. Stadt Zürich, Zürich. 2019.

Kommunaler Richtplan Verkehr. Öffentliche Auflage, 11.2019. Stadt Zürich, Zürich. 2019.

M Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima. VDI (2008b): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie.

Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. VDI (2008a): VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1. Umweltmeteorologie.

R Räumliche Entwicklungsstrategie Stadt Zürich. Amt für Städtebau Stadt Zürich, Zürich. AfS 2009.

Raumplanungsverordnung (RPV). 2000. SR 700.1. Bund.

Regionaler Richtplan. Amt für Städtebau Stadt Zürich, Zürich. AfS 2017.

S Stadtklimarelevante Luftströmungen im Münchner Stadtgebiet – Forschungsvorhaben Stadtluft, Abschlussbericht. Mayer H. und Matzarakis A. Lehrstuhl für Bioklimatologie u. Meteorologie Univ. München. S. 96. 1992.

W Wind environment around buildings. Aerodynamic concepts, Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. Gandemer J. Cambridge University Press London, S. 423-432. 1975

Wohnbevölkerung nach Altersklassen, Stadtkreis und Stadtquartier, für 2015 (Gegenwartsbetrachtung) sowie 2030 (Prognose). Statistik Stadt Zürich 2016, Datenstand 17.03.2016.

2000-Watt-Gesellschaft. Gesundheits- und Umweltsdepartement Stadt Zürich, Zürich. GUD 2008.

7-Meilen Schritte. Amt für Hochbauten Stadt Zürich, Zürich. AHB 2008

Abkürzungsverzeichnis und Sonderzeichen

Abb.	Abbildung	PV	Photovoltaik
AfS	Amt für Städtebau	RPG	Raumplanungsgesetz
AHB	Amt für Hochbauten	RPV	Raumplanungsverordnung
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich		
AZ	Alterszentrum	SI	Système international d'unités (internationales Einheitssystem für physikalische Grössen)
BAFU	Bundesamt für Umwelt Schweiz	SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
BDZG	Baudirektion Kanton Zürich	SLöBA	Kommunaler Richtplan Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen
BZO	Bau- und Zonenordnung		
bzw.	beziehungsweise	SST	Stadtstrukturtyp
ca.	circa	STRB	Stadtratsbeschluss
cm	Zentimeter	Tab.	Tabelle
CO ₂	Kohlenstoffdioxid	TAZ	Tiefbauamt Zürich
DIB	Departement der industriellen Betriebe Stadt Zürich	TU	Technische Universität
EnDK	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren	TUD	Technische Universität Darmstadt
ERZ	Entsorgung und Recycling	T _{max}	maximale Temperatur
ggf.	gegebenenfalls	T _{min}	minimale Temperatur
GALK	Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz	ü.	über
GIS-ZH	Geografisches Informationssystem des Kantons Zürich	u. a.	unter anderem
GR	Gemeinderat	UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
GSZ	Grün Stadt Zürich	UGZ	Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich
GUD	Gesundheits- und Umweltdepartement	UV	Ultraviolettstrahlung
ha	Hektar	VBZ	Verkehrsbetriebe Zürich
HA	Handlungsansatz	VDI	Verein Deutscher Ingenieure
HF	Handlungsfeld	vgl.	vergleiche
HBA	Hochbauamt Kanton Zürich	WMO	Weltorganisation für Meteorologie
IMMO	Immobilien Stadt Zürich	WVZ	Wasserversorgung Zürich
inkl.	inklusive	z. B.	zum Beispiel
Kap.	Kapitel		
Kfz	Kraftfahrzeug		
km	Kilometer	°C	Grad Celsius
KLAZ	Klimaanalyse der Stadt Zürich	°K	Grad Kelvin
LSZ	Liegenschaften Stadt Zürich	+	Plus
LWG	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	–	Minus
Mio.	Millionen	%	Prozent
MG	Modellierungsgebiet	Ø	Durchschnitt
M	Massstab	>	grösser
m	Meter	≥	grösser oder gleich
m ²	Quadratmeter	<	kleiner
m ³	Kubikmeter	≤	kleiner oder gleich
m/s	Meter pro Sekunde		
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich		
NCCS	National Centre for Climate Services		
Nr.	Nummer		
OIZ	Organisation und Informatik der Stadt Zürich		
PBG	Planungs- und Baugesetz		
PET	Physiologisch Äquivalente Temperatur		

