



Freiburg[®]
IM BREISGAU



KLIMAANPASSUNGSKONZEPT

Ein Entwicklungskonzept für das Handlungsfeld „Hitze“

IMPRESSUM

Herausgeberin:



Stadt Freiburg i. Br., Stadtplanungsamt
Ansprechpartnerin: Silke Schlegelmilch

Telefon: (0761) 201 - 4101
Fehrenbachallee 12
79106 Freiburg
stadtplanungsamt@stadt.freiburg.de
www.freiburg.de

Hier sind Bericht und Kartenwerk zum
Download verfügbar:
www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept

Konzeption:

berchtoldkrass space&options

Raumplaner, Stadtplaner. Partnerschaft

Dr.-Ing. Martin Berchtold
Dipl.-Ing. Philipp Krass
Dipl.-Ing. Poliksen Qorri Dragaj
M.Sc. Isabel Garcia Espino
M.Sc. Ananda-Michael Berger

Schützenstraße 8a
D - 76137 Karlsruhe
mail@berchtoldkrass.de
www.berchtoldkrass.de



Dipl.-Geogr. Peter Trute
M.Sc. Melanie Schneider

Große Pfahlstraße 5a
D - 30161 Hannover
info@geo-net.de
www.geo-net.de

Hinweise zu Abbildungen, Fotografien
und Karten:

Es wurde bewusst auf die Quellenan-
gaben in den Bildunterschriften ver-
zichtet. Diese sind in dem Abbildungs-
verzeichnis aufgelistet, S. 202.

Stand: März 2019
Stand Datengrundlage: 2016

Inhalt

Vorwort	
Gebrauchsanleitung zum Klimaanpassungskonzept	8
1. Freiburg im Klimawandel	10
1.1 Hitzebelastung	12
1.2 Ziele und Vorgehensweise	13
1.3 Das Klimaanpassungskonzept als Planungswerkzeug	14
2. Modellbasierte Klimaanalyse	16
2.1 Städtische Wärmeinsel	18
2.2 Stadtklimamodell FITNAH	19
2.3 Stadtklimatische Situation in Freiburg	20
2.4 Das zukünftige Stadtklima im Klimawandel	25
3. Vulnerabilität in Freiburg	28
3.1 Vulnerabilitätsanalyse	30
3.2 Synthese/Hot Spots	33
4. Freiburger Hot Spots	34
4.1 Detaillierte Untersuchung der Hot-Spot-Gebiete	36
4.2 Steckbriefe	41
1 Hot Spot „Altstadt“	42
2 Hot Spot „Betzenhausen“	44
3 Hot Spot „Brühl“	46
4 Hot Spot „Gewerbegebiet Haid-Ost/Krummacker“	48
5 Hot Spot „Gewerbegebiet Haid“	50
6 Hot Spot „Haslach-Schildacker“	52
7 Hot Spot „Industriegebiet Nord“	54
8 Hot Spot „Mittel-/Oberwiehre und Oberau“	56
9 Hot Spot „Mooswald Ost“	58
10 Hot Spot „Rieselfeld“	60
11 Hot Spot „Stühlinger/Haslach-Egerten“	62
12 Hot Spot „Unterwiehre Nord“	64
13 Hot Spot „Unterwiehre Süd“	66
14 Hot Spot „Weingarten/Haslach-Egerten“	68
5. Maßnahmen zur Hitzeminderung	70
5.1 Strategische Leitsätze	73
S 1.1 Optimale Luftzirkulation ermöglichen	74
S 1.2 Freiräume sichern und klimaoptimiert entwickeln	76
S 2.1 Innenentwicklungs- und Nachverdichtungsansätze	78
S 2.2 Bei Außenentwicklungen negative Klimawirkungen vermeiden	80
S 3.1 Anthropogene Wärmeimmissionen aus fließendem Verkehr reduzieren	82
S 3.2 Den ruhenden Verkehr klimagerecht gestalten	84
S 3.3 Langsamverkehr und Hitzeentlastung kombinieren	86
S 4.1 Wassersensible Stadtentwicklung als Grundsatz zur Hitzeentlastung	88
S 4.2 Stadtentwässerung und Stadtklima strategisch zusammendenken	90
5.2 Konkrete lokale Maßnahmen	93
K 1 Luftleitbahnen schützen und schaffen	94
K 2 Öffentliche und private Freiflächen erhalten und anlegen	96

K 3 Vernetzung und Zugänglichkeit von Wald- und Grünflächen verbessern	98
K 4 Verschattung im öffentlichen Raum erhöhen	100
K 5 Mikroklimatische Vielfalt in öffentlichen Grünflächen erhöhen	102
K 6 Auswahl geeigneter Baumaterialien und Anstriche	104
K 7 Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte optimieren	106
K 8 Öffnung zu Freiräumen optimieren	108
K 9 Rückbau und Entdichtung umsetzen	110
K 10 Innen- und Hinterhöfe begrünen	112
K 11 Oberflächen entsiegeln	114
K 12 Bei Neuplanungen Versiegelungsgrad gering halten	116
G 1 Dachbegrünung	118
G 2 Fassadenbegrünung	120
G 3 Gebäudeverschattung	122
G 4 Sommerlicher Wärmeschutz an Gebäuden	124
G 5 Technische Gebäudekühlung	126
G 6 Energetische Gebäudesanierung	128
G 7 Anpassung des Raumnutzungskonzepts	130
K 13 Flächensparende Mobilitätsinfrastruktur mit geringer Versiegelung	132
K 14 Grünanteil in Verkehrsräumen erhöhen (inkl. Grüngleise Tram)	134
K 15 Fuß- und Radwegenetze durchgängig verschatten	136
K 16 Haltestellen und Wartebereiche begrünen und beschatten	138
K 17 Parkplätze begrünen und verschatten	140
K 18 Unterbauung von Grünflächen klimagerecht gestalten	142
K 19 Anlage von bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum	144
K 20 Entwässerungskonzepte implementieren	146
K 21 Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen implementieren	148
5.3 Hinweise zur Umsetzung	150
5.4 Maßnahmenpakete für Stadtstrukturtypen (SST) anhand Fokusgebiete	152
SST 03 „Zeilenbebauung“	154
SST 05 „Offener Blockrand“	156
SST 06 „Geschlossener Blockrand“	158
SST 07 „Kernstadtbereich/Altstadt“	160
SST 08 „Heterogener Geschosswohnungsbau“	162
SST 09 „Großwohnsiedlung“ und SST 10 „Wohnhochhaus“	164
SST 11 „Großstrukturen“	166
SST 12 „Gewerbe/Industrie“	168
SST 13 „Schulareale“	170
SST ÖR „Öffentlicher Raum“	172
5.5 Wirkungsanalyse am Beispiel Stühlinger	174
6. Das Planwerk zum Klimaanpassungskonzept	178
6.1 Der Maßnahmenplan als integrierter Gesamtplan	180
6.2 Die Teilpläne Stadtstruktur und Entlastungssystem	196
Literaturverzeichnis	200
Abbildungsverzeichnis	202
Legenden	204

Vorwort

Der Klimawandel ist kein Phänomen der fernen Zukunft, sondern bereits heute spürbare Realität. Wie eine aktuelle repräsentative Umfrage der Universität Hamburg zeigt, nehmen zwei Drittel der Befragten den Klimawandel für sich persönlich als wichtiges oder sehr wichtiges Problem wahr. Auch die Bereitschaft, selbst etwas tun zu wollen, steigt. Beinahe jeder Zweite gibt die Absicht an, in Zukunft mit seinem persönlichen Verhalten das Klima schonen zu wollen.

Das steigende Problembewusstsein und die wachsende Handlungsbereitschaft sind auch darin begründet, dass die Folgen des Klimawandels vor Ort erlebt werden. Als Teil des Oberrheingraben gehört die Stadt Freiburg zu einer der wärmsten Regionen Deutschlands. Die stärkeren Hitzeperioden im Hochsommer belasten die Menschen in der Stadt zunehmend.

Wie kann die Stadt Freiburg mit der steigenden Hitzebelastung umgehen? Wie kann die Stadt- und Freiraumstruktur einer wachsenden Stadt so gestaltet werden, dass sie die hohe Lebensqualität langfristig bewahrt?

Mit dem Klimaanpassungskonzept liegt für die Stadtentwicklung Freiburgs erstmals ein umfassendes gesamtstädtisches Konzept zum Umgang mit der zunehmenden Hitzebelastung als Folge des Klimawandels vor, das systematisch das gesamte Spektrum von der Klimaanalyse bis zum daraus abgeleiteten Konzept mit einem differenzierten Katalog aus übergeordneten Strategien und konkreten lokalen Maßnahmen umfasst. In enger Zusammenarbeit von Stadtklimatologen und Stadtplanern der beteiligten Büros und des Stadtplanungsamts in kontinuierlicher Abstimmung mit einem Projektteam der fachlich beteiligten Ämter ist dabei ein „Freiburger Werk“ entstanden.

Das Konzept folgt dabei dem Prinzip des Perspektivplans, die Siedlungs- und Freiraumentwicklung gemeinsam zu denken: Wie kann eine bauliche Dichte erreicht werden ohne die Hitzebelastung weiter zu verstärken? Wie können Grün- und Freiräume gestaltet werden, so dass sie tagsüber den Menschen Erholung

und nachts Kühlung bieten? Was kann Wasser im öffentlichen Raum dazu beitragen? Und in welchen Räumen der Stadt ist eine klimaoptimierte Qualifizierung der baulichen und freiräumlichen Struktur am vordringlichsten?

Die Stadt kann dort wirken, wo sie über eigene Flächen verfügt oder im Rahmen von bauleitplanerischen Verfahren Vorgaben machen kann. Hier hat die Stadt eine wichtige Steuerungsfunktion und kann Vorbild sein. Sie kann die Planaussagen des Konzepts in Verfahren der Stadtentwicklung in die Stadtplanung übersetzen. Selbstverständlich immer nur in der Abwägung mit anderen wichtigen Belangen.

Für den Erfolg der Umsetzung bedarf es jedoch des engagierten Einsatzes vieler Akteure. Denn auf privaten Flächen im Gebäudebestand hat die Stadtverwaltung keine Handhabe. Hier sind die Flächen- und Gebäudeeigentümer gefragt. Nur gemeinsam kann Schritt für Schritt das Konzept lebendig und für Bevölkerung, Arbeitende und auch die vielen Besucher sicht- und vor allem spürbar werden.

Das Klimaanpassungskonzept darf und kann dabei jedoch kein starr und stur zu verfolgender Plan sein: Es muss im Sinne eines „atmenden Plans“ auch anpassungsfähig sein an lokal auftretende veränderte Rahmenbedingungen ohne jedoch seine Grundaussage zu verlieren. Eine solche Haltung und Herangehensweise machen das Konzept stark und wirkungsvoll und lassen eine lebenswerte Zukunft Freiburgs erwarten.



Roland Jerusalem
Leiter des Stadtplanungsamts

Januar 2019

Gebrauchsanleitung zum Klimaanpassungskonzept

Dieser Bericht umfasst das Klimaanpassungskonzept für Freiburg im Breisgau mit seinen ineinandergreifenden Komponenten. Er wendet sich an die Fachleute der verschiedenen städtischen Dienststellen, jedoch auch an alle interessierten Bürgerinnen und Bürger der Stadt. Diese Doppelseite soll einen Überblick verschaffen, den Einstieg erleichtern und Orientierung bieten. Der Bericht zusammen mit dem Planwerk sind zum Download verfügbar unter: www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept.

EXPOSITIONSANALYSE

heute

2050



Leitkriterium



Kapitel 1 und 2

SENSITIVITÄTSANALYSE - Überlagerung der Kriterien

Demografie

sensible Nutzungen

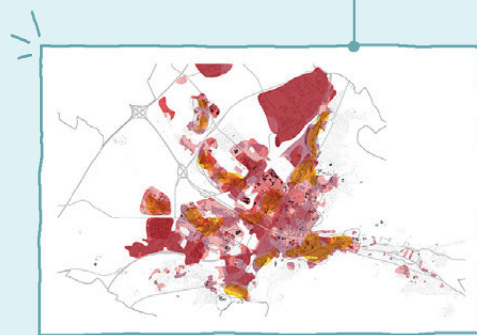
Entlastungsflächen



Kapitel 3

Kapitel 1 führt in das Thema der Hitzebelastung ein und zeigt, welche Veränderungen und Herausforderungen auf Freiburg zukommen (Abschnitt 1.1). Anschließend wird erläutert, mit welchem Ansatz und welcher Methode das Klimaanpassungskonzept erarbeitet wurde (1.2). Wie und von wem das Konzept als Werkzeug für die räumliche Planung in Freiburg eingesetzt werden kann, beschreibt Abschnitt 1.3.

Kapitel 2 stellt dar, wie aus globalen Klimaszenarien und lokalen Grundlagendaten ein Modell entsteht, mit dem sich Klimaanalysen und Prognoserechnungen durchführen lassen, und wie Bewertungen und Handlungshinweise daraus abgeleitet werden.



Die klimatische Belastungssituation am Tag und in der Nacht wird in **Kapitel 3** mit anderen Kriterien, wie zum Beispiel Bevölkerungsdichte oder Freiflächenversorgung, überlagert, um die Bereiche stärkster Betroffenheit (sog. „Hot Spots“) zu identifizieren.

In **Kapitel 4** werden diese Hot Spots detailliert vorgestellt und aus Perspektive der Klimaanpassung analysiert. Für jeden betroffenen Freiburger Stadtstrukturtyp wird dabei ein „Fokusgebiet“ ermittelt, das Hitze-problematik und Handlungsmöglichkeiten besonders gut verdeutlichen kann.



Kapitel 5 stellt den Freiburger Katalog der Maßnahmen zur Hitzeminderung vor, der strategische übergeordnete Leitsätze (5.1) und konkrete lokale Maßnahmen für Quartier, Nachbarschaft und Gebäude (5.2) umfasst. Möglichkeiten der Umsetzung werden in Abschnitt 5.3 aufgezeigt. Für jeden betroffenen Stadtstrukturtyp wird ein geeignetes Maßnahmenportfolio zusammengestellt und exemplarisch umgesetzt (5.4). Wie die Anpassungsmaßnahmen das Stadtklima verbessern, zeigt schließlich eine Wirkungsanalyse (5.5).

HOT SPOTS



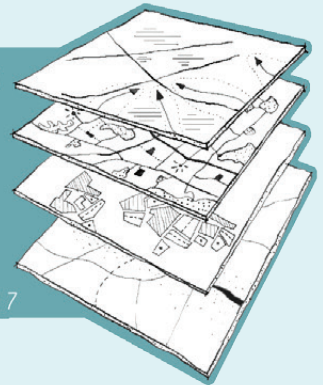
Kapitel 4

MASSNAHMENKATALOG & FOKUSGEBIETE

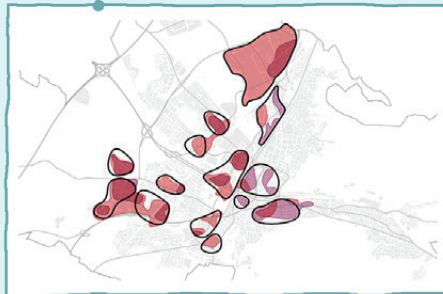


Kapitel 5

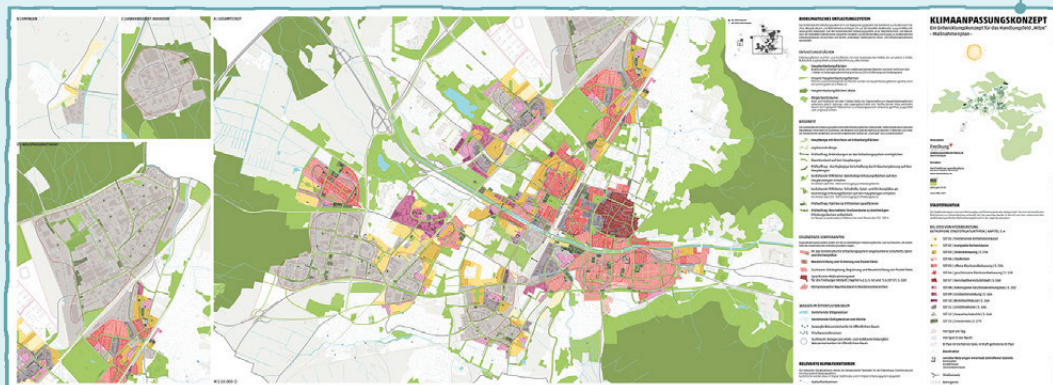
PLANWERK



Kapitel 6 und 7



In **Kapitel 6** wird das gesamtstädtische Planwerk zum Klimaanpassungskonzept vorgestellt. Dabei werden zunächst Aufbau und Legende der Pläne erläutert (6.1). Anschließend werden der Hauptplan (6.2) und seine zwei Teilpläne beschrieben (6.3 und 6.4).



1.

Freiburg im Wandel

Der Klimawandel zieht verschiedene klimatische Veränderungen nach sich, die den Lebensraum Erde beeinflussen. So löst beispielsweise Starkregen Hochwasser und Überflutungen aus. Trockenperioden bedingen Dürre und eine erhöhte Brandgefahr. Stürme mit hohen Windgeschwindigkeiten verursachen Personen- und Sachschäden.

Der stetige Anstieg der Lufttemperatur führt zu einer nachweislichen Überhitzung der urbanen Lebensräume und zieht erhebliche Belastungen für Mensch und Natur nach sich.

Der Klimawandel ist folglich nicht ein rein naturwissenschaftliches Phänomen, sondern wird zu einer immensen globalen wie lokalen Herausforderung, die damit konkret den städtischen Alltag verändern wird.

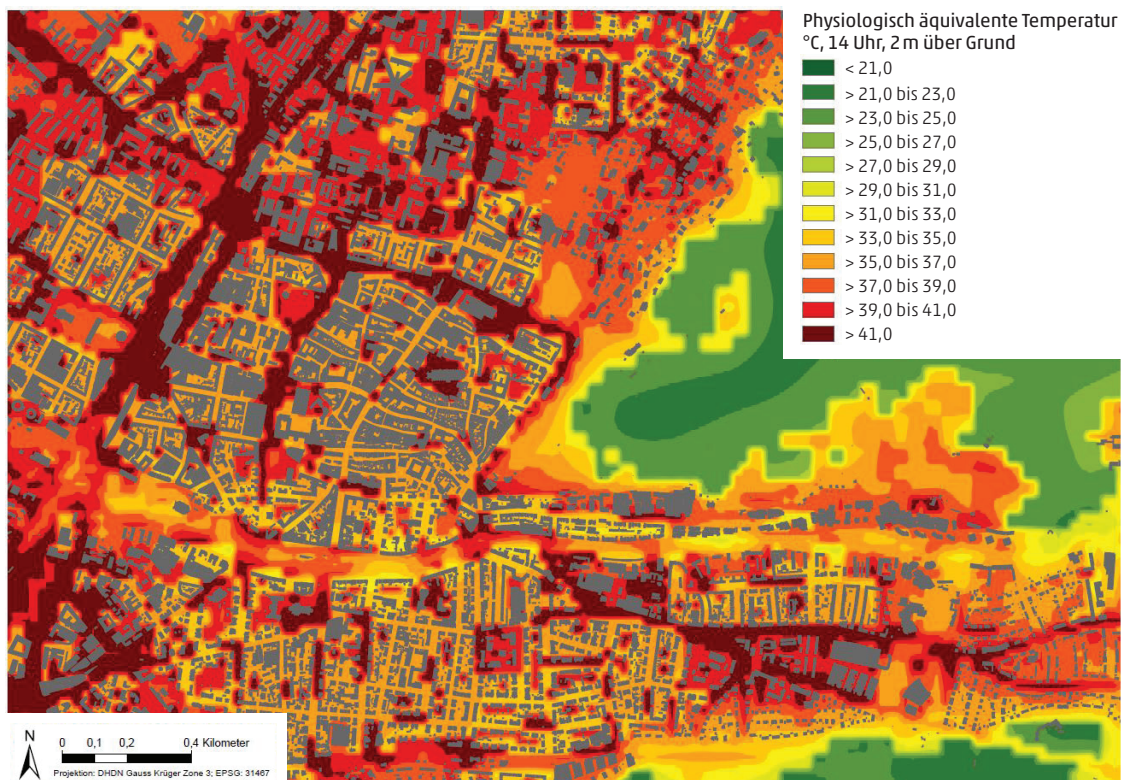
Gleichzeitig verstärkt sich der Trend zu der Re-Urbanisierung: Menschen ziehen wieder in die Städte und werden dies zukünftig noch stärker tun. Es kommt zu städtischem Wachstum, zu Verdichtung, Begehrlichkeiten und Zunahme von Belastungen. Auch städtische Frei- und Grünräume stehen damit unter steigendem Nutzungsdruck oder werden verdrängt. In der Regel geht es um langfristige Veränderungen, die nur schwer umkehrbar sind.

Die aktuellen Entwicklungen und Veränderungen erfordern es zu überprüfen, wie in urbanen Räumen gelebt und wie eine Stadt geplant und gestaltet wird. Um auf Herausforderungen reagieren oder bereits im Vorfeld langfristig klug und präventiv agieren zu können, sind neue Denkweisen und konkrete Anpassungen in dem städtischen Gefüge notwendig.

Nicht alle Länder und Städte sind von den klimatischen Veränderungen gleichermaßen betroffen. Als ein Teil des Oberrheingrabs gehört Freiburg im Breisgau jedoch zu der wärmsten Region Deutschlands. Die zunehmend stärkeren Hitzeperioden beeinträchtigen die Stadt bereits heute immer öfter spürbar. In Freiburg besteht besondere Betroffenheit, die entsprechende Handlungsbedarfe auslöst. Demnach soll das Klimaanpassungskonzept helfen, die Stadt Freiburg klimaangepasst zu gestalten.



Freiburg heute, mit dessen
Stadtkörper und den innen
liegenden sowie umgeben-
den Freiräumen



Modellierte Physiologische Äquivalente Temperatur (PET) um 14 Uhr im Bereich der Freiburger Altstadt

1.1 Hitzebelastung

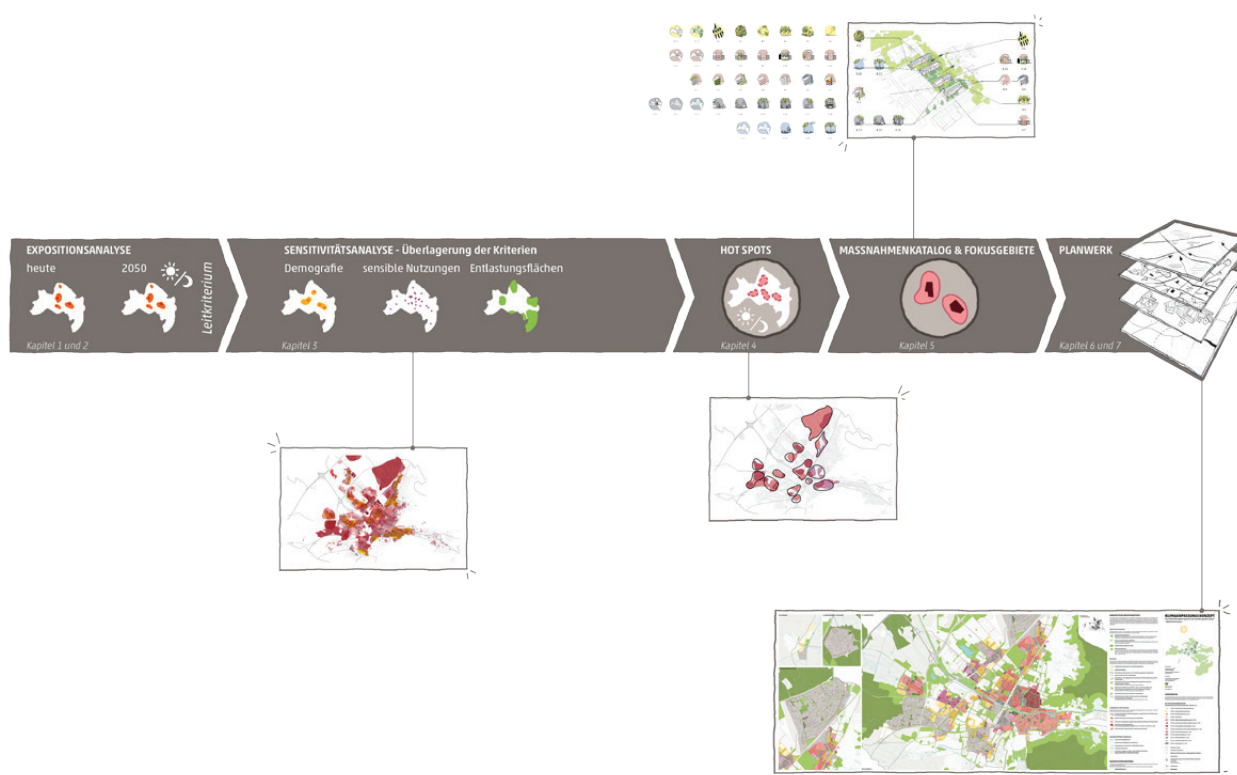
Das lokale Klima in Städten unterscheidet sich von dem des Umlandes deutlich. Vor allem im Sommer zeichnen sich urban geprägte Strukturen als „Wärmeinseln“ ab (Schönwiese 2008). Bebaute und versiegelte Flächen speichern die Hitze des Tages bis in die Nacht hinein und geben sie dann wieder an die darüber lagernde Luft ab. Zudem wird in Städten durch die Aktivitäten der Bewohnerinnen und Bewohner zusätzlich Wärme erzeugt - durch Gewerbe und Industrie sowie den Verkehr. Daher liegt die mittlere Lufttemperatur der Innenstädte - über das Jahr gesehen - um ein bis drei Grad Celsius über den Werten im Umland oder großen innerstädtischen Grünflächen.

Während windschwacher Sommernächte mit wolkenlosem Himmel kann dieser Unterschied sogar mehr als 10 °C betragen. In diesem Zusammenhang spricht man von dem „Stadtklima“. Die Stadt als Wärmeinsel ist in Mitteleuropa besonders in den Sommernächten nachweisbar. Solche heißen Nächte, in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C fällt, werden auch Tropennächte genannt. Hohe nächtliche Temperaturen können beispielsweise in den dicht bebauten, hoch versiegelten Innenstadtbereichen oder größeren Gewerbeflächen auftreten.

Für die Tagsituation können beispielsweise Hitzetage (Tage, an denen das Tagesmaximum der Temperatur 30 °C erreicht oder übersteigt) oder PET-Überschreitungstage mit Werten >35 °C als Indikator für die Intensität der thermischen Belastung herangezogen werden. Die

PET (physiologisch äquivalente Temperatur) ist ein humanbioklimatischer Index für die Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zu der Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird (Jendritzky 2009). Sie eignet sich besonders für die Bewertung der Hitzebelastung auf den Menschen, da sie in der Lage ist, die thermische Empfindlichkeit zu repräsentieren. Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologischen Belastungsstufen quantifizieren. Demnach liegt ab einer PET von 35 °C eine starke Wärmebelastung vor (VDI 2004).

In den letzten Jahrzehnten ist eine tendenzielle Zunahme der Anzahl von Tropennächten und Hitzetagen, und somit auch der PET-Überschreitungstage zu beobachten. Die Überwärmung der Siedlungsflächen kann zu gesundheitlichen Belastungen führen, die vor allem alte und ganz junge Menschen betreffen. Für die Bewertung und Abschätzung der Betroffenheit wurde als Grundlage des Konzepts eine Vulnerabilitätsanalyse erstellt, welche auf den kommenden Seiten vorgestellt wird.



Vorgehensweise (vgl. Abb. S. 8 - 9)

1.2 Ziele und Vorgehensweise

Das Klimaanpassungskonzept ist auf das Handlungsfeld „Hitze“ in der gesamten Stadt ausgerichtet. Ziel ist es, einen Weg aufzuzeigen, wie die Stadt- und Freiraumstruktur Freiburgs auf die zunehmende Hitzebelastung eingestellt und hierfür klimaoptimiert gestaltet werden kann. Das Konzept gibt Antworten auf folgende Kernfragen: Wie ist Freiburgs derzeitige und zukünftige stadtklimatische Situation? Welche Stadtgebiete, Bevölkerungsteile und Aktivitäten sind von Hitzebelastung besonders betroffen? Welches sind notwendige Maßnahmen für eine wirksame Klimaanpassung auf gesamstädtischer wie lokaler Ebene und wo können diese mit welcher Systematik und Priorität eingesetzt werden?

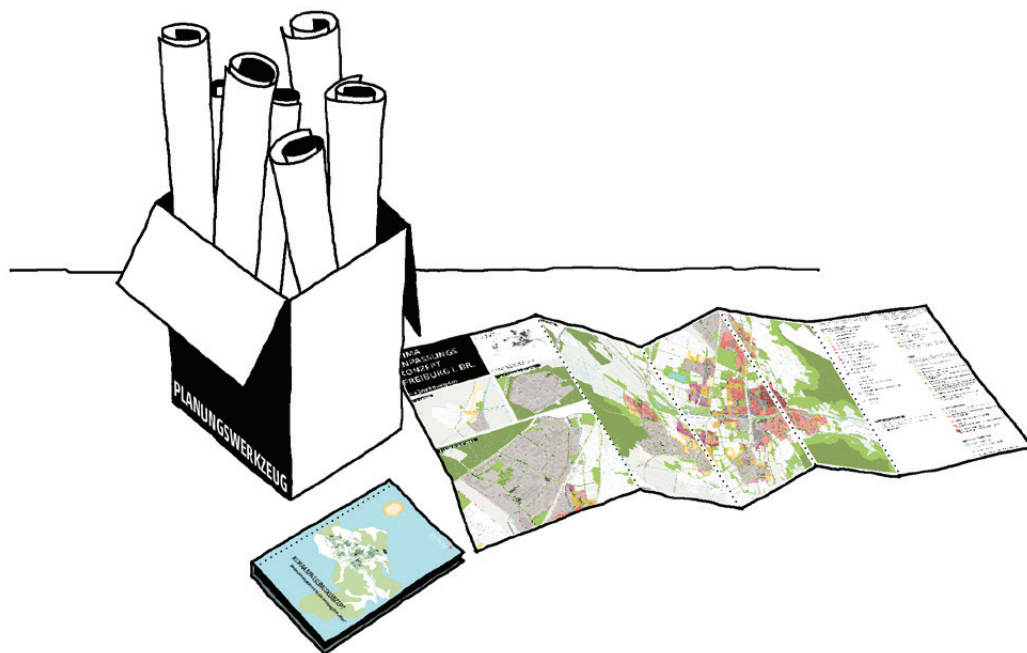
Zunächst wird mit einer Klimaanalyse die bioklimatische Belastung in der gesamten Stadt untersucht. Hierbei werden Tag- und Nachtsituation ebenso betrachtet wie die heutige und die zukünftige Ausprägung des Stadtklimas in mehreren Zeitabschnitten.

Die Vulnerabilitätsanalyse arbeitet im nächsten Schritt die Betroffenheit Freiburgs heraus, indem die Ergebnisse der Klimaanalyse mit spezifischen räumlichen Kriterien Freiburgs überlagert werden: Wo wohnen und arbeiten viele Menschen; wo befinden sich hitzesensible Nutzungen wie Seniorenheime; wie ist die Versorgung und Erreichbarkeit von kühlen, entlastenden Grünräumen? Durch die Überlagerung werden die verwundbarsten („vulnerabelsten“) Bereiche der Stadt lokalisiert: die sogenannten „Hot Spots“.

Alle identifizierten Hot Spots werden anschließend mit entsprechenden Karten in Steckbriefform genau untersucht und dargestellt. Der Betrachtungsmaßstab verkleinert sich somit von der Gesamtstadt auf einzelne konkrete Stadtgebiete, in denen ein spezifischer Handlungsbedarf ermittelt wird.

Ein großer Teil des Konzepts ist die Definition von Anpassungsmaßnahmen zur Hitzeminderung, die genau zu Freiburg passen. Diese umfassen zum einen strategische übergeordnete Leitsätze für die Entwicklung des gesamten Stadtgefüges, zum anderen einen umfangreichen Katalog konkreter Maßnahmen. Leitsätze und konkrete Maßnahmen sind dabei in die Bereiche Grün- und Freiraumsystem, Stadt- und Gebäudestrukturen, Mobilität und Wasser gegliedert. Für „Fokusgebiete“ als exemplarische Ausschnitte von Freiburger Stadtstrukturtypen werden spezifische Maßnahmenpakete geschnürt.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden nun zu einem gesamstädtischen Konzept zusammengeführt, das Planungsaussagen für die zukünftige Entwicklung der Freiburger Stadt- und Freiräume trifft. In dem Maßnahmenplan als integriertem Gesamtplan sowie den Teilplänen „Stadtstruktur“ und „Entlastungssystem“ wird das Konzept kleinräumig verortet. Das Konzept dient als Entscheidungshilfe für Stadt- und Grünplanung, aber natürlich auch für weitere Fachbereiche, da Klimaanpassung insbesondere durch integrierte fachübergreifende Zusammenarbeit gelingt.



1.3 Das Klimaanpassungskonzept als Planungswerkzeug

Das Klimaanpassungskonzept Freiburg ist in erster Linie ein Planungswerkzeug für die zukünftige Entwicklung des Stadtgebiets aus Perspektive einer möglichst optimalen Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung. Es ist daher zunächst ein Instrument für die planenden Ämter und Abteilungen der städtischen Verwaltung, vornehmlich Stadtplanungsamt, Amt für Projektentwicklung und Stadterneuerung, Garten- und Tiefbauamt, Baurechtsamt, Umweltschutzamt, Amt für Liegenschaften und Wohnungswesen, Gebäudemanagement, Eigenbetrieb Stadtentwässerung, aber auch Amt für Soziales und Senioren, Amt für Kinder, Jugend und Familie, Sportreferat, Nachhaltigkeitsmanagement, Wirtschaftsförderung und weitere.

Gleichzeitig kann das Konzept auch von Fachplanern, beispielsweise von Planungs- oder Architekturbüros sinnvoll als Grundlage und Leitfaden bei ganz verschiedenen Projekten genutzt werden, von Straßenbauprojekten bis zu der Entwurfsplanung von privaten oder öffentlichen Gebäuden.

Natürlich dient das Konzept auch der interessierten Öffentlichkeit als Informations- und Beurteilungsgrundlage, aber auch als Planungswerkzeug für den privaten Kontext, etwa auf dem eigenen Grundstück.

Die Adressaten erhalten mit dem Konzept eine Vielzahl von systematisch-strukturellen und konkreten Hand-

lungsmöglichkeiten und Maßnahmen auf verschiedenen Maßstabsebenen und für viele Einsatzbereiche von der gesamtstädtischen Planung bis zum konkreten Objekt.

Wie kann das Anpassungskonzept nun konkret als Planungswerkzeug eingesetzt werden? Mit seinen verschiedenen ineinandergreifenden Komponenten erfüllt es primär drei unmittelbar nutzbare Anwendungsbereiche: Grundlageninformation, gesamtstädtische Entwicklung und Strategie sowie konkrete Maßnahmen.

Grundlageninformation

Wesentliche Teile des Konzepts können als relevante Informationsgrundlage verwendet werden. Insbesondere die Klimaanalyse und -prognose (Kap. 2) mit den verschiedenen Kartenwerken dienen als umfassender Grundlagenbaustein für ganz verschiedene Planungszwecke. Jedoch auch die Vulnerabilitätsanalyse und ihre einzelnen Informationsebenen dienen dem Zweck der Vermittlung präziser Kenntnisse über das gesamtstädtische und das lokale Hitze- und Kaltluftgeschehen in Freiburg.

Gesamtstädtische Entwicklung/Strategie

Die zweite Komponente besteht in der planerischen Nutzung des Planwerks mit dem Maßnahmenplan als inte-

griertem Gesamtplan und den Teilplänen Stadtstruktur und Entlastungssystem (Kap. 6). Das Planwerk ist unter www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept zum Download verfügbar, zusammen mit dem Bericht. Die drei Pläne treffen raumkonkrete und detaillierte Aussagen, wo in der Stadt Freiburg welche grundsätzlichen Ziele für eine hitzeoptimierte Stadtentwicklung getroffen werden sollen. Die Aussagen sind systemischen Charakters, sie wirken etwa darauf hin, ein durchgängiges funktionales Netz aus Flächen, Wegen und weiteren Komponenten herzustellen, das der bioklimatischen Entlastung der hitzebetroffenen Menschen dient.

Dieses System beinhaltet viele bereits bestehende Komponenten, also zum Beispiel Grünflächen und Straßenräume, zeigt aber auch fehlende Räume oder Verbindungen. Das System besitzt gleichzeitig konkrete planerische Aussagen sowie Handlungsanforderungen. Dem Plan kann dabei unter anderem entnommen werden, in welchen Straßenräumen eine durchgängige Verschattung durch Bäume geprüft und möglichst umgesetzt werden sollte, oder an welchen Stellen bioklimatische Pausen- und Erholungsräume fehlen. Ebenso kann für jede hitzebelastete Position im Stadtgebiet ein Maßnahmenpaket für Freiräume, Gebäude, Verkehrsflächen, Wasser usw. abgeleitet werden, mit dem konkret weitergearbeitet werden kann (siehe nachfolgender Abschnitt).

Konkrete Maßnahmen

Insbesondere enthält das Klimaanpassungskonzept einen umfassenden Katalog von Freiburger Maßnahmen, gegliedert in die übergeordnete, strategische und in die konkrete, lokale Ebene sowie thematisch aufgeteilt in Maßnahmen für Freiräume, für Stadtstruktur und Gebäude, für Verkehrsräume und -anlagen sowie für den Umgang mit Wasser im Stadtraum (Kap. 5).

Für jede Maßnahme liegt dabei ein steckbriefartiges Maßnahmenblatt vor, mit dessen Hilfe sich Planer und Privatpersonen über Art, Einsatzzweck und -bereich oder Wirkung der Maßnahme informieren können. Für eine bessere Verständlichkeit ist ein Großteil dieser Maßnahmen in verschiedenen stadträumlichen Kontexten visuell exemplarisch umgesetzt, so dass man sich als Planer, aber auch als Privatperson ein gutes Bild machen kann, was im jeweiligen Umfeld möglich ist. Hinweise zu der Umsetzung sowie eine Wirkungsanalyse eines größeren Stadtbereichs runden diesen Abschnitt ab.

Mit der Anwendung der drei Komponenten im jeweiligen Kontext wird das Klimaanpassungskonzept zu einem wirkungsvollen Planungswerkzeug für Fachleute und die interessierte Öffentlichkeit.

2.

Modellbasierte Klimaanalyse

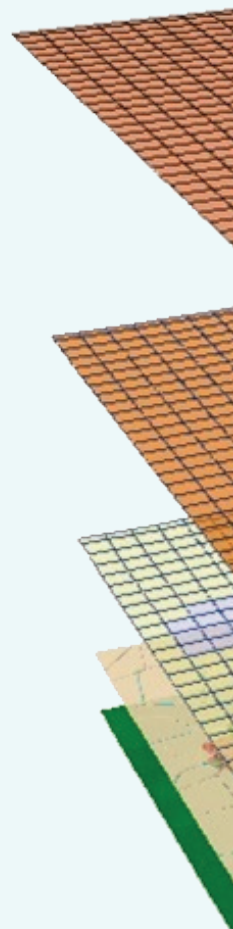
Modellbasierte Stadtklimaanalysen erlauben eine flächendeckende, homogene Darstellung meteorologischer Parameter und die Berechnung von klimatischen Komplexgrößen wie die gefühlte Temperatur (z.B. PET). Modellrechnungen sind zudem prognosefähig: zukünftige Szenarien, Auswirkungen von Planungen oder die Wirksamkeit von Maßnahmen zu einer Verbesserung des Stadtklimas können simuliert werden.

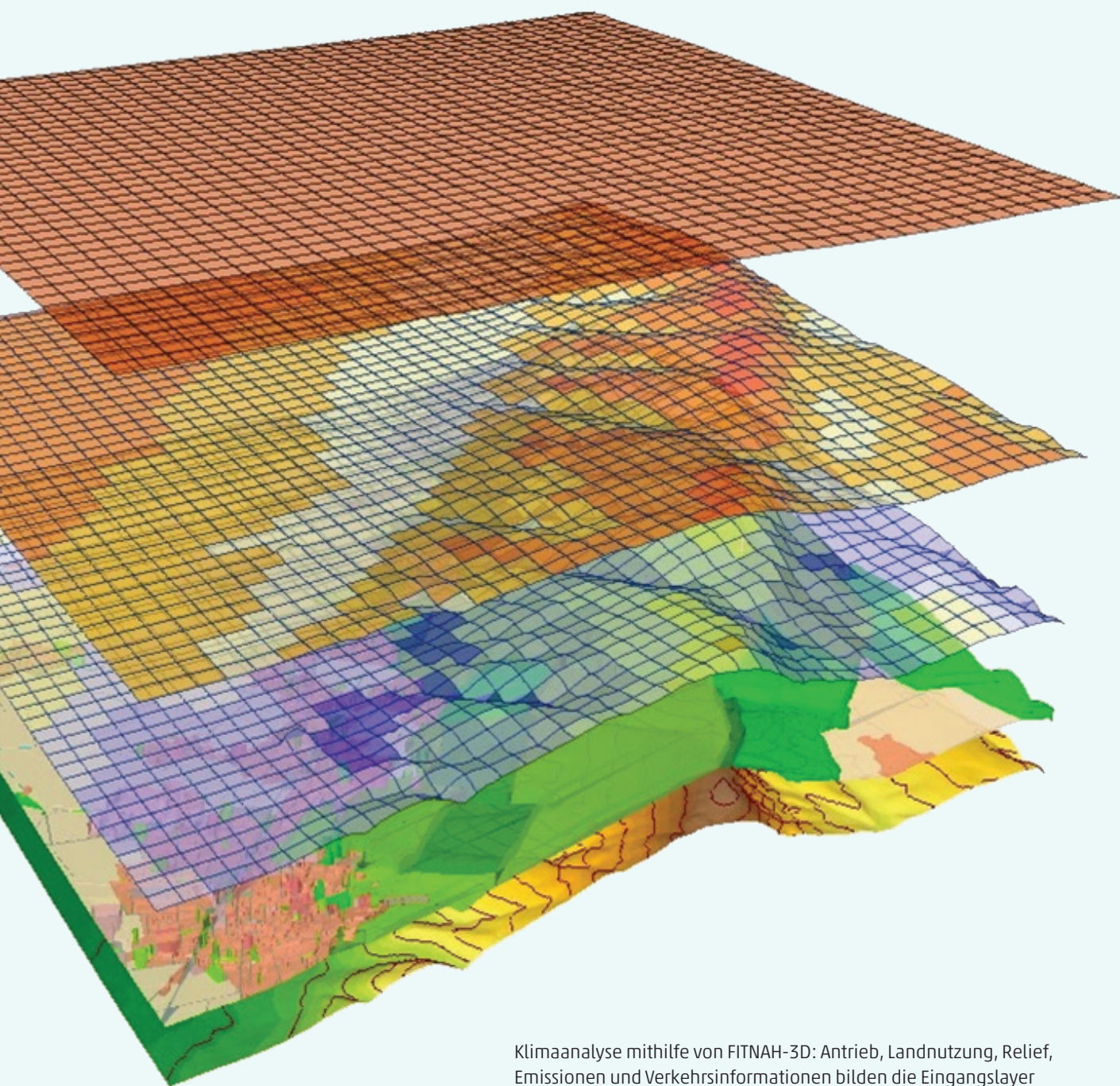
Je nach Fragestellung und Größe des Gebietes können meso- oder mikroskalige Stadtklimamodelle eingesetzt werden. Während mesoskalige Modelle (z.B. FITNAH, Abschn. 2.2) mit einer horizontalen Auflösung von 10 m bis rund 100 m für die kommunale oder regionale Ebene verwendet werden, dienen mikroskalige Modelle (z.B. ASMUS, Abschn. 5.5) mit einer höheren horizontalen Auflösung zur Beantwortung von Fragen auf Quartiers- und Gebäudeebene.

Über Modelle können alle relevanten Stadtklimaparameter berechnet werden, insbesondere Kaltluftvolumenströme, bodennahe Temperatur- und Windfelder sowie Felder humanbioklimatischer Kenngrößen. Auf Basis der Modellrechnungen wird in der Regel eine Klimaanalysekarte erstellt.

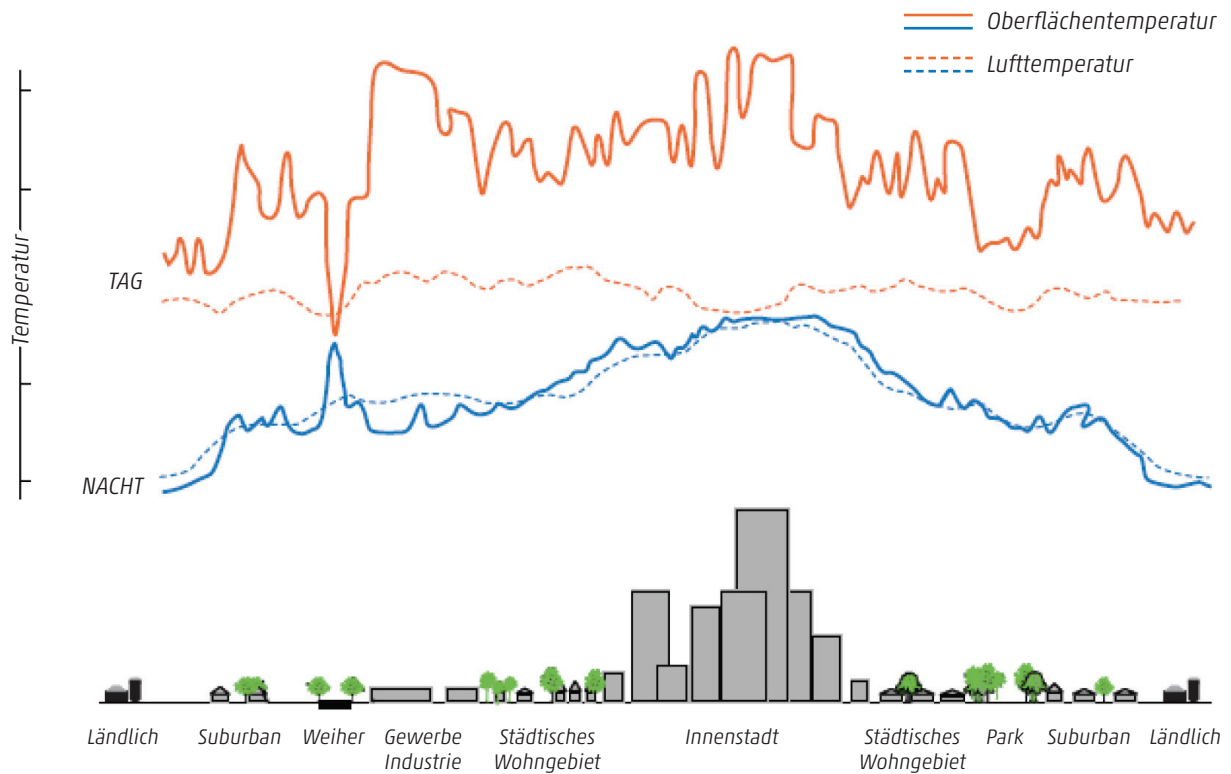
Ein Vorteil von flächendeckenden Modellergebnissen liegt darin, dass sie zu weiteren Informationen (z.B. demographischen Daten, sensiblen Flächen- und Gebäudenutzungen, Lärm und anderen umweltbedingten Vorbelastungen) in Bezug gesetzt werden können, um raumspezifische Aussagen zu der Umweltgerechtigkeit oder Vulnerabilität abzuleiten.

Es ist sinnvoll, die Klimaanalyse um eine Prognoserechnung zu erweitern. Dabei stehen die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Hitzetagen und Tropennächten im Fokus. Es sollten schon heute räumlich möglichst hoch aufgelöste und zeitlich differenzierbare Aussagen über das Klima der nächsten Jahrzehnte getroffen werden, um Anpassungsmaßnahmen frühzeitig planen und umsetzen beziehungsweise Stadtentwicklungsvorhaben möglichst klimaoptimiert ausrichten zu können.





Klimaanalyse mithilfe von FITNAH-3D: Antrieb, Landnutzung, Relief, Emissionen und Verkehrsinformationen bilden die Eingangslayer



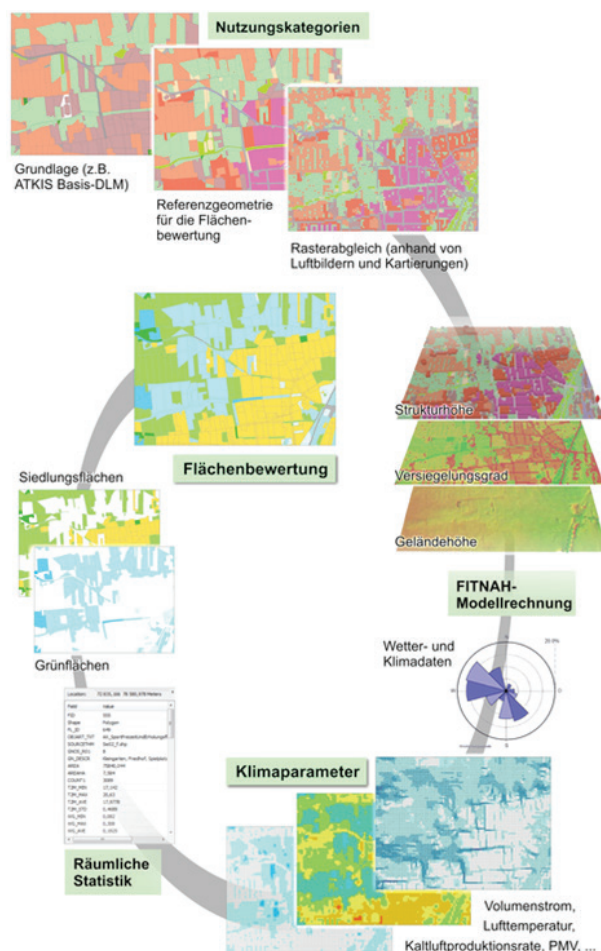
Prinzipalskizze des Wärmeinseleffekts bezogen auf die Siedlungsstruktur, an einem Sommertag

2.1 Städtische Wärmeinsel

Durch den anthropogenen Einfluss herrschen in einer Stadt modifizierte Klimabedingungen vor, die tendenziell mit steigender Einwohnerzahl beziehungsweise Stadtgröße stärker ausgeprägt sind (Oke 1973). Gründe hierfür sind beispielsweise der hohe Versiegelungsgrad, dem ein geringer Anteil an Vegetation und natürlicher Oberfläche gegenüber steht, die Oberflächenvergrößerung durch Gebäude (Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Mehrfachreflexion der Gebäude) sowie Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalte (anthropogener Wärmefluss). Im Vergleich zu dem weitgehend natürlichen, unbebauten Umland führen diese Effekte im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Solch belastende Situationen entstehen vornehmlich bei Hochdruckwetterlagen und sind durch einen ausgeprägten Tagesgang der Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung bestimmt (autochthone Wetterlagen). Durch lokal unterschiedliche Abkühlungsraten entstehen Temperatur- und damit Dichteunterschiede, die Ausgleichsströmungen hervorrufen (Flurwinde).

Während der nächtlichen Abkühlung fließt kühlere Umgebungsluft aus stadtnahen und ggf. innerstädtischen Grün- beziehungsweise Freiflächen in das wärmere Stadtgebiet ein. Da der bodennahe Zustrom mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten erfolgt, kann dieser Luftaustausch nur entlang von Flächen ohne blockierende Strömungshindernisse erfolgen, insbesondere über sogenannten Kaltluftleitbahnen. Diese nächtlichen Kalt- und Frischluftströmungen aus dem Umland und innerstädtischen Grünflächen können zu dem Abbau der Belastungen beitragen (Abb. S. 18).



Prinzip der Klimamodellierung mit FITNAH

2.2 Stadtklimamodell FITNAH

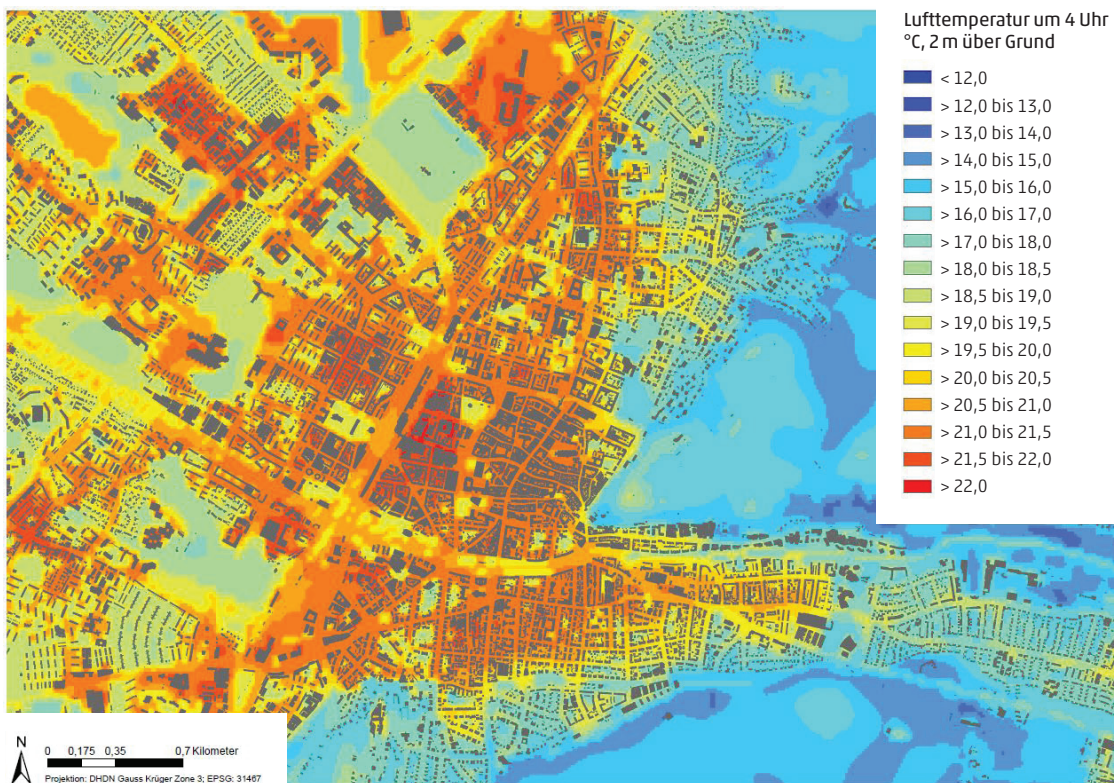
Für die Analyse des aktuellen Stadtklimas der Stadt Freiburg kam das mesoskalige Klimamodell FITNAH-3D (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources) (Gross 1989, Gross 1993, Gross 2002) zum Einsatz. Dieses Modell ermöglicht es, umweltmeteorologische Zusammenhänge und Fragestellungen für Städte zu simulieren. FITNAH-3D ist ein physikalisches Modell und berechnet räumliche Wind- beziehungsweise Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur.

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Das Modell basiert daher, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik). Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes von dem jeweiligen Modell erfasst werden können.

Für die Untersuchung der Stadt Freiburg beträgt die für die Modellierung mit FITNAH-3D verwendete horizontale räumliche Maschenweite 25 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen.

Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m ü. Gr. = Aufenthaltsbereich der Menschen).

In dem separaten Klimaanalysebericht zum Klimaanpassungskonzept wird ausführlich erläutert welche Methodik angewandt, wie die Analyse durchgeführt und welche Ergebnisse daraus abgeleitet wurden.



Nächtliches Temperaturfeld in einem Ausschnitt des Freiburger Stadtgebiets

2.3 Stadtklimatische Situation in Freiburg

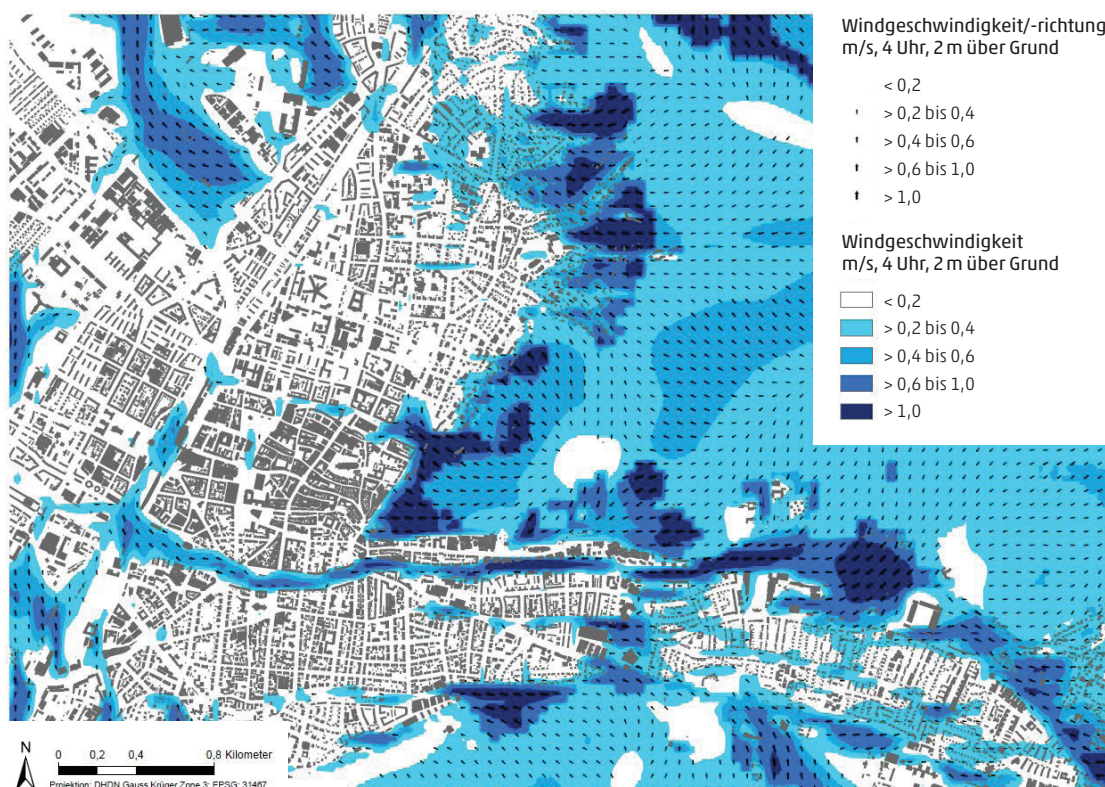
Mit dem Stadtklimamodell FITNAH wurden verschiedene meteorologische Parameter simuliert. Für die Bereitstellung der Modelleingangsdaten musste die flächenhaft vorliegende Landnutzung des Untersuchungsgebiets auf Rasterzellen jeweils einheitlicher Nutzungsstruktur übertragen werden. Die Modellergebnisse liegen ebenfalls in der verwendeten Rasterauflösung vor und können für die Analyse herangezogen werden. Neben den Parametern des nächtlichen Kaltlufthaushalts wie bodennahe Lufttemperatur und Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft wurde für die Tagsituation auch die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) berechnet. Dieser Temperaturwert wird vor allem über die Sonneneinstrahlung beeinflusst und repräsentiert gut das Wärmeempfinden des Menschen an Tagen mit starker solarer Strahlung.

Nächtliche Lufttemperatur und Kaltluftströmungsfeld

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

Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume. Das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich ist vor allem von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung abhängig. Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage in dem Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus. Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, wobei hier sauerstoffreiche, staubfreie und wenig belastete Luft entsteht. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit in dem Stammraum vorherrschen, treten nachts, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher höhere Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher in begrenztem Maße auch am Tag Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Das sich um 4 Uhr in der Nacht einstellende Temperaturfeld im Untersuchungsraum umfasst zwischen Minimalwerten von 8,8 °C und Maximalwerten von bis zu 22,3 °C eine Spannweite von etwa 13,5 °C. Die mittlere Temperatur innerhalb des Stadtgebiets liegt bei den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen bei 16,3 °C. Innerhalb der bebauten Gebiete ist die Tempe-



Nächtliches Windfeld in einem Ausschnitt des Freiburger Stadtgebiets

aturverteilung räumlich differenziert, da Areale mit Einzelhausbebauung, Kernbebauung und Verkehrsanlagen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften aufweisen. Im Rahmen der durchgeführten Klimamodellierung weisen die Freiburger Innenstadt sowie größere Gewerbeflächen die höchsten Temperaturen von mehr als 21 °C auf, was mit dem hohen Bauvolumen und der hohen Oberflächenversiegelung von bis zu 95 % einher geht (Abb. S. 20). Zu der Peripherie hin nehmen Bebauungsdichte und auch die Lufttemperatur tendenziell ab, was sich deutlich in dem Temperaturfeld zeigt. In den zum Schwarzwald gelegenen Randgebieten von Zähringen und Herdern zum Beispiel sind Werte zwischen 17 °C und 18 °C zu beobachten. Lokale Kaltluftabflüsse führen zu einer zusätzlichen Abkühlung.

Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieses Prozesses sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen einstellen.

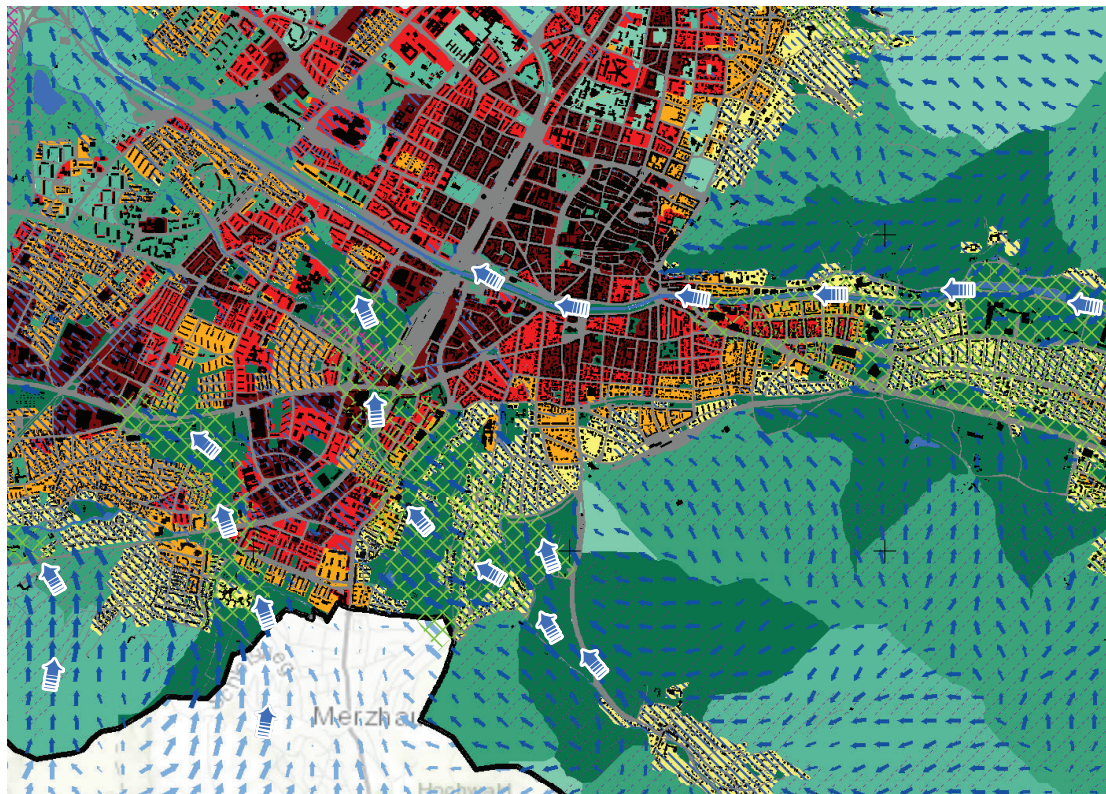
An den geneigten Flächen setzt sich abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung zu der tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung. Neben den orographisch bedingten Strömungen mit Kaltluftabflüssen bilden sich auch so genannte Flur- und Strukturwinde, das heißt eine direkte Ausgleichsströmung vom hohen zum tiefen Luftdruck aus. Sie entstehen, wenn sich stark überbaute oder versiegelte Gebiete stärker erwärmen als um-

liegende Freiflächen, und dadurch ein thermisches Tief über den urbanen Gebieten entsteht.

In bebautem Gelände üben die einzelnen Gebäude eine Hinderniswirkung auf nächtliche Kaltluftströmungen aus und verzögern diese. Als Kaltluft produzierende Bereiche werden vegetationsgeprägte Freiflächen identifiziert, wie zum Beispiel Ackerflächen und Parkareale, aber auch Grünflächen wie Kleingärten und Friedhofsanlagen.

Die Kaltluftströmungen tragen direkt zu der Frisch- und Kaltluftversorgung der angrenzenden Siedlungsflächen bei. Zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens befindet sich etwa die Hälfte der Siedlungsfläche im Einwirkungsbereich. Es zeigt sich, dass eine gering überbaute Einzel- und Reihenhausbauung besser durchströmt wird als eine Block- und Blockrandbebauung oder die verdichtete Freiburger Innenstadt. Überdurchschnittlich hohe Kaltluftvolumina entstehen vor allem durch Kaltluftabflüsse über Hangbereichen. Kleinere Grünareale können als „grüne Trittsteine“ das Eindringen von Kaltluft in die Bebauung unterstützen und damit den klimatischen Einwirkungsbereich vergrößern. Eine hohe Bedeutung kommt aber auch den kleineren Park- und Brachflächen oder gering versiegelten Sportplätzen zu, sofern sie Entlastungswirkungen für die benachbarte Bebauung erzeugen können.

Das nächtliche Windfeld im Bereich der Freiburger Kernstadt zeigt Abbildung S. 21. Eine niedrige Bebauung und breite Straßenräume begünstigen ein Eindringen in die Siedlungsfläche. Die durch dichte Zeilenbebauung oder Blockrandbebauung geprägten Wohngebiete werden



Ausschnitt der „Klimaanalysekarte Nacht“ für Freiburg

hingegen nicht nennenswert von Kaltluft durchströmt, da die zunehmende Bebauungsdichte und das im Vergleich zum Freiland höhere Temperaturniveau die Kaltluftströmung abschwächen. Auf Stadtgebietsebene zeigt sich die wichtige Rolle größerer Grünzüge, da sie die Kaltluft als Leitbahnen tief an die Bebauung heranführen können.

Klimaanalysekarten

Die Ergebnisse der Klimamodellierungen wurden in verschiedenen Klimaanalysekarten räumlich dargestellt und als fachliche Grundlagen für die Erarbeitung des Konzepts verwendet.

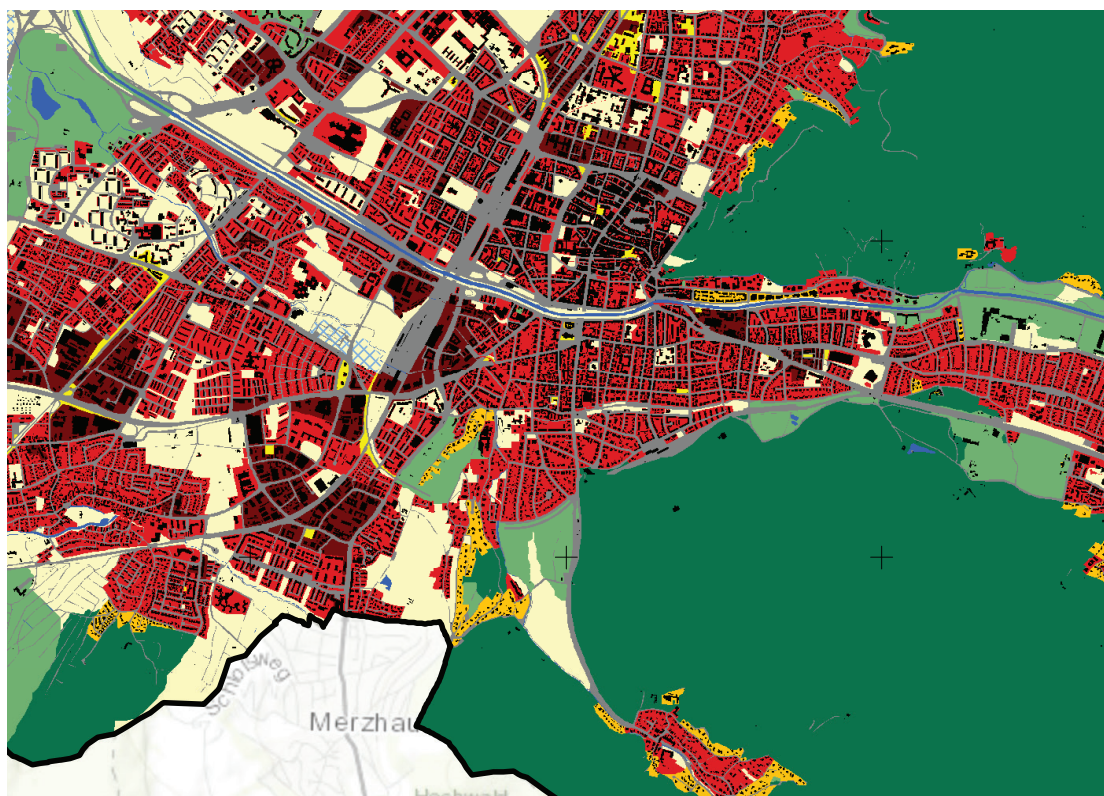
Die Klimaanalysekarte für die Nachtsituation bildet die Funktionen und Prozesse des nächtlichen Luftaustausches in dem gesamten Untersuchungsraum ab (Strömungsfeld, Kaltluftleitbahnen). Für Siedlungs- und Gewerbeflächen stellt sie die nächtliche Überwärmung dar, basierend auf der bodennahen Lufttemperatur in einer autochthonen Sommernacht um 4 Uhr morgens. Für die Tagsituation wurde eine separate Klimaanalysekarte erstellt, die die Wärmebelastung auf Grün-, Siedlungs- und Gewerbeflächen zeigt. Die Grün- und Freiflächen außerhalb des Stadtzentrums wurden auf der Basis einer Einzugsgebietsanalyse nach King, auf Basis des Geländereiefs, abgegrenzt. Dies hat zur Folge, dass einzelne Flächen verschiedene Grünstrukturtypen wie Wald, Ackerfläche oder Rebflächen beinhalten können, diese also nicht nach ihrer Nutzungsart unterschieden werden.

Nachtsituation

Die nächtliche Überwärmung beruht auf dem Temperaturunterschied zu unversiegelten Frei- und Grünflächen in dem Stadtgebiet, die unter den angenommenen Bedingungen eine mittlere Lufttemperatur von 15,5°C aufweisen. Der Wärmeinseleffekt ergibt sich als Abweichung von diesem Bezugswert und stellt somit eine geeignetere Kenngröße zu der Erfassung des Stadtklimaeffekts als absolute Temperaturwerte dar.

Die mittlere nächtliche Lufttemperatur über allen Siedlungs- und Gewerbeflächen im Stadtgebiet liegt bei 19,5°C. Bei Betrachtung der Flächenanteile zeigt sich, dass der Großteil der bebauten Flächen eine Überwärmung >3K aufweisen (71%), darunter knapp ein Drittel (33%) sogar >5,5K. Die Anteile beziehen sich auf Siedlungs- und Gewerbeflächen innerhalb des Stadtgebiets, wobei aufgelockerte Areale mit Einzel- und Reihenhausbau tendenziell durch eine geringere und Gewerbeflächen sowie Zentrums- beziehungsweise Block(rand)bebauung durch eine stärkere Überwärmung geprägt sind.

Siedlungsräume lassen sich in ausreichend durchlüftete Areale und damit meist klimatisch günstige Siedlungsstrukturen sowie klimatische Belastungsbereiche untergliedern. Der Kaltluftwirkungsbereich kennzeichnet das bodennahe Ausströmen der Kaltluft aus den Grünflächen in die angrenzende Bebauung während einer autochthonen Sommernacht. Damit geht einher, dass die in dem Wirkungsbereich befindliche Bebauung in der Nacht vergleichsweise günstigere thermische Verhältnisse



Ausschnitt der „Klimaanalysekarte Tag“ für Freiburg

aufweist. Als Kaltluftwirkbereich sind Siedlungs- und Gewerbeflächen innerhalb des Stadtgebiets gekennzeichnet, die eine bodennahe Windgeschwindigkeit von $>0,2 \text{ m/s}$ aufweisen. Innerhalb des Stadtgebiets gelten mit 48,5 % knapp weniger als die Hälfte der Siedlungs- und Gewerbeflächen als Kaltluftwirkbereich.

In der Klimaanalysekarte werden Grün- und Freiflächen hinsichtlich ihres Kaltluftliefervermögens charakterisiert. Als Kaltluft produzierende Bereiche gelten insbesondere unversiegelte Freiflächen (z.B. Ackerflächen) sowie durch aufgelockerten Vegetationsbestand geprägte Grünflächen wie zum Beispiel Parkareale, Kleingärten und Friedhofsanlagen. Auch Wälder können als Kaltluftentstehungsgebiete fungieren. Für die Charakterisierung der Ausgleichsleistung wird in der Klimaanalysekarte der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Er drückt den Zustrom von Kaltluft aus den benachbarten Rasterzellen aus.

Zudem werden über Grünflächen Flurwinde ab einer Windgeschwindigkeit von $0,2 \text{ m/s}$ durch Pfeilsignatur in Hauptströmungsrichtung gezeigt.

Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (Wirkungsräume) miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Die Ausweisung der Leitbahnbereiche orientiert sich unter anderem an dem autochthonen Strömungsfeld der FITNAH-Simulation (Details hierzu im Abschnitt „Kaltlufthaushalt“).

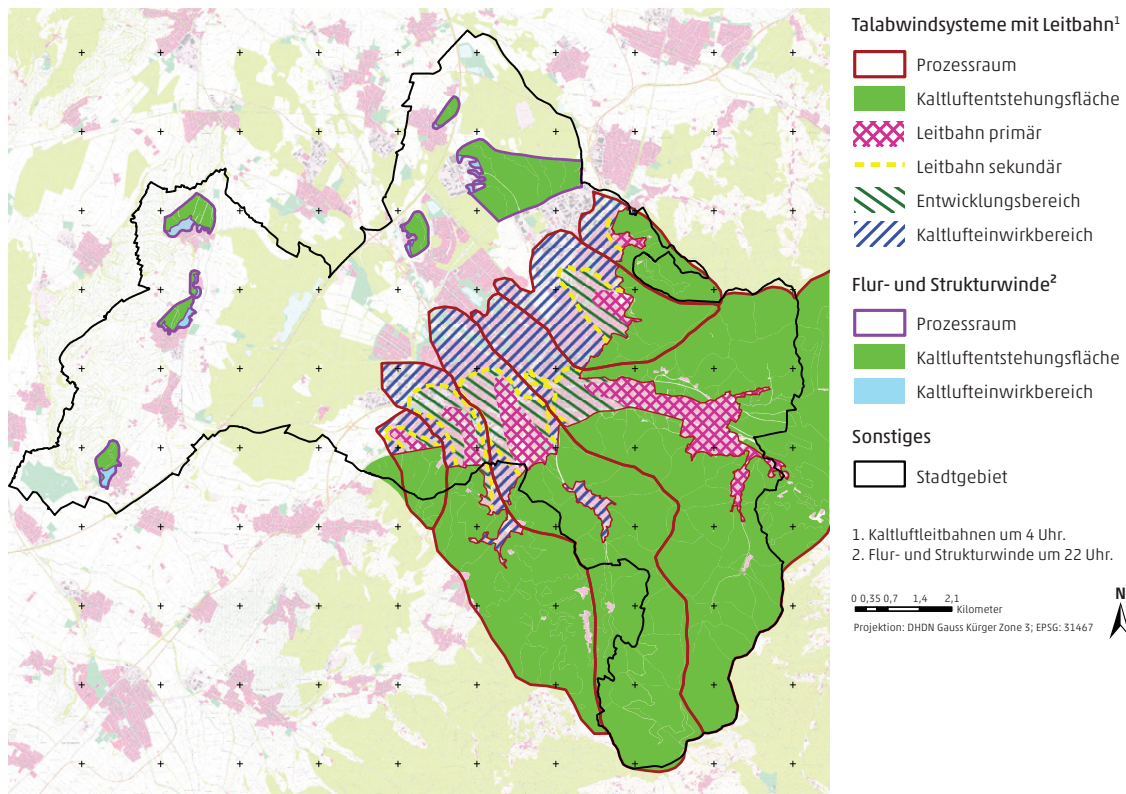
Kaltluftliefergebiete kennzeichnen Grünflächen mit einem überdurchschnittlich hohen Kaltluftvolumenstrom, die Kaltluftleitbahnen speisen beziehungsweise über diese hinaus bis in das Siedlungsgebiet reichen.

Tagsituation

Zu der Bestimmung der Aufenthaltsqualität am Tag ist die PET, als thermischer Index für die Kennzeichnung der Wärmebelastung, der maßgebende Parameter. Die Wärmebelastung wird in der Klimaanalysekarte für die Tagsituation für Grünflächen sowie den Siedlungs- und Gewerberaum dargestellt und nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 in physiologische Belastungsstufen eingeteilt (VDI 2004).

Siedlungsflächen weisen unter den gegebenen Annahmen eines Strahlungstages tagsüber größtenteils eine starke, Gewerbeflächen sogar eine überwiegend extreme Wärmebelastung auf, was auf den geringen Grünanteil und den insbesondere bei Gewerbeflächen meist relativ hohen Versiegelungsgrad zurückzuführen ist. Siedlungsflächen mäßiger Wärmebelastung stellen eine Ausnahme dar – dabei handelt es sich um aufgelockerte Flächen mit erhöhtem Grünanteil, die häufig am Siedlungsrand und in der Nähe von Wäldern oder Gewässern liegen.

Bei den Grünflächen ist die geringste Wärmebelastung in Waldgebieten zu finden, die ihrer schattenspendenden Wirkung in Bezug auf das Aufenthaltsniveau des Men-



Sonderkarte Kaltlufthaushalt mit Talabwindsystemen und Flur- und Strukturwinde

schen in 2 m ü. Gr. zugeschrieben werden kann. Extreme Wärmebelastungen finden sich über den großen Freiflächen im Außenbereich (Ackerflächen). Die übrigen Flächen weisen größtenteils eine starke Wärmebelastung auf, wobei diese wesentlich über den Anteil an (schattenspendenden) Grünstrukturen gesteuert wird.

Kaltlufthaushalt

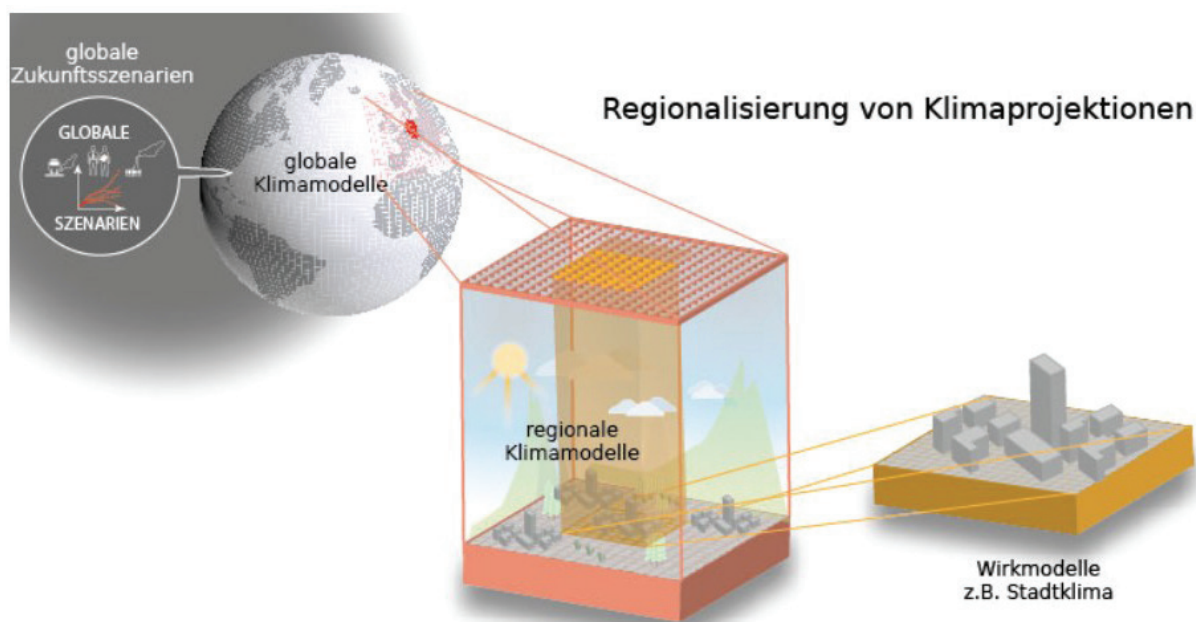
Aufgrund der Komplexität und zeitlichen Varianz des Kaltluftprozessgeschehens über den Grün- und Freiflächen in dem Freiburger Stadtgebiet wurde ergänzend zu der Klimaanalysekarte eine Sonderkarte für den Kaltlufthaushalt erstellt. Es werden dabei die beiden Zeitschnitte 4 Uhr und 22 Uhr betrachtet.

Für die Ausweisung der Kaltluftleitbahnen dienen das Strömungsfeld und der Zustrom von Kaltluft um 4 Uhr morgens als Grundlage. Kaltluftleitbahnen sollten einen generell geringen Überbauungsgrad und einen hohen Grünflächenanteil aufweisen sowie linear auf Wirkungsräume ausgerichtet sein. Grundsätzlich kommen Tal- und Niederungsbereiche, größere Freiräume aber auch ausgedehnte Gleisareale als geeignete Strukturen in Frage. Die Luftaustauschbereiche werden zwischen primären und sekundären Leitbahnen unterschieden.

Die primären Leitbahnen werden auf Basis einer vergleichsweise hohen bodennahen Windgeschwindigkeit

und vorhandenen Grünstrukturen ausgewiesen. Sekundäre Leitbahnen zeichnen sich durch geringere Strömungsgeschwindigkeiten von mindestens 0,2 m/s und einem sehr hohen Kaltluftvolumenstrom aus und orientieren sich ebenfalls an den strukturellen Gegebenheiten. Aus der räumlichen Differenz zwischen primären und sekundären Leitbahnen wird schließlich ein Entwicklungsbereich abgeleitet, für den entsprechende klimatische Anforderung benannt werden können. Insgesamt sind sechs Kaltluftleitbahnen beziehungsweise Kaltluftleitbahnbereiche ausgewiesen, die aufgrund ihrer Lage und Charakteristika als besonders wichtig für die großräumige Durchlüftung des Freiburger Stadtgebiets gesehen werden (Abb. S. 24).

Flur- und Strukturwinde sind eng begrenzte und oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwach überlagernden Wind überdeckt werden können. Da die Kaltluftabflussdynamik im Osten des Stadtgebiets um 4 Uhr sehr stark ausgeprägt ist und jegliche Flur- und Strukturwinde überlagert, werden diese für den Zeitschnitt um 22 Uhr ausgewiesen. Für Freiburg wurden unter diesen Rahmenbedingungen sieben solcher Windsysteme ausgewiesen, welche sich vorwiegend im Westen und Norden des Stadtgebiets befinden.



Downscaling globaler Klimaprojektionen über die regionale Skala bis hin zu der lokalen Skala

2.4 Das zukünftige Stadtklima im Klimawandel

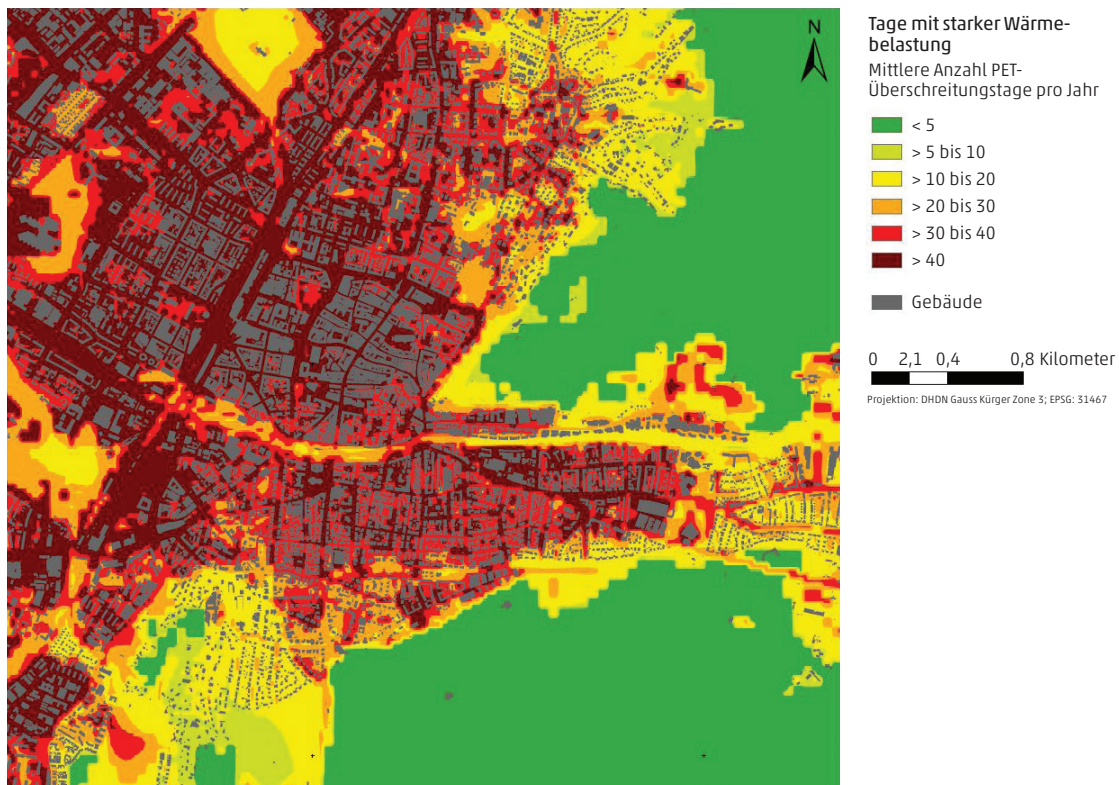
Mit dem Klimawandel verändert sich auch die stadtklimatische Situation in Freiburg. Daher wurde zusätzlich zu der modellgestützten Analyse des heutigen Stadtklimas (Abschn. 2.3) eine räumlich hochaufgelöste Prognoserechnung der zukünftigen Entwicklung der thermischen Belastung in Freiburg auf Basis des Methodenpakets ENVELOPE durchgeführt. Hierfür wird keine lokale Klimaszenarienrechnung für die nächsten Dekaden durchgeführt, sondern die aktuellsten Ergebnisse der regionalen Klimamodelle durch ein statistisch-dynamisches Verfahren auf die lokale Ebene Freiburgs heruntergebrochen und mit dem Klimamodell FITNAH-3D gekoppelt. So können Besonderheiten des Klimas und des Klimawandels in Freiburg aufgezeigt werden. Insbesondere werden stadtklimatische Gegebenheiten sowie lokale Winde wie der „Höllentäler“ berücksichtigt. Bei dieser Methode wird auf insgesamt 27 Modellkombinationen (Ensembles) von EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment - European Domain) zurückgegriffen und statistisch ausgewertet. Dabei wird die mittlere jährliche Auftrittshäufigkeit meteorologischer Kenntage berücksichtigt, deren Mehrheit der Werte die Mindestausprägung repräsentiert.

Ein entscheidender Vorteil dieses Verfahrens ist die Tatsache, dass die Ergebnisse der Regionalmodelle mit einer räumlichen Auflösung von 12,5 km auf die Eingangsdaten der FITNAH-Simulation „aufgeprägt“ werden können

(„Downscaling“). Bei einer Rasterzellenauflösung von 25 m x 25 m lässt sich gut erkennen, in wieweit sich die Stadtstrukturen verstärkend oder abschwächend auf die zu erwartende Erwärmung auswirken werden.

Entsprechend des Projektansatzes beziehen sich die Modellanalysen auf den thermischen Wirkungskomplex und stellen räumlich differenzierte Informationen für eine zukünftige Entwicklung der Auftrittshäufigkeit ausgewählter klimatologischer Kenntage bereit. Aus dem Vergleich mit den Daten für die aktuelle Klimanormalperiode 1961 - 1990, kann das zu erwartende Ausmaß des Stadtklimawandels in Freiburg räumlich hochaufgelöst analysiert werden. Um die zukünftige Entwicklung der Intensität der thermischen Belastung in Freiburgs Stadtgebiet räumlich differenziert abbilden zu können, werden im Folgenden vier langjährige Zeiträume miteinander verglichen. Hierbei handelt es sich um die aktuelle Klimanormperiode der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) 1961 - 1990, welche als Referenzperiode verwendet wird und drei Zukunftsperioden:

- die kurzfristige Zukunft p1 im Zeitraum 2021 - 2040 (Zukunftsperiode I)
- die mittelfristige Zukunft p2 im Zeitraum 2041 - 2070 (Zukunftsperiode II)
- die langfristige Zukunft p3 im Zeitraum 2071 - 2100 (Zukunftsperiode III)



Mittlere Anzahl PET-Überschreitungstage in einem Ausschnitt des Freiburger Stadtgebiets (2071 - 2100)

Betrachtungsraum ist der freie, nicht von Gebäuden bestandene Raum. Die bioklimatische Situation in den Sommermonaten kann über verschiedene meteorologische Parameter sowie für die Tag- und Nachtsituation ausgedrückt werden.

Ausgewertet wurden jeweils die durchschnittlichen jährlichen Auftretshäufigkeiten innerhalb der 30-jährigen Zeiträume für folgende bioklimatischen Kenngrößen:

- Hitzetage, $T_{max} \geq 30^\circ\text{C}$
- PET-Überschreitungstage, $PET > 34^\circ\text{C}$
- Tropennächte, $T_{min} \geq 20^\circ\text{C}$

PET-Überschreitungstage

PET-Überschreitungstage mit Werten $>35^\circ\text{C}$ eignen sich besonders für die Bewertung der Hitzebelastung auf den Menschen. Die PET ist nicht nur an die Temperatur, sondern auch an andere meteorologische Größen wie Wind, Strahlung und Feuchte der Umgebung sowie die Bekleidung von Personen gebunden und dadurch in der Lage, die thermische Empfindlichkeit zu repräsentieren.

Für diesen Bericht wurde die Grenze der PET-Überschreitungstage auf Werte $>34^\circ\text{C}$ herunter gesetzt. Dies hat den Vorteil etwaige Unsicherheiten der Modellierung auszugleichen. Die Anzahl der PET-Überschreitungstage in der Zukunftsperiode 2071 - 2100 zeigt Abbildung S. 26 beispielhaft für die Analyse der Klimawandelszenarien. Die Art der Flächennutzung beeinflusst die Zahl der PET-Überschreitungstage signifikant.

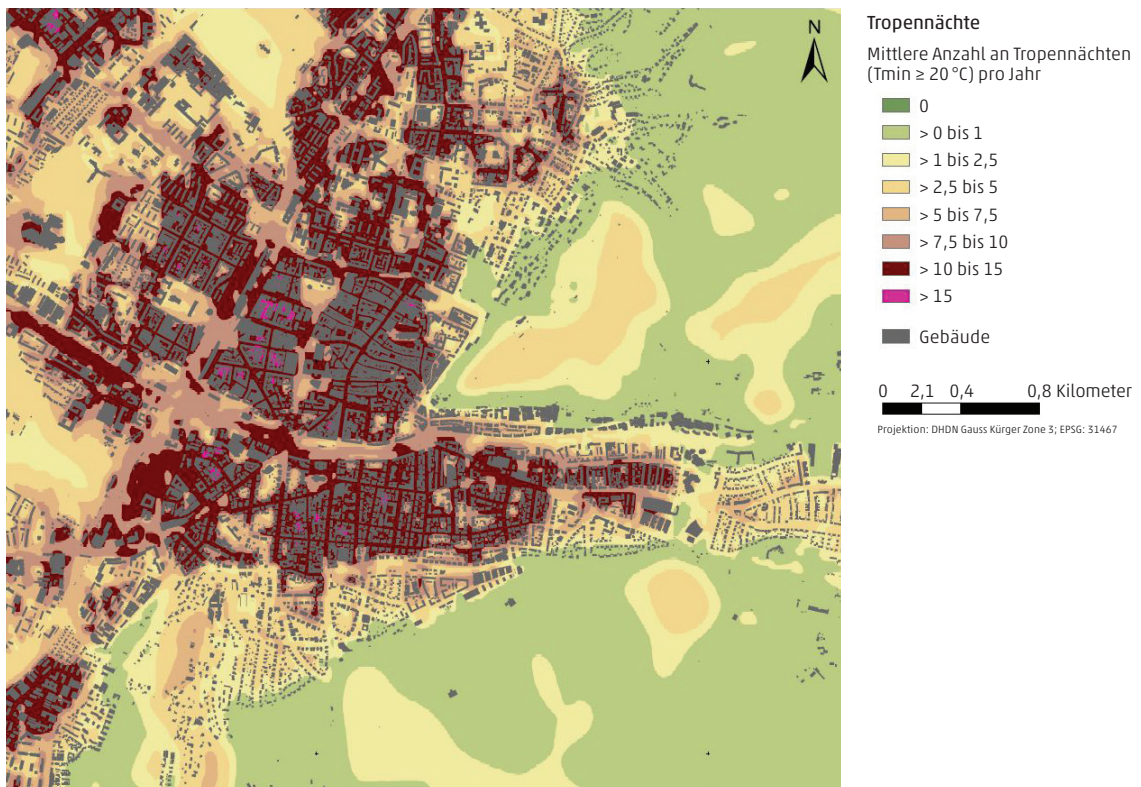
Die größte Zahl dieser Kenntage tritt bei den (versiegelten) Flächen wie Freiflächen, Straßen und Gleise beziehungsweise den stark mineralisch geprägten Flächen geringen Bauvolumens (z.B. Gewerbe) auf.

Die Zentrums-, Block- und Blockrandbebauung, aber auch Zeilen- und Hochhausbebauung besitzen aufgrund ihrer hohen mittleren Strukturhöhe tagsüber ein großes Beschattungspotenzial, das die einfallende kurzweilige Sonnenstrahlung vermindert. Während die Zentrumsbebauung im Zeitraum von 2071 - 2100 eine mittlere Anzahl an PET-Überschreitungstagen mit 45,9 Tagen pro Jahr aufweist, liegt die Anzahl der Tage in Einzel- und Reihenhausbauungen mit durchschnittlich 20,6 Tagen pro Jahr deutlich darunter.

Tropennächte

Als Tropennacht wird eine Situation bezeichnet, bei der die nächtliche Minimaltemperatur 20°C nicht unterschreitet. Die für die Bewertung als relevant einzustufenden Flächen sind in erster Linie Siedlungsräume, in denen die nächtliche Überwärmung einen erholsamen Schlaf erschwert und damit insbesondere für sensible Bevölkerungsgruppen eine gesundheitliche Belastung darstellen kann.

Auch in Bezug auf das Auftreten von Tropennächten ist eine deutliche Abhängigkeit von der Art der Flächennutzung festzustellen, die jedoch einem anderen Muster als bei den PET-Überschreitungstagen folgt.



Mittlere Anzahl Tropennächte in einem Ausschnitt des Freiburger Stadtgebiets
(2071 - 2100)

In Abbildung S. 27 ist die Anzahl der Tropennächte für die Zukunftsperiode 2071 - 2100 dargestellt. Die Zentrumsbebauung weist aufgrund ihrer Dichte, des hohen Gebäudevolumens und hohen Anteils versiegelter Flächen deutlich höhere Werte auf (im Mittel 14,7 Tropennächte) als zum Beispiel Einzel- und Reihenhausbauweise (im Mittel 3,3 Tropennächte), die durch eine aufgelockerte Bauweise und einen erhöhten Grünanteil gekennzeichnet ist.

Mit einem Blick auf den Ausschnitt der Stadt Freiburg ist mit steigender Entfernung zum Zentrum ein Rückgang der Werte festzustellen. Durch den Klimawandel nimmt die Anzahl an Tropennächten für alle Nutzungsklassen im gesamten Stadtgebiet zu. Analog zu der Situation der PET-Überschreitungstage werden für bereits belastete Gebiete höhere Zunahmen prognostiziert.



3.

Vulnerabilität in Freiburg

Hitzebelastung muss per se noch nicht unbedingt ein Problem darstellen, beispielsweise, wenn Lebensräume von Menschen, Tieren oder Pflanzen nicht sonderlich beeinträchtigt werden. Anpassungsmaßnahmen machen insbesondere dort Sinn, wo Belastung auf sensible Bereiche in der Stadt trifft, also dort, wo beispielsweise sehr viele Menschen leben, oder wo es nicht ausreichend Grünräume zur Kühlung und Erholung gibt. Man spricht hier von Verwundbarkeit beziehungsweise „Vulnerabilität“.

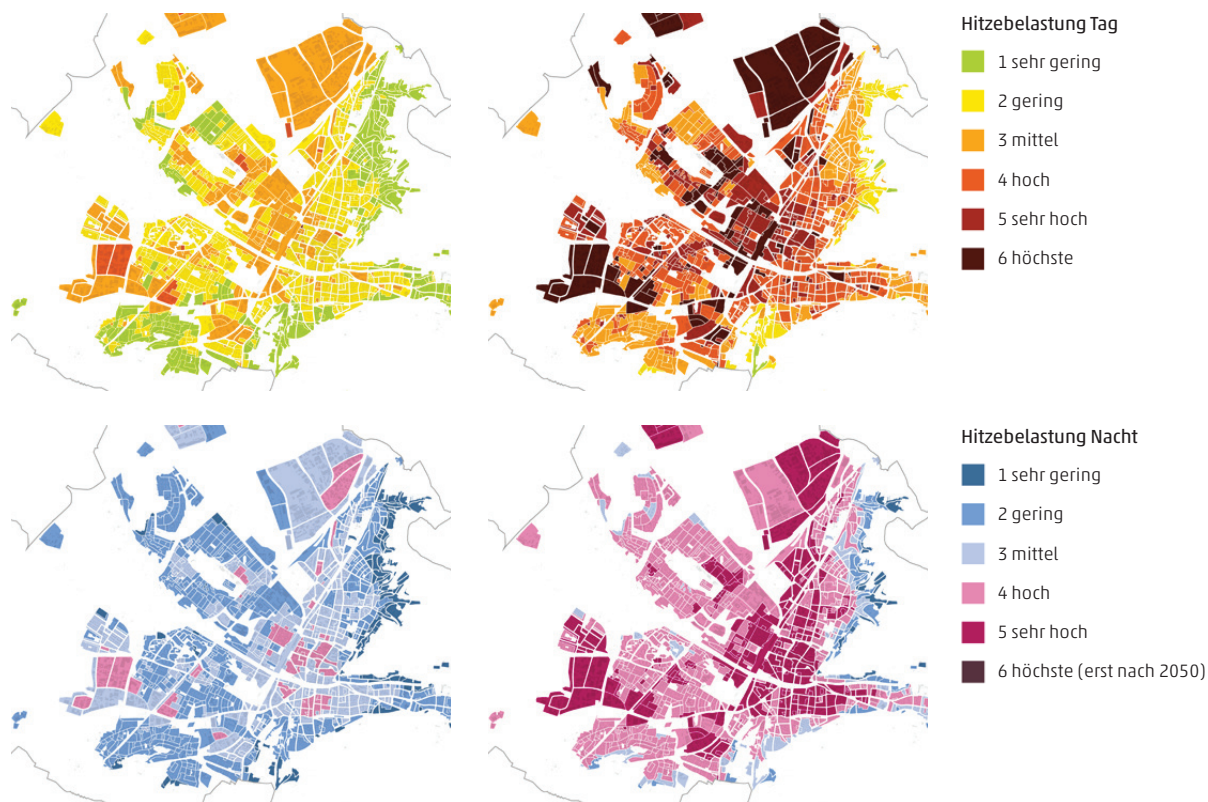
Auch weil die vorhandenen Mittel immer begrenzt sind, diese aber möglichst zielgenau und sinnvoll eingesetzt werden sollen, bedarf es genauer Untersuchungen, welche Bereiche in Freiburg besonders verwundbar sind und daher vorrangig versorgt werden sollten.

HOT SPOTS



Um diese Bereiche in ganz Freiburg zu identifizieren, greifen folgende methodische Schritte ineinander: eine sogenannte „Vulnerabilitätsanalyse“ (Abschn. 3.1) sowie darauf aufbauend die Identifikation von Hot Spot Gebieten (Abschn. 3.2).

Die Vulnerabilitätsanalyse untersucht dabei, ob und wo beziehungsweise wie verwundbar das Stadtgebiet ist. Hitzebelastung und individuelle Betroffenheit der Räume werden dabei überlagert und zusammengeführt. Auf Basis dieser Ergebnisse werden die Hot Spots als besonders verwundbare Bereiche festgelegt und Handlungsbedarfe für Stadt- und Freiraumstruktur ermittelt. Schließlich erfolgt für jeden betroffenen Stadtstrukturtyp Freiburgs die Ausweisung eines „Fokusgebiets“ als Beispielraum, in dem Maßnahmen exemplarisch aufgezeigt werden können.



Bioklimatische Belastung (Hitze) der Tag- und Nachtsituation, heute sowie 2050

3.1 Vulnerabilitätsanalyse

Die bioklimatische Hitzebelastung erhält für Freiburg eine besondere Relevanz, wenn die Bevölkerung in besonderer Weise betroffen ist. Dies erfolgt in einer Vulnerabilitätsanalyse, die aus den beiden Teilen Expositionsanalyse und Sensitivitätsanalyse besteht.

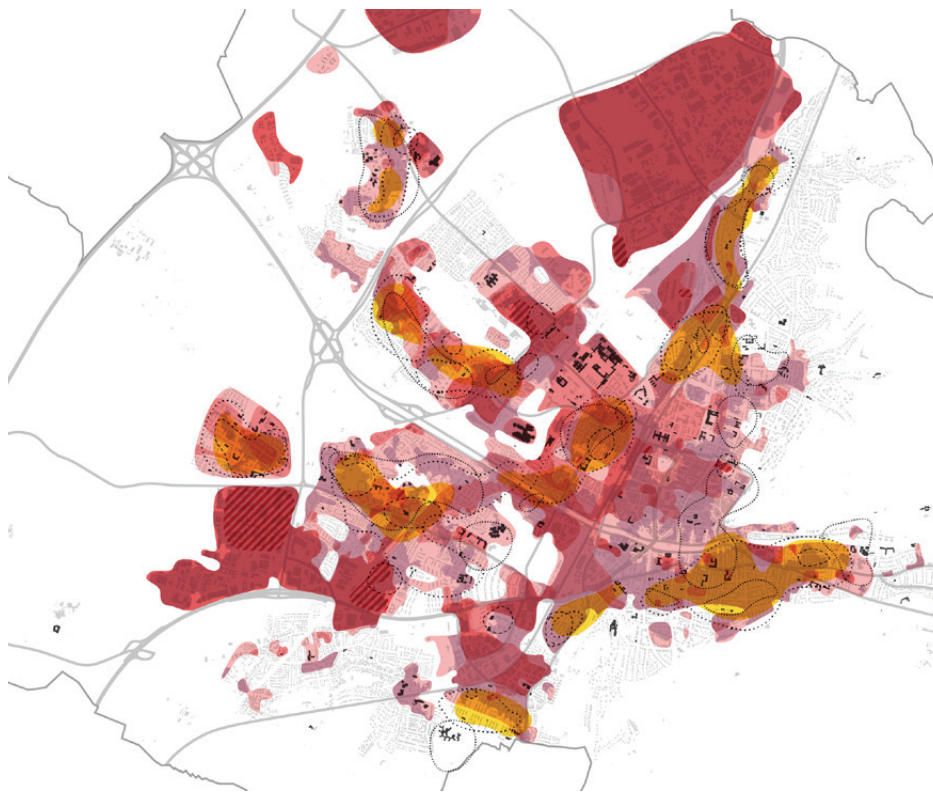
Die Expositionsanalyse („einer Wirkung ausgesetzt sein“) überführt die Ergebnisse von Klimaanalyse und -prognose in Karten der heutigen und zukünftigen bioklimatischen Belastung der Stadtstrukturtypen am Tag und in der Nacht als Leitkriterium für die Vulnerabilitätsanalyse. In der Bewertung werden diejenigen Stadtstrukturtypen betrachtet, die hoher bis höchster Belastung ausgesetzt sind. Tag- und Nachtsituation werden unterschieden, da zum einen die Nutzung städtischer Räume sehr unterschiedlich ausgestaltet ist: Tagsüber hält man sich eher auch im Freien auf, nachts sucht man zu Hause Schlaf und Erholung. Eine Unterscheidung erfolgt aber auch, weil sich die Maßnahmenansätze enorm unterscheiden: Tagsüber stehen Verschattung und Reduzierung aufgeheizter Materialien im Fokus. Nachts hingegen spielen der Abtransport von Abwärme und die Zufuhr von kühlerer Luft eine entscheidende Rolle für Entlastung.

In der Sensitivitätsanalyse („Empfindlichkeit“) werden besonders sensible Bereiche der Stadt identifiziert. In die Bewertung fließt zunächst die Bevölkerungsdichte ein: Bereiche ab 100 EW/ha werden berücksichtigt. Dicht bewohnte Gebiete in Freiburg sind beispielsweise der Stühlinger oder die Mittelwiehre. Die Bevölkerungsdichte dient als Indikator für besonders hohe Bedarfe an Hitzeminde-

rung und Entlastung. Des Weiteren werden mit Kindergärten, Schulen, Seniorenwohnheimen und Krankenhäusern die sogenannten sensiblen Nutzungen betrachtet, deren Nutzer besonders stark auf Hitzebelastung reagieren.

Außerdem werden Räume, die keine Entlastungsflächen in erreichbarer Nähe haben (Defiziträume) als Kriterium betrachtet: Entlastungsflächen sind grundsätzlich diejenigen Frei- und Grünräume, die bioklimatische Vielfalt und einen Mindestbestand an schattenspendenden Bäumen aufweisen. Diese Räume werden zudem durch die Kriterien Größe, Nutzbarkeit, Zugänglichkeit sowie Zweckbestimmung qualifiziert. Drei Kategorien sind relevant: Hauptentlastungsflächen, ergänzende Kleinentlastungsflächen und zugangsbeschränkte Entlastungsflächen, bei denen eine allgemeine Nutzbarkeit derzeit nicht gegeben ist (z.B. Freibäder, Kleingartenanlagen).

Für die Sensitivitätsanalyse spielen lediglich die Hauptentlastungsflächen eine Rolle. Bei diesen handelt es sich um Grünräume, die (tagsüber) frei zugänglich und nutzbar sind sowie mehr als 1 ha Flächengröße aufweisen. Für diese Räume werden Einzugsbereiche von 5 Minuten mit Senioren-Gehgeschwindigkeit von 3 km/h berechnet (entspricht etwa 250 m). Ergänzend werden Flächen mit hoher bis sehr hoher Verfügbarkeit privater sowie hausgemeinschaftlich nutzbarer Freiräume aus dem Perspektivplan berücksichtigt. Alle Bereiche in Freiburg, die weder in die Einzugsbereiche der Hauptentlastungsflächen fallen, noch ausreichend über private/hausgemeinschaftlich nutzbare Freiräume verfügen, werden als Defiziträume gewertet.



Synthese der Kriterien > Tag

- Bevölkerungsdichte Gesamtbevölkerung
- Bevölkerungsdichte unter 6-Jährige
- Bevölkerungsdichte über 75-Jährige
- Bevölkerungsdichte über 75-Jährige in 30 Jahren
- sensible Nutzungen
- Defizit an Entlastungsflächen in belasteten Gebieten

Hitzebelastung Tag

- heute - hoch
- 2050 - hoch
- 2050 - sehr hoch
- 2050 - höchste

Kriterien der Vulnerabilitätsanalyse Tagsituation



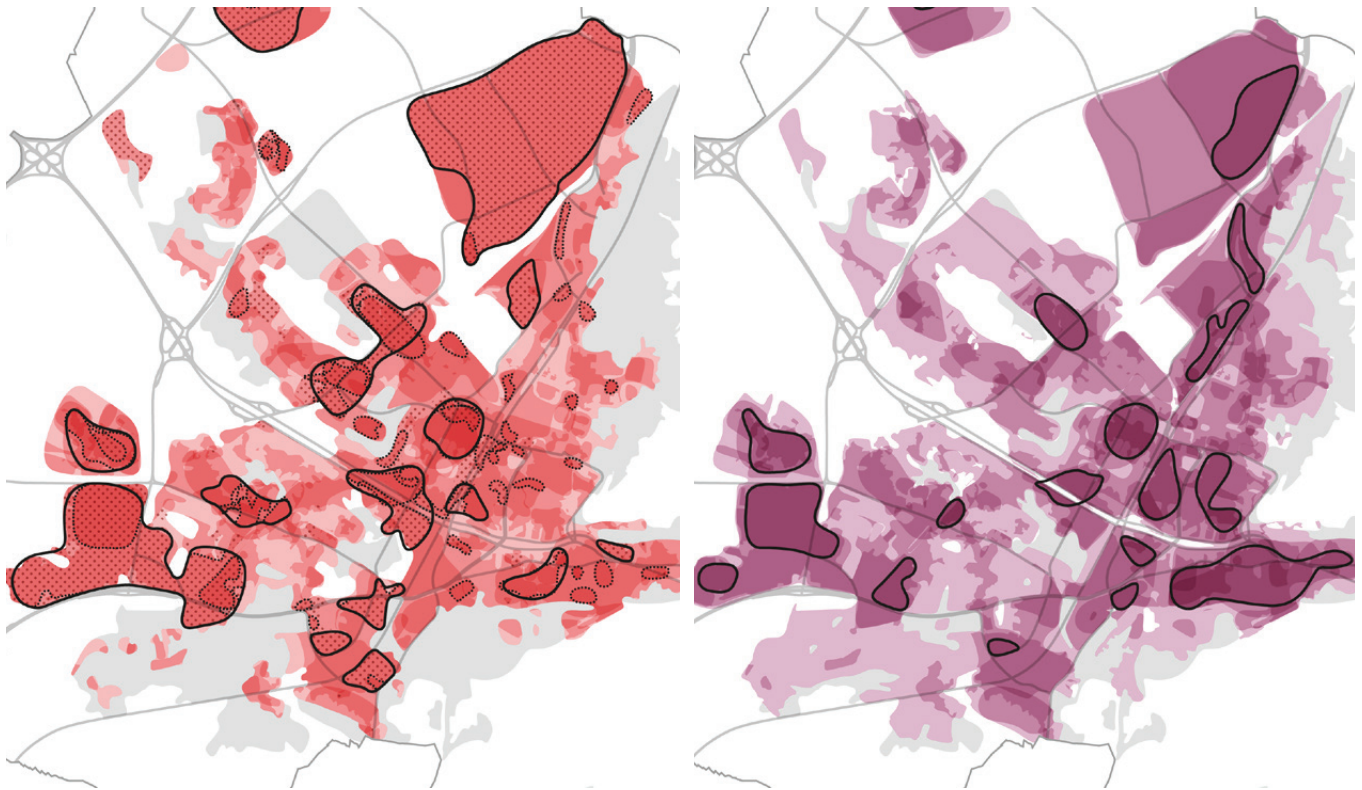
Synthese der Kriterien > Nacht

- Bevölkerungsdichte Gesamtbevölkerung
- Bevölkerungsdichte unter 6-Jährige
- Bevölkerungsdichte über 75-Jährige
- Bevölkerungsdichte über 75-Jährige in 30 Jahren
- sensible Nutzungen
- Defizit an Entlastungsflächen in belasteten Gebieten

Hitzebelastung Nacht

- heute - hoch
- 2050 - hoch
- 2050 - sehr hoch

Kriterien der Vulnerabilitätsanalyse Nachtsituation



Betroffenheitskategorien der Vulnerabilitätsanalyse Tagsituation (links) und Nachtsituation (rechts)

- | | | | |
|--|--|--|---|
| <p> 1. sehr geringe Vulnerabilität
> künftig sehr geringe bis mittlere Hitzebelastung</p> <p> 2. geringe Vulnerabilität
> künftig hohe Hitzebelastung</p> <p> 3. mäßige Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung
> künftig hohe Hitzebelastung + 1 Kriterium</p> | <p> 4. hohe Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung + 1 Kriterium
> künftig hohe Hitzebelastung + 2 Kriterien
> künftig sehr hohe Hitzebelastung</p> | <p> 5. sehr hohe Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung + 2 und mehr Kriterien
> künftig hohe Hitzebelastung + mehr als 2 Kriterien
> künftig sehr hohe Hitzebelastung + mindestens 1 Kriterium</p> | <p> künftig höchste Hitzebelastung (nur am Tag)</p> <p>Kriterien:
> Gesamtbevölkerungsdichte
> sensible Nutzungen (Krankenhäuser, Seniorenwohnen; nur am Tag Schulen, Kindergärten)
> Defizit an Entlastungsflächen</p> |
|--|--|--|---|

Die Kriterien der Vulnerabilitätsanalyse werden gleichwertig gewichtet und räumlich überlagert. Hierdurch ergeben sich für die Tag- und für die Nachtsituation fünf Betroffenheitskategorien:

Betroffenheitskategorie 1

Sehr geringe Vulnerabilität weisen diejenigen Bereiche auf, die sowohl heute als auch künftig eine sehr geringe bis mittlere Hitzebelastung aufweisen. Diese werden somit bei der Identifizierung der Hot Spots nicht weiter berücksichtigt.

Betroffenheitskategorie 2

Geringe Vulnerabilität tritt in denjenigen Bereichen auf, die künftig eine hohe Hitzebelastung aufweisen, bei denen jedoch keine Kriterien der Sensitivitätsanalyse vorhanden sind.

Betroffenheitskategorie 3

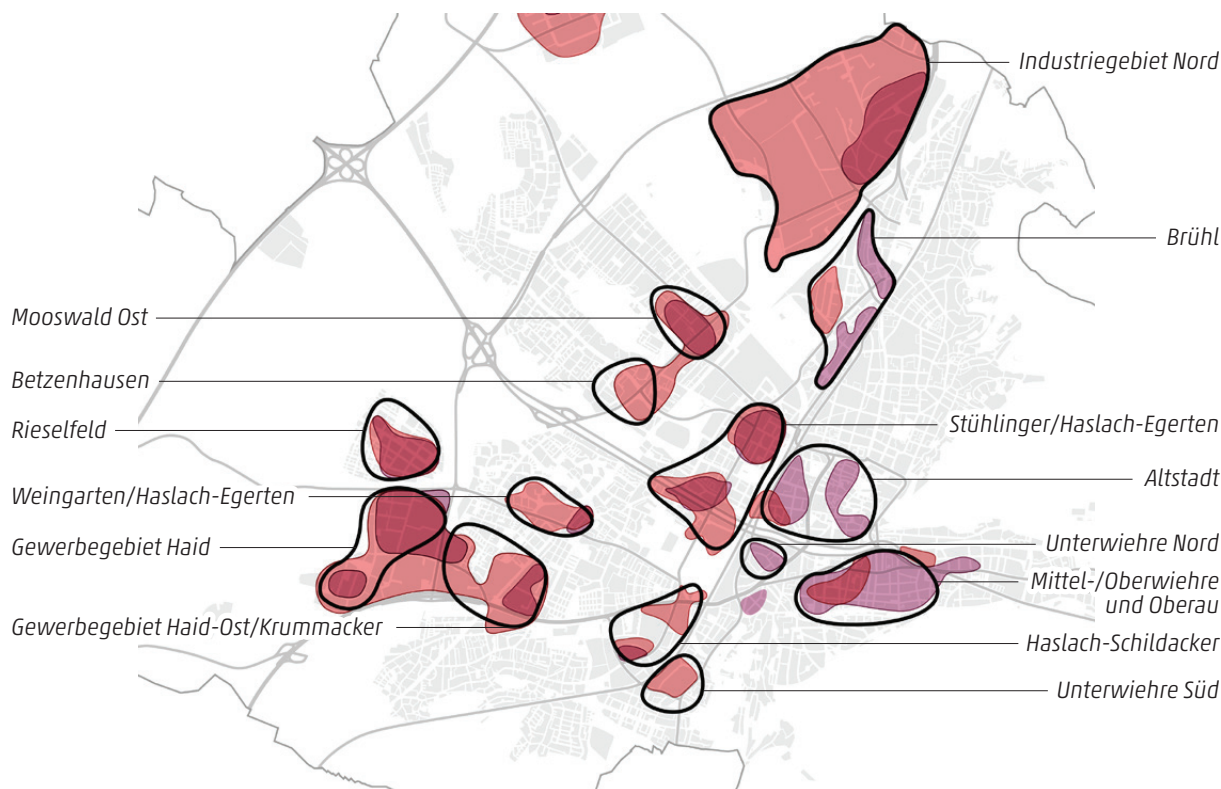
Mäßige Vulnerabilität wird dann vorgefunden, wenn die Hitzebelastung heute bereits hoch ist oder wenn eine künftig hohe Hitzebelastung vorliegt und auf ein weiteres Kriterium der Sensitivitätsanalyse trifft.

Betroffenheitskategorie 4

Eine hohe Vulnerabilität liegt vor, wenn Bereiche bereits heute eine hohe Hitzebelastung aufweisen und ein weiteres Kriterium der Sensitivitätsanalyse vorliegt, eine künftig hohe Hitzebelastung auf zwei weiteren Kriterien der Sensitivitätsanalyse trifft oder künftig eine sehr hohe Hitzebelastung vorzufinden ist.

Betroffenheitskategorie 5

In der höchsten Betroffenheitskategorie liegt bereits heute eine hohe Hitzebelastung vor, die auf zwei oder mehr weiteren Kriterien trifft, tritt künftig eine hohe Hitzebelastung auf, die auf zwei oder mehr Kriterien trifft beziehungsweise tritt künftig eine sehr hohe Hitzebelastung auf und trifft auf mindestens ein weiteres Kriterium.



Identifikation von 14 hitzebelasteten Stadtgebieten, den Hot Spots

3.2 Synthese/Hot Spots

In Freiburg werden über die Betroffenheitskategorien die Bereiche als „Hot Spots“ abgeleitet, die am stärksten von Hitzebelastung betroffen sind und gleichzeitig auf sensible Kriterien wie Bevölkerungsdichte, einem Mangel an Entlastungsflächen oder sensible Bevölkerungsgruppen treffen. Dabei gibt es sowohl spezifische Hot Spots am Tag als auch Hot Spots in der Nacht (siehe Karte oben).

Die Hot Spots am Tag werden vorwiegend aus der Betroffenheitskategorie 5 (sehr hohe Vulnerabilität) gebildet. Kategorie 4 (hohe Vulnerabilität) führt dann zu einem Hot Spot, wenn der Bereich von der künftig höchsten Hitzebelastung überlagert wird. Als Hot Spots zählen jedoch nur Flächen ab einer Größe von 5 Hektar.

Die Hot Spots in der Nacht werden aus der Betroffenheitskategorie 5 (sehr hohe Vulnerabilität) gebildet und weisen ebenso eine Größe von mindestens 5 Hektar auf.

Die identifizierten Bereiche werden abschließend zu 14 Hot Spots zusammengeführt. Hierbei handelt es sich um die Hot Spots Altstadt, Betzenhausen, Brühl, Gewerbegebiet Haid-Ost/Krummacker, Gewerbegebiet Haid, Haslach-Schildacker, Industriegebiet Nord, Mittel-/Oberwieshre und Oberau, Mooswald Ost, Rieselfeld, Stühlinger/Haslach-Egerten, Unterwieshre Nord, Unterwieshre Süd und Weingarten/Haslach-Egerten.

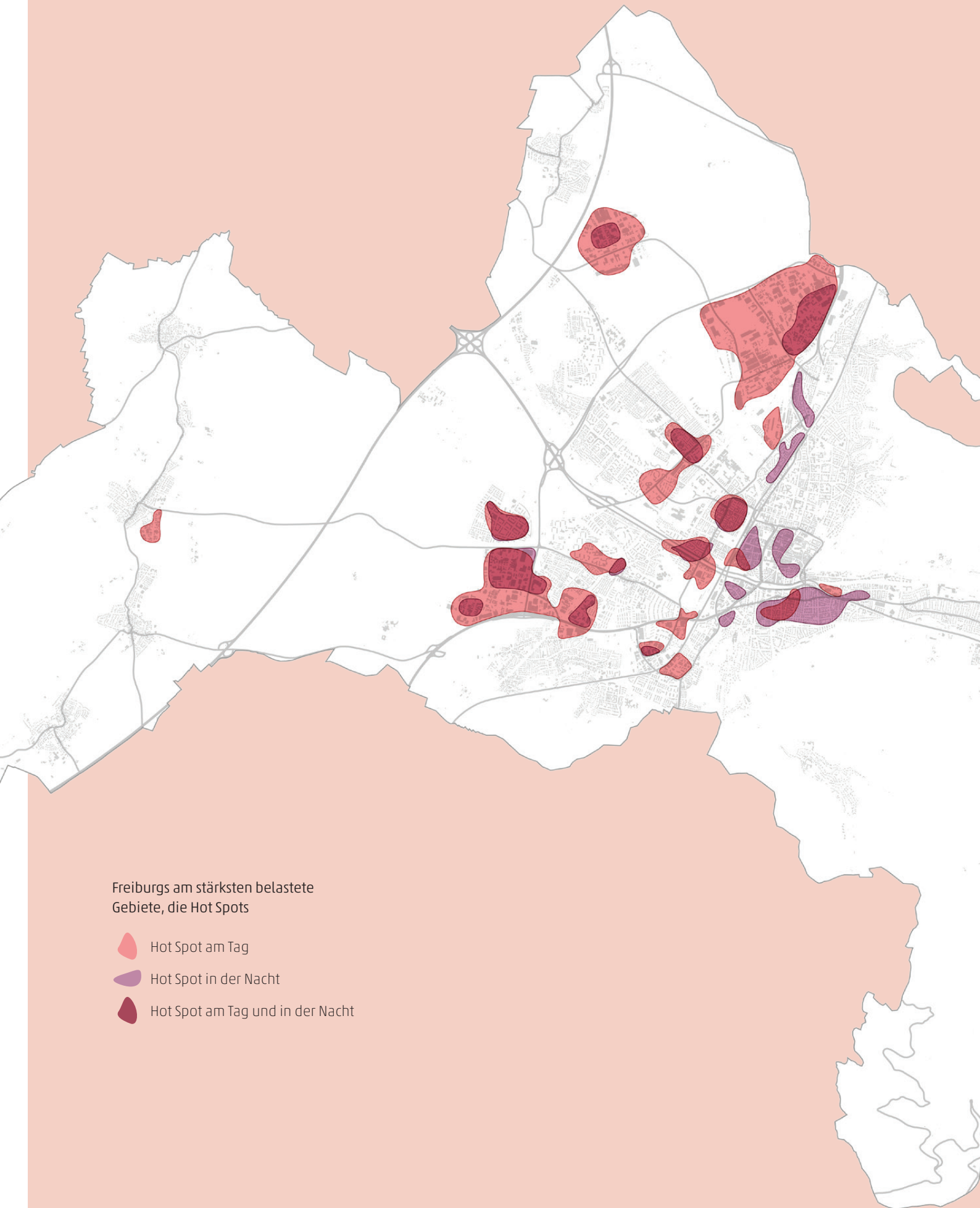
Eine ausführliche Beschreibung der Methodik sowie eine Zusammenstellung aller Auswertungsschritte der Vulnerabilitätsanalyse und der Detailuntersuchung zu den 14

Hot Spots sind separat in dem Kartenmaterial zum Klimaanpassungskonzept enthalten.

Unter den Hot Spots gibt es solche mit nur Tag- oder nur Nachtbetroffenheit. Viele Gebiete weisen aber auch die Doppelbelastung Tag und Nacht auf.

Über die Identifizierung der Hot Spots sind im nächsten Schritt gezielt spezifische Handlungspotenziale in Stadt- und Entlastungsstruktur erarbeitet worden, die sowohl dem gesamtstädtischen System, als auch der lokalen Situation in Quartier und Nachbarschaft zugutekommen.

Sehr wichtig für das Verständnis des Klimaanpassungskonzeptes ist jedoch insbesondere der folgende Aspekt: Von Hitzebelastung betroffen sind in Freiburg eben nicht nur die Hot Spots. Starke Hitzebelastung kann auch in anderen Gebieten der Stadt auftreten. Nur trifft diese Belastung dann nicht auf hohe Bevölkerungsdichte, sensible Nutzungen oder Erholungsraumdefizite. Die Hot Spots stellen die Bereiche dar, in denen mit Vorrang gehandelt werden sollte, in allen anderen Stadträumen ist hitzeoptimierte Planung und Gestaltung jedoch ebenso sinnvoll und erforderlich.



Freiburgs am stärksten belastete
Gebiete, die Hot Spots

- Hot Spot am Tag
- Hot Spot in der Nacht
- Hot Spot am Tag und in der Nacht



4.

Freiburger Hot Spots

Analysiert man auf einer gesamtstädtischen Ebene wie betroffen Freiburg ist, wie in dem vorangegangenen Kapitel mithilfe der Vulnerabilitätsanalyse, so fällt auf, dass es Stadtgebiete gibt, die miteinander vergleichbar sind. Andere Bereiche wiederum unterscheiden sich in ihren Rahmenbedingungen.

Es gibt Gebiete, in denen vorwiegend gewohnt oder gearbeitet wird. Andere unterscheiden sich anhand des Baualters - die Innenstadt mit der historischen Bausubstanz steht im Gegensatz zu den Neubaugebieten Freiburgs. Zudem variieren die demografischen und freiräumlichen Strukturen. Darüber hinaus sind die Hot Spots in ihrer bioklimatischen Situation und Auswirkung verschieden: Nicht alle sind gleichermaßen am Tag und in der Nacht hitzebelastet, weshalb auch abweicht, wer von dem Hitzestress betroffen ist.

Es sollen also einzelne Ausschnitte genauer betrachtet werden, um damit in einem nächsten Schritt die Maßnahmen für die Hitzeminderung ebenfalls differenziert entwickeln zu können.

Dafür werden die am stärksten hitzebelasteten und betroffenen Gebiete, die Hot Spots Freiburgs, detailliert untersucht und erfasst.



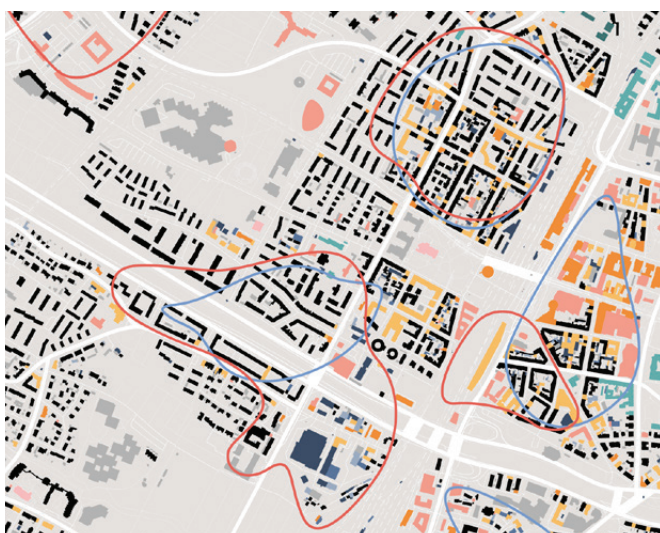
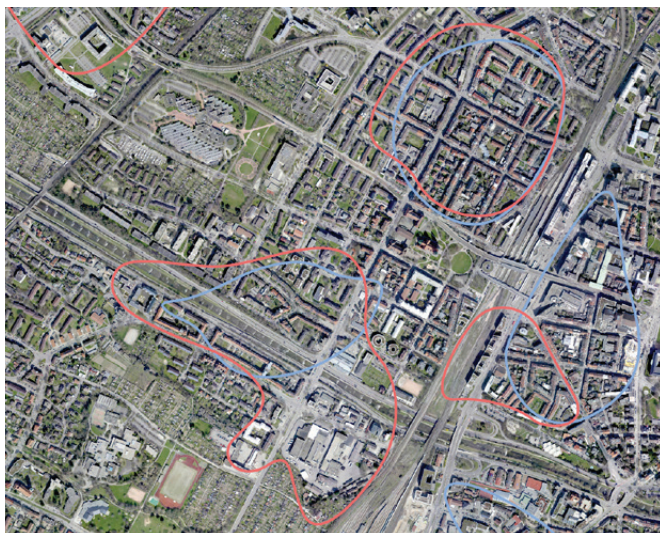
4.1 Detaillierte Untersuchung der Hot-Spot-Gebiete

Die detaillierte Analyse erfolgt auf verschiedenen Ebenen bezüglich des Stadtgefüges, hier unter Einbeziehung bereits vorhandener Ergebnisse wie der bioklimatischen Situation, der Vulnerabilität sowie der Freiraumstruktur. Aus den unterschiedlichen Ebenen werden auf die Stadt- und Freiraumstruktur bezogene Potenzialkarten entwickelt. Diese sollen Auskunft darüber geben, wo und welcher Art mögliche Veränderungen stattfinden können, um die Hot Spots sowohl zu entlasten als auch der zukünftig steigenden Hitzebelastung vorzubeugen. Zu den Untersuchungsebenen, die das Stadtgefüge betreffen, gehören die Stadtstruktur, ihre Nutzungsvielfalt sowie der Versiegelungsgrad. Das Analyseergebnis wird in der Karte „Handlungspotenzial Stadtstruktur“ zusammengefasst.

Die Freiraumstruktur wird anhand bestehender Entlastungsstrukturen analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchung werden in dem Kartenwerk „Handlungspotenzial Entlastungsstruktur“ aufgeführt.

Die bioklimatische Situation wird durch die Vulnerabilitätsanalyse betrachtet, die sich auf die Tag- und Nachtsituation bezieht. Diese spielen eine relevante Rolle in der Bewertung der Potenziale für beide Handlungsfelder, also dem der Stadtstruktur und der Freiraumstruktur.

Die detaillierten Untersuchungen der Freiburger Hot Spots werden im Folgenden anhand des Beispiels des Hot Spots „Stühlinger/Haslach-Egerten“ erläutert. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik sowie eine Zusammenstellung aller Auswertungsschritte der Vulnerabilitätsanalyse und der Detailuntersuchung zu den 14 Hot Spots sind in dem separaten Kartenmaterial zum Klimaanpassungskonzept enthalten. Diese Grundlage wurde für die Auswertung in den Steckbriefen genutzt. Zudem liefern die Karten Erkenntnisse sowohl über ähnliche Herausforderungen als auch Potenziale der einzelnen Hot Spot Gebiete, die wiederum zu einem gesamtstädtischen System zusammengestellt werden können. Des Weiteren bilden die ermittelten Potenziale die Grundlage für die Verortung der Maßnahmen in dem Maßnahmenplan.



> STADTSTRUKTUR

Sowohl der Schwarzplan als auch das Orthobild bilden die Stadtstruktur ab. An beiden Darstellungen kann man baustrukturelle Informationen ablesen.

Zum einen ist das die Bebauungsart: Die Körnung und Anordnung der Gebäude geben Auskunft über die Bautypologie, in dem Klimaanpassungskonzept als Stadtstrukturtypen bezeichnet. Zum anderen zeigen sie die Bebauungsdichten.

Datengrundlage: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)

Stand: Juli 2016

-  Hot Spot am Tag
-  Hot Spot in der Nacht

> NUTZUNGSVIELFALT

Über die Art und die Verteilung der Nutzungen informiert die Darstellung der Nutzungsvielfalt. Die Karte bildet somit ab, ob ein Hot Spot homogen oder gemischt genutzt wird.

Datengrundlage: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)

Stand: Juli 2016

-  Wohnen und sonstige Nutzungen
-  Handel und Dienstleistung mit teilweiser Wohnnutzung
-  Verwaltung, Büros und öffentliche Einrichtungen
-  Krankenhäuser, Hochschulen und Forschungseinrichtungen
-  Betriebe, Lager und Werkstätten

> VERSIEGELUNG

Die Karte zeigt das Ausmaß der Versiegelung der Hot Spot Gebiete und unterscheidet in voll- sowie teilversiegelte Flächen.

In Kombination mit dem Orthobild lassen sich Aussagen über die Oberflächenbeschaffenheit treffen. Diese wiederum kann Auskunft darüber geben, wie wärmeleitfähig ein Material ist und ob viel oder wenig Hitze gespeichert wird.

Datengrundlage: Daten aus der gesplitteten Abwassergebühr

■ vollversiegelt

■ teilversiegelt



> VULNERABILITÄT

Hier werden die fünf Betroffenheitskategorien aus der Vulnerabilitätsanalyse überlagert. Damit zeigen die Karten die Stärke sowie die Verortung der Hitzebelastung am Tag und in der Nacht. Als Ergebnis sind die jeweiligen Hot Spots in Form markierter Gebiete dargestellt. Diese lassen erkennen, ob und in wie fern ein homogenes oder heterogenes Belastungsniveau zwischen der Tag- (oben) und der Nachtsituation (unten) besteht.

■ 1. sehr geringe Vulnerabilität
> künftig sehr geringe bis mittlere Hitzebelastung

■ 2. geringe Vulnerabilität
> künftig hohe Hitzebelastung

■ 3. mäßige Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung + 1 Kriterium
> künftig hohe Hitzebelastung

■ 4. hohe Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung + 1 Kriterium
> künftig hohe Hitzebelastung + 2 Kriterien
> künftig sehr hohe Hitzebelastung

■ 5. sehr hohe Vulnerabilität
> heute hohe Hitzebelastung + 2 und mehr Kriterien
> künftig hohe Hitzebelastung + mehr als 2 Kriterien
> künftig sehr hohe Hitzebelastung + mindestens 1 Kriterium

■ künftig höchste Hitzebelastung

Kriterien:

- > Gesamtbevölkerungsdichte
- > sensible Nutzungen
- > Defizit an Entlastungsflächen

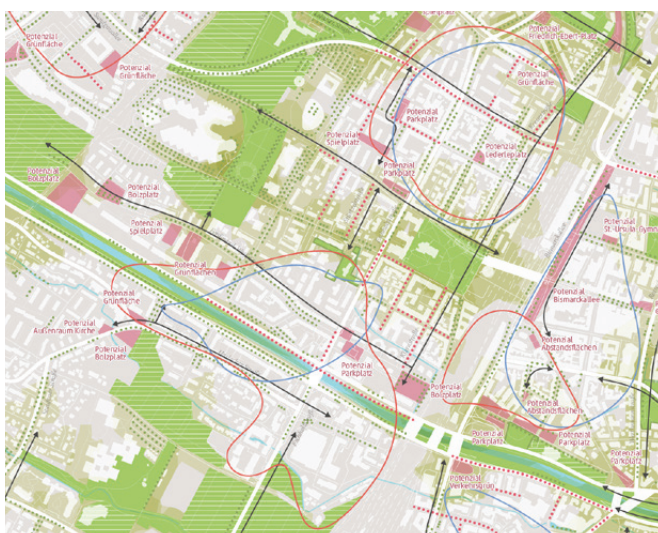




 Innerhalb der Hot Spots sollte eine Nachverdichtung, wenn überhaupt, nur in klimaoptimierter Weise erfolgen.

 Suchraum „Erhöhung der Freiraumversorgung“

 Suchraum „Entsiegelung und Entdichtung“



 Hauptentlastungsflächen

 kleinteilige Hauptentlastungsflächen

 Möglichkeitsräume

 Erreichbarkeit von Entlastungsflächen innerhalb von 5 Minuten Gehgeschwindigkeit Senior (3 km/h)

 Baumbestand

 potenzielle Hauptentlastungswege

 potenzielle Baumergänzung

 potenzielle Entlastungsflächen

> ANALYSEERGEBNIS

Handlungspotenziale Stadtstruktur

Die Analyse der verschiedenen Layer/Ebenen lässt Rückschlüsse auf Handlungspotenziale innerhalb der Stadtstruktur zu. Diese beziehen sich auf eine Erhöhung der Freiraumversorgung, markieren Suchräume für Möglichkeiten der Entsiegelung und Entdichtung und weisen darauf hin, dass innerhalb der Hot Spot Gebiete eine Sensibilisierung im Umgang mit klimaoptimierter Nachverdichtung erforderlich ist.

> ANALYSEERGEBNIS

Handlungspotenziale Entlastungsstruktur

Für die Handlungspotenziale der Entlastungsstruktur wird zunächst die Bestandssituation analysiert. Hierbei bilden die Kategorisierung von Entlastungsflächen und die Berechnung ihrer Einzugsbereiche einen entscheidenden Baustein. Des Weiteren wird der Baumbestand überprüft, da eine verschattete Zuwegung zu Entlastungsflächen optimal ist.

Potenzielle Baumergänzungen und potenzielle Entlastungsflächen bilden hierbei einen Lückenschluss, falls die bestehenden Freiraumstrukturen innerhalb der Hot Spot Gebiete Lücken aufweisen.

Über die bestehenden Strukturen und potenziellen Bausteine lässt sich letztlich ein potenzielles Wegesystem ablesen, welches fußläufig eine möglichst schnelle Erreichbarkeit zu den Entlastungsflächen gewährleisten soll.

Die markierten Potenziale zeigen auf, wo rein aus stadtklimatischer Sicht Defizite bestehen und mögliche Anknüpfungspunkte für eine Verbesserung gesehen werden. Sie sind nicht auf Umsetzbarkeit und auf Zielkonflikte mit bestehenden Nutzungen geprüft. Sie geben jedoch wertvolle Hinweise, wo bei Nutzungsänderungen Potenziale für eine Klimaoptimierung geprüft werden sollten.



Entlastungsräume



zugangsbeschränkte Entlastungsräume



Trittsteine auf den Hauptwegen



Potenzial: Straßenräume als
kleinteilige Entlastungsräume



An das Entlastungssystem angebundene
Schulhöfe, Spielplätze und Kirchenplätze



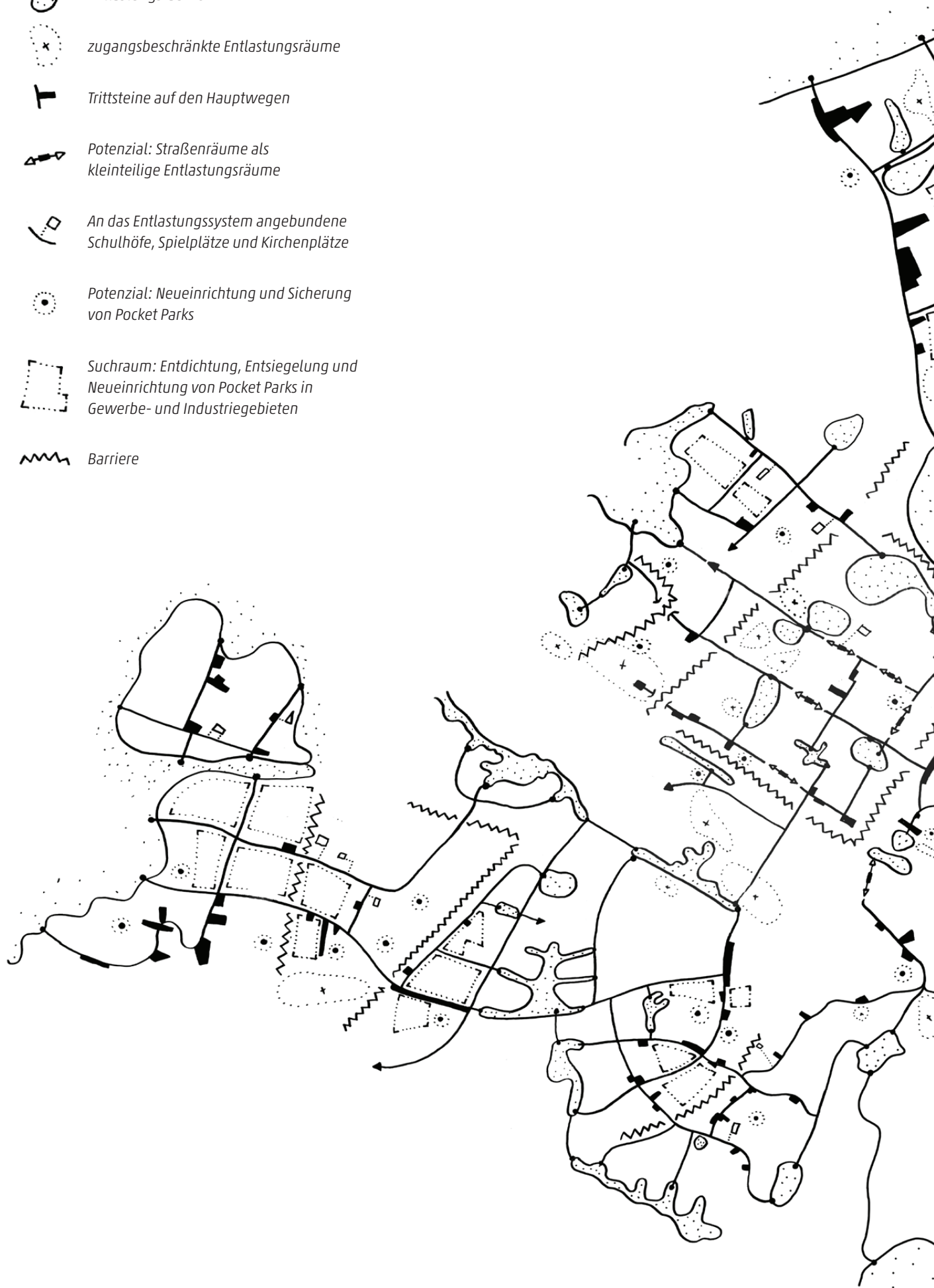
Potenzial: Neueinrichtung und Sicherung
von Pocket Parks

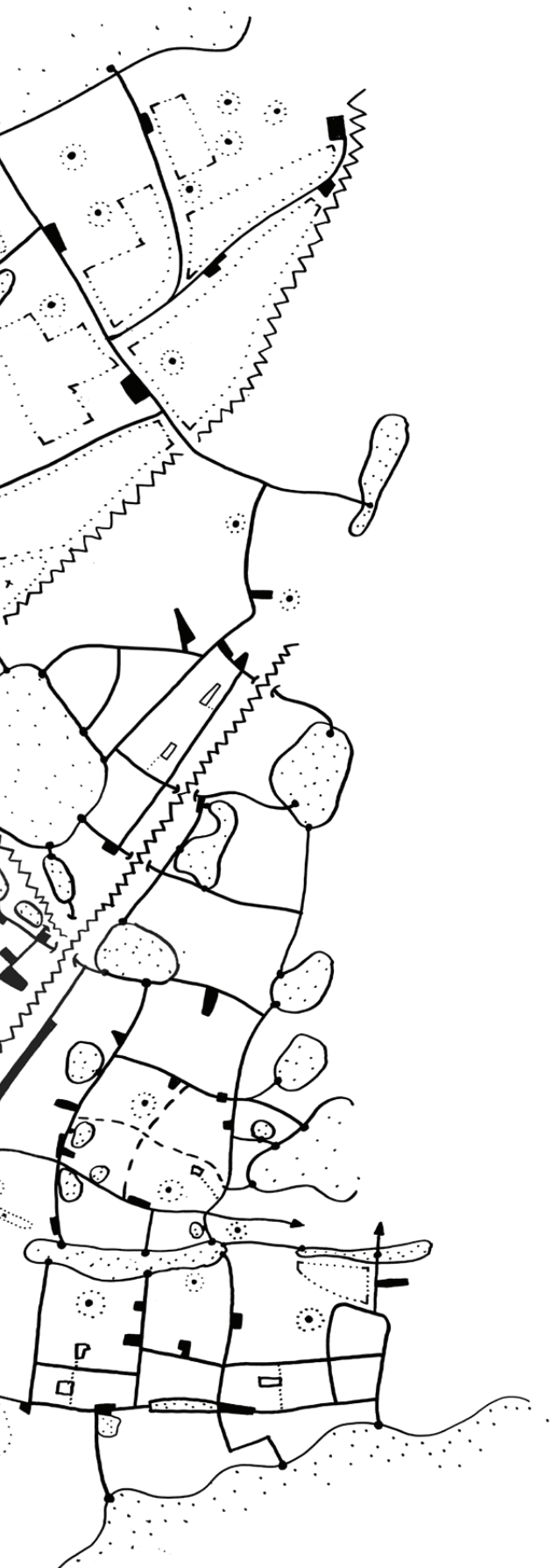


Suchraum: Entdichtung, Entsiegelung und
Neueinrichtung von Pocket Parks in
Gewerbe- und Industriegebieten



Barriere





4.2 Steckbriefe

Das Kartenmaterial der detaillierten Hot-Spot-Untersuchungen wird in Form steckbriefartiger Beschreibungen ausgewertet. Die vierzehn ausgewiesenen Hot Spots sind in alphabetischer Reihenfolge geordnet.

Die vier übrigen ebenfalls hitzebelasteten Areale werden wie folgt den Hot Spots zugewiesen: Das Gewerbegebiet Hochdorf entspricht bezüglich dessen Analyse sowie Stadtstrukturtyp dem Industriegebiet Nord; mit der Besonderheit, dass das Gebiet fast vollständig von Wald umgeben ist. Der Tagsituation des Gewerbegebiets Haid-Ost/Krummacker ähnelt das Gewerbegebiet Opfingen. Obwohl unbebautes Land dieses mehrheitlich umgibt, bewirken die Ackerflächen keine ausreichende bioklimatische Entlastung. Die Gewerbezone 3, Teil der östlichen Wiehre, kann dem am Tag belasteten Hot Spot des Gewerbegebiets von Stühlinger/Haslach-Egerten zugeordnet werden. Beide weisen dieselbe Ausgangslage auf. Das Areal der offenen Blockränder westlich des Hot Spots Mittel-/Oberwiehre und Oberau gleicht der Nachtsituation desselben und fällt somit besagtem Hot Spot zu.

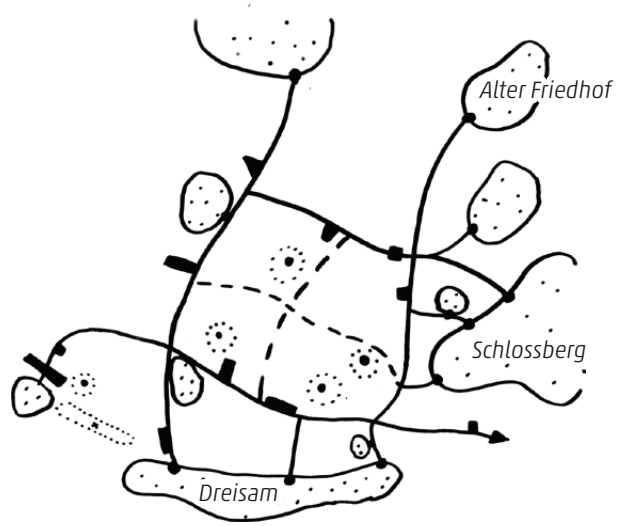
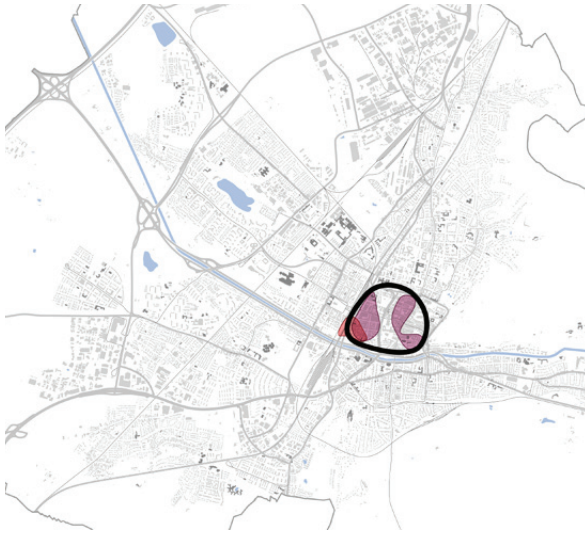
Jeder Steckbrief umfasst die drei Abschnitte „Analyse und Charakterisierung“, „Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte“ sowie „Prüfaufträge“.

Zunächst wird jeder Hot Spot anhand folgender Kriterien erläutert: Bebauungsstruktur, Versiegelung, Nutzungen, Bevölkerungsdichte, Freiraumstruktur und bioklimatische Einflüsse. Durch die aufgestellte Charakterisierung lassen sich Auslöser für den Hitzestress sowie Entlastungsdefizite feststellen. Der erste Abschnitt beschäftigt sich also mit der Frage, warum ein Hot Spot als solcher ausgewiesen ist.

Der zweite Abschnitt beschreibt die daraus resultierende Belastungssituation. Welches Ausmaß erreicht die Hitzebelastung am Tag und in der Nacht, sowohl aktuell als auch zukünftig bis zum Jahr 2050? Welche Nutzergruppen sind wo und bei welchen Tätigkeiten betroffen? Daraufhin werden die relevanten Ansatzpunkte identifiziert.

Aus den Schwerpunkthemen können letztlich Prüfaufträge an die Planung abgeleitet werden - sei es bezüglich der Freiräume, Infrastruktur oder Gebäude. Somit formuliert der dritte Abschnitt potenzielle Maßnahmen für die Entlastung der Hot Spots und zeigt sowohl den Handlungsbedarf als auch den möglichen Spielraum der jeweiligen Gebiete auf.

Skizze des Entlastungssystems der Gesamtstadt Freiburg.



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Altstadt

1

HOT SPOT „ALTSTADT“

Analyse/Charakterisierung

- > **Bebauungsstruktur:** Durch die historische Kernstadtbebauung und das Mosaik umfangreicher Neu- und Anbauten weist die Altstadt eine sehr hohe bauliche Dichte auf, auch innerhalb der Blöcke. Die Innenhöfe der geschlossenen und offenen Blockränder der restlichen Innenstadt sind mit unterschiedlich großen Baukörpern verdichtet. Dazwischen befinden sich unter anderem Einkaufszentren, Bürokomplexe und Universitätsgebäude.
- > **Versiegelung:** Die dichte Baustruktur bedingt nahezu vollständig versiegelte Böden. Die unbebauten Flächen sind zudem ebenfalls größtenteils versiegelt.
- > **Nutzungen:** Das intensiv genutzte Gebiet ist geprägt von Handel mit teilweiser Wohnnutzung, öffentlichen Einrichtungen aller Art, Büros sowie mehreren Hochschulgebäuden der Universität. Reine Wohnbebauung befindet sich vermehrt im Süden. Zu den vorhandenen sensiblen Nutzungen gehören Kindergärten, Schulen und Seniorenwohnanlagen.
- > **Bevölkerung:** Auch in der Altstadt wird gewohnt. Einzelne Bereiche im Südosten und -westen weisen eine höhere Bevölkerungsdichte auf. Es ist zu erwarten, dass die heutige mittlere bis hohe Dichte der über 75-Jährigen im östlichen Teil der Altstadt in den nächsten 30 Jahren rückläufig sein wird.
- > **Freiraumstruktur:** Die Altstadt verfügt nur über wenige private Freiräume. Auch begrünte Innenhöfe und öffentliche Grünanlagen gibt es nur in geringem Umfang. Direkt an die Altstadt grenzen jedoch die beiden Hauptentlastungsflächen am Schlossberg und an der Dreisam an, wobei letzterer durch die B31 bisher stark eingeschränkt und auch abgegrenzt wird. Insgesamt sind in dem Hot Spot wenige Bäume vorhanden, insbesondere im öffentlichen Raum.
- > **Bioklimatische Einflüsse:** Aufgrund des hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrades und des Defizits an

Grünflächen in der Altstadt kommt es hier während sommerlicher Hitzeperioden zu einer starken Erwärmung der Baumassen, was zu einem ausgeprägten nächtlichen Wärmeinseleffekt führt. Die Kaltluftabflüsse des angrenzenden Schwarzwaldes können die dichten Baustrukturen der Kernstadtbereiche nur teilweise bodennah durchdringen. Dies führt nachts zu einer mittleren bis sehr starken Belastung. Am Tag ist die bioklimatische Situation vorwiegend als weniger günstig bis günstig zu bewerten. Die vergleichsweise bessere Tagsituation ist in der gebäudebedingten Verschattung der Außenbereiche begründet. Die wenigen Grünflächen in der Altstadt besitzen eine hohe bioklimatische Bedeutung.

Die vielen versiegelten Flächen sowie die verdichtete Bebauung speichern tagsüber die Hitze und erwärmen nachts die Luft. In Kombination mit den unzureichenden Durchlüftungsmöglichkeiten entsteht in der Altstadt ein Hot Spot. Die geringe Anzahl an kühlenden „Grünoasen“ verschärft die Situation zusätzlich. Diese Entlastungsflächen sind jedoch für einen angenehmen, kühlen Aufenthalt in der Altstadt sehr bedeutsam und erleichtern in Teilbereichen die bioklimatische Situation.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Aktuell besteht tagsüber im südwestlichen Bereich des Hot Spots an den Gleistrassen eine geringe bis mittlere Hitzebelastung, diese verschärft sich bis zum Jahr 2050 zu hoher bis sehr hoher Betroffenheit. Betroffen ist hier hauptsächlich die Wohnbevölkerung, jedoch sind in Schulen und Seniorenheimen auch Kinder und Hochbetagte als sensible Gruppe tagsüber dem Hitzestress ausgesetzt.

Nachts sind zwei Bereiche der Altstadt betroffen. Da sich das Gebiet dann nicht abkühlt, sind die Bewohnerinnen und Bewohner einer besonders hohen Belastung ausgesetzt, weil sie sich nicht erholen können. Insbesondere



Luftbild der Altstadt

die ältere Bevölkerung betrifft dies stärker. Da das Gebiet nicht über eigene Flächen verfügt, die zu einer nächtlichen Abkühlung beitragen, muss die Abkühlung durch die Zufuhr von Kaltluft von außen erfolgen.

Die zwei nachts belasteten Gebiete befinden sich entlang der Werthmannstraße sowie in dem historischen Kerngebiet. Hier besteht derzeit eine mittlere bis hohe, 2050 eine sehr hohe Betroffenheit. Nachts ist die Altstadt damit mehrheitlich stärker hitzebelastet als tagsüber. Dies bedeutet jedoch nicht unmittelbar eine höhere Vulnerabilität: Nachts sind, unter anderem aufgrund der Mischnutzung, weniger Menschen anwesend. Andererseits befinden sich im östlichen Bereich zwei Seniorenwohnheime. Hiermit entsteht auch tagsüber wieder eine Betroffenheit. Über den energetischen Gebäudestandard sowie die Gebäudeklimatisierung liegen keine Angaben vor. Aufgrund der hohen Baudichte wären dies jedoch wirkungsvolle Handlungsfelder.

Qualitativ hochwertige Freiräume sind mit den großen Erholungsflächen des Schlossbergs und entlang der Dreisam gegeben. Allerdings besteht hier teils Verbesserungspotenzial hinsichtlich ihrer Zugänglichkeit. Da die Freiraumversorgung mit klimawirksamen Grünflächen innerhalb des Gebiets insgesamt mangelhaft ist, sollten

klimatische Entlastungsflächen verbessert beziehungsweise neu geschaffen werden. Ein besonderer Anpassungsbedarf liegt zudem in der Bebauungsstruktur und den versiegelten Flächen, auch wenn das dichte Stadtgefüge der Altstadt lediglich geringen Handlungsspielraum eröffnet.

Prüfaufträge

Die Altstadt ist ein Handlungsraum mit Besonderheiten. Als Innenstadt mit teils mittelalterlichen Strukturen ist sie großflächig versiegelt und lediglich geringfügig durchgrünt. Dies lässt sich nur bedingt verändern, denn Baum- und Grünergänzungen oder einer umfangreicheren Entsiegelung sind enge Grenzen gesetzt. Hinter- und Innenhöfe bieten gegebenenfalls mehr Eingriffsmöglichkeiten. Zusätzliche Wasserelemente oder Baumpflanzungen können jedoch die Aufenthaltsqualität in der Altstadt noch angenehmer gestalten.

Für die Freiburger Altstadt gibt es aufgrund ihrer besonderen Gegebenheiten ein spezifisches Maßnahmenpaket. Um den Stadtkörper bereits tagsüber abzukühlen und damit auch die nächtliche Hitzebelastung zu entschärfen, kann das Potenzial der Gebäude selbst genutzt werden: Fassaden- und Dachbegrünung kann unter Beachtung des Denkmalschutzes gefördert werden. Ebenso können sommerlicher Wärmeschutz, technische Gebäudekühlung und energetische Gebäudesanierung hilfreich sein. Welche der verdichteten Innenhofbereiche zukünftig baulich rückgebaut oder entsiegelt werden könnten, muss im Einzelfall geprüft werden.

In der Altstadt lohnt es sich, neue potenzielle Kleinentlastungsräume zu identifizieren und diese als Trittsteine oder Pocket Parks zu klimawirksamen Erholungsräumen zu entwickeln. Zudem ist es möglich, die Dreisam und deren Uferbereich im Zuge des Tunnelbauprojekts der B31 zugänglicher zu gestalten. Vorhandene Grünflächen der Altstadt sind hingegen vorrangig vor Bau- und Nutzungsdruck zu schützen.

Das Fokusgebiet im Norden des Hot Spots stellt beispielhaft vor, wie der Stadtstrukturtyp „Kernstadtbereich/Altstadt“ durch konkrete Anpassungsmaßnahmen zukünftig entwickelt werden kann (siehe Abschn. 5.4, S. 160).

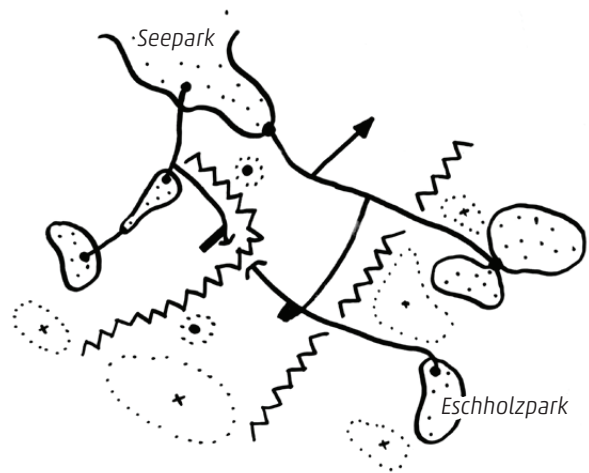
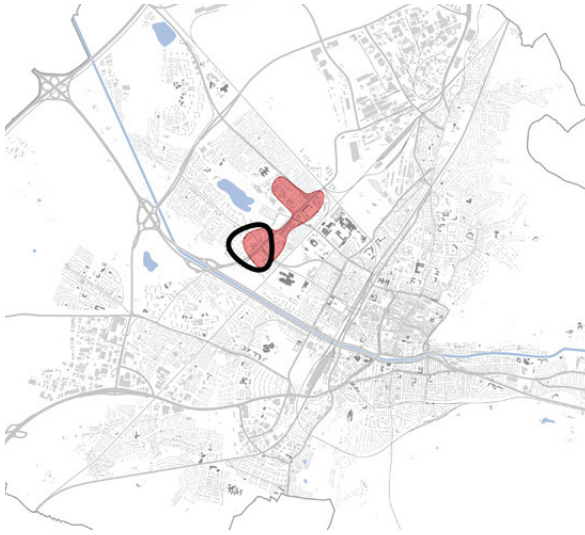
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Betzenhausen

2

HOT SPOT „BETZENHAUSEN“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Das locker bebaute Gebiet weist eine Mischung aus Großstrukturen, Zeilenbebauung, Großwohnsiedlungen sowie einem geringen Anteil Geschosswohnungsbau und Gewerbe auf.
- › **Versiegelung:** Der Hot Spot „Betzenhausen“ zeigt sich mittelmäßig stark versiegelt. Höhere Versiegelungsgrade treten insbesondere in den Bereichen mit Großstrukturen und an dem Verkehrskreuz Berliner Allee/Sundgauallee auf, wo sich Straßen, Wege und Gleise auf mehreren Ebenen kreuzen.
- › **Nutzungen:** Neben Wohnnutzung finden sich hier Verwaltungs- und Bürogebäude sowie weitere öffentliche und kirchliche Einrichtungen. Dazu gehören das Telekomgebäude mit städtischem Vermessungsamt, das Polizeipräsidium, das Regierungspräsidium sowie zwei Kindergärten. Zudem gibt es auch Einzelhandel in geringerem Umfang.
- › **Bevölkerung:** Die Bevölkerungsdichte ist mittel bis gering. In den Wohnbereichen leben derzeit wenige Kinder unter sechs Jahren sowie durchschnittlich viele über 75-Jährige. Es ist zu erwarten, dass der Seniorenanteil innerhalb der nächsten 30 Jahre in etwa konstant bleibt.
- › **Freiraumstruktur:** Das Gebiet verfügt dank der vielen Bäume, Freiräume und begrünten Abstandsflächen über einen relativ hohen Vegetationsanteil. Zudem sind bereits mehrere größere Dachflächen begrünt. Dennoch bestehen insbesondere in den nord-nordöstlichen Wohnbereichen leichte Defizite an öffentlichen Freiflächen und größere Defizite an privaten Erholungsflächen. Betrachtet man den Hot Spot in größerem Rahmen, wird der Zusammenhang mit dem Hauptentlastungsraum Seepark im Nordwesten und der Kleingartenanlage im Süden deutlich.

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Ein Großteil der Bebauung des Stadtteils Betzenhausen ist von begrünten Abstandsflächen umgeben, die die nächtliche Durchlüftung begünstigen. Die bioklimatische Situation ist hier bei einer schwach ausgeprägten Überwärmung dementsprechend vorwiegend als günstig bis sehr günstig zu bewerten. Dem stehen die großen Baustrukturen im Osten des Areals gegenüber, wo die vielen versiegelten Oberflächen zu weniger günstigen Bedingungen führen. Vor allem am Tag heizen sich die dort liegenden Straßen, Gleise und Großstrukturen stark auf. Den Kleingärten Unter Metzgergrün sowie den Grün- und Freiflächen zwischen dem Mühlbach und dem Dreisamufer wird als Kaltluftlieferanten speziell in der Nacht eine sehr hohe Bedeutung beigemessen.

Baustrukturell stellen der im Zentrum des Hot Spot Gebiets gelegene Büro- und Verwaltungskomplex sowie die Verkehrsinfrastruktur den Hauptauslöser der lokalen Wärmeinsel dar. Die Grünflächen sind nur eingeschränkt nutzbar, was eine mangelnde Entlastung bedingt.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Betzenhausen weist eine differenzierte Belastungssituation am Tag und in der Nacht auf. Heute liegt die Belastung am Tag im mittleren Bereich. Bis 2050 steigt diese bis auf das höchste Niveau an. Zum einen sind hierbei die Bewohnerinnen und Bewohner betroffen, die sich tagsüber in den Wohnbereichen aufhalten. Dies betrifft die sensiblen Nutzergruppen der sehr jungen und der älteren Bevölkerung in besonderem Maß. Zum anderen ist auch die Arbeitsbevölkerung dem Hitzestress ausgesetzt, vorwiegend in den mittleren und südlichen Bereichen.

Insgesamt sind zwar reichlich Grünflächen vorhanden. Da diese jedoch für die Öffentlichkeit oft wenig nutzbar sind, mangelt es an tatsächlich bioklimatisch wirksamen Entlastungsflächen für Wohn- und Arbeitsbevölkerung, sowohl im privaten als auch im öffentlichen Bereich.



Luftbild von Betzenhausen

Derzeit besteht nur eine geringe nächtliche Hitzebelastung. Bis zum Jahr 2050 verzeichnet lediglich der Baukomplex des Telekomgebäudes eine sehr hohe Betroffenheit. Da die Menschen hier nachts nicht anwesend und damit nicht betroffen sind und das restliche Gebiet nicht übermäßig belastet ist, wird Betzenhausen nicht als nächtlicher Hot Spot ausgewiesen.

Besonderer Handlungsbedarf besteht zum einen in der qualitativen Verbesserung der Freiräume in den nördlichen und westlichen Wohnbereichen. Zum anderen bieten die Gebäude selbst sowie die Infrastruktur Potenzial zur klimawirksamen Anpassung des Hot Spots.

Prüfaufträge

Um den Bewohnerinnen und Bewohnern mehr entlastende Freiräume zur Verfügung zu stellen, können die bestehenden Grünflächen besser nutzbar und zugänglich gemacht werden. Somit würden die bestehenden Flächen als Kühlzonen aktiviert und das Abkühlungspotenzial gezielt eingesetzt, das von den Abstandsflächen selbst erzeugt werden kann.

Des Weiteren kann in Betracht gezogen werden, die Dachflächen zu begrünen oder bestehende Begrünungen

zu intensivieren, insbesondere bei den Großstrukturen wie dem Telekomgebäude. Ebenso gilt es zu prüfen, ob die umfangreich vorhandenen Parkplatzflächen entsiegelt und durch Materialien mit geringer Wärme- und Speicherkapazität ersetzt sowie konsequent mit Bäumen verschattet werden können.

In diesem Gebiet bieten sich außerdem umfangreiche Begrünungsmaßnahmen im Verkehrsraum an, insbesondere an der Berliner Straße und der Sundgaullee. Hiermit ließe sich der Hot Spot weiter bioklimatisch entlasten.

Innerhalb des Hot Spots ist aus klimatischer Sicht eine Nachverdichtung nur dann möglich, wenn diese klimaoptimiert durchgeführt wird. Bei Entwicklungen, auch in der Umgebung des Gebiets, ist darauf zu achten, die Kaltluftlieferung durch eine geschickte Gebäudestellung und Grünflächen zwischen den Entwicklungsbereichen zu erhalten, um ein Zusammenwachsen von zukünftigen, nächtlichen Wärmeinseln zu vermeiden.

Für das Areal rund um das Telekomgebäude als Fokusgebiet werden exemplarisch für den Stadtstrukturtyp „Großstrukturen“ Handlungsmöglichkeiten vorgeschlagen (siehe Abschn. 5.4, S. 166).

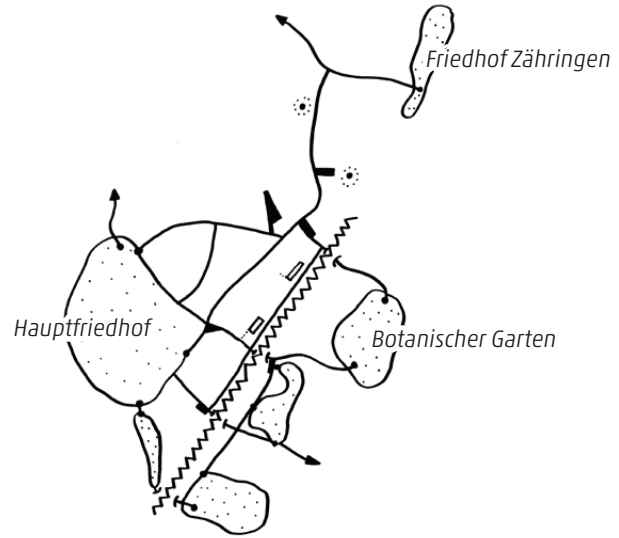
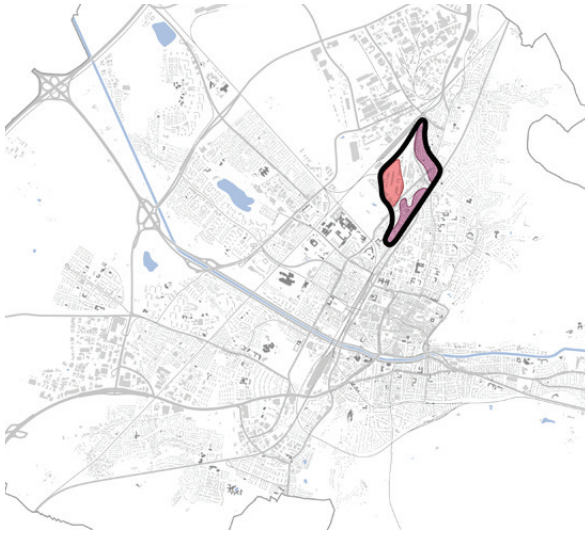
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Brühl

3

HOT SPOT „BRÜHL“

Analyse/Charakterisierung

- > **Bebauungsstruktur:** Eine Mischung aus Gewerbe und Industrie, geschlossenem und offenem Blockrand, der im Inneren meist nur geringfügig bebaut ist, Zeilenbebauung sowie Geschosswohnungsbau und ein Wohnhochhaus bilden die Bebauungsstruktur.
- > **Versiegelung:** Im Westen verursachen vor allem die großflächigen Gebäude und Infrastrukturen überwiegend geschlossene Oberflächen. Ansonsten ist Brühl aufgrund der meist offenen Baustruktur mittelmäßig versiegelt.
- > **Nutzungen:** Gewerbliche Nutzungen mit Betrieben, Lagern und Werkstätten finden sich vor allem im nordwestlichen Bereich. Das westlich gelegene Güterbahnhofsareal wird von einem ehemals rein gewerblich geprägten Gebiet zu einem Mischgebiet überplant. Dadurch verändert sich die Nutzungsstruktur bereits deutlich und es kommen zukünftig weitere Wohngebäude hinzu. In dem restlichen Stadtteilgefüge wird vorwiegend gewohnt, ergänzt durch Handels- und Bürogebäude sowie sonstigen Nutzungen wie Hotel, Kino und Kindergärten.
- > **Bevölkerung:** Die Bevölkerungsdichte in dem Hot Spot fällt hoch bis sehr hoch aus, außer aktuell im westlichen Bereich. Allerdings werden zukünftig auch dort Menschen aller Altersgruppen zuziehen. Derzeit bestehen mittlere bis hohe Anteile der unter 6-Jährigen im südlichen Bereich sowie geringe bis mittlere Anteile der über 75-Jährigen in dem Gesamtgebiet. Es ist zu erwarten, dass der Seniorenanteil innerhalb der nächsten 30 Jahre tendenziell ansteigt.
- > **Freiraumstruktur:** Der nördliche und östliche Bereich des Hot Spots verfügt über viele (teil-)begrünte Innenhöfe und guten Baumbestand. Zudem ermöglicht die offene Blockrandbebauung gute Luftzirkulations- und -austauschprozesse. In dem gesamten Gebiet mangelt es an öffentlichen Freiräumen. Im

westlichen Bereich gibt es ebenfalls wenig Vegetation. Der Hauptfriedhof grenzt als Hauptentlastungsraum südwestlich direkt an das Gebiet.

- > **Bioklimatische Einflüsse:** Die bioklimatische Situation am Tag ist im Bereich der Gewerbeflächen im Norden und im Zentrum des Brühler Stadtteils als weniger günstig anzusehen. Die vielen versiegelten Oberflächen und die unbegrünten Freiflächen heizen sich während sommerlicher Strahlungswetterlagen stark auf, so dass sie bis zu 20 Tage im Jahr stark wärmebelastet sind. Zudem führt dies in der Nacht zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt, so dass die bioklimatische Situation in diesen Arealen als ungünstig zu bewerten ist. Die von den im Osten liegenden Schwarzwaldhängen abfließende Kaltluft dringt bis in das Güterbahnhofsareal vor, während die Siedlungsflächen im Norden und Südosten des Gebiets außerhalb des Kaltluftwirkungsbereichs liegen. Die Lufttemperatur in den Nachtstunden ist deutlich zu warm, sodass die bioklimatische Situation als weniger günstig einzustufen ist. Tagsüber verzeichnen diese Siedlungsareale aufgrund der lockeren Bebauung und Durchgrünung günstigere bioklimatische Verhältnisse. Die Grün- und Freiflächen sind aufgrund der geringen Mikroklimavielfalt am Tag moderat belastet und vorwiegend nachts klimatisch relevant.

In dem nördlichen Gewerbegebiet entsteht eine Wärmeinsel sowohl durch den hohen Versiegelungsgrad und die großen Baukörper als auch durch die Wärmeemissionen der Betriebe. Die Wärmeinsel beeinträchtigt auch die angrenzenden Bereiche. Dort sorgen weitere große Stadtkörper für zusätzliche Belastung. Da stadtklimatisch wirksame Freiflächen weiter entfernt liegen sowie der nächtliche Kaltluftabfluss diese Gebiete aufgrund deren Gebäudestruktur nicht erreichen, wird der Hot Spot in der Nacht nicht ausreichend entlastet.



Luftbild von Brühl

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Tagsüber zeigt sich Brühl derzeit gering bis mittelmäßig hitzebelastet, das Güterbahnhofareal hingegen stark. Dort steigt die Belastung bis 2050 noch stärker an, wohingegen ansonsten lediglich einzelne Baufelder betroffen sind. Daher ist das Güterbahnhofareal ein tagsüber belasteter Hot Spot. Betroffen sind hier derzeit noch vornehmlich Gewerbetreibende, zukünftig wird der Hitzestress jedoch auch die Wohnbevölkerung treffen. Aufgrund der geringen Anzahl schattiger, kühlender Aufenthaltsorte, sind die Arbeitenden sowie bald auch Wohnende tagsüber der Sonneneinstrahlung und dem Hitzestress ausgesetzt.

Nachts ist das Gebiet mittelmäßig bis stark belastet. Bis 2050 ist der gesamte Hot Spot durchgängig sehr stark strapaziert. Da auf dem Güterbahnhofareal derzeit nachts kaum Menschen betroffen sind, gilt dieses Umfeld nachts nicht als vulnerabel. Mit der Nutzungsänderung und der zunehmenden Bevölkerungsdichte kann sich das Areal jedoch ebenso zu einem auch nachts belasteten Gebiet entwickeln. Anders dagegen im restlichen Brühl: Hier fehlt vielen Menschen bereits heute die nächtliche Erholung, darunter auch sensible Nutzer wie Kinder und ältere Bevölkerung. Das Wohnumfeld im östlichen Bereich wird damit zu einem nächtlichen Hot Spot.

Schwerpunkte des Handlungsbedarfs liegen in der Änderung der Oberflächen und der klimatischen Optimierung der großen Gebäudevolumina. Ebenso gilt es, Maßnahmen im Bereich der Freiräume umzusetzen, damit sich die Betroffenen tagsüber und nachts erholen können.

Prüfaufträge

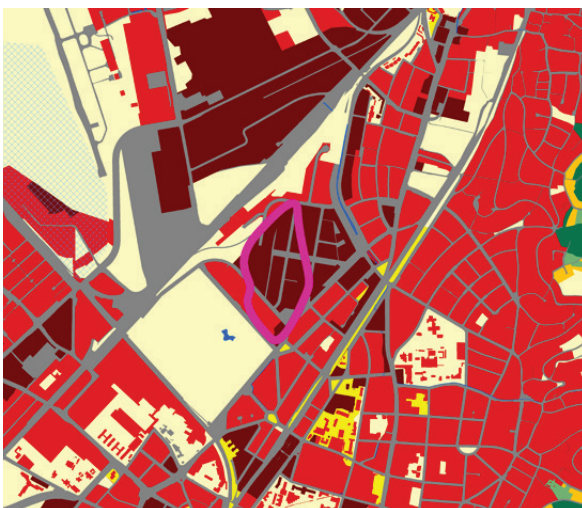
Für die Kühlung der Luft sollten Oberflächen in dem Hot Spot konsequent entsiegelt werden. Dies betrifft insbesondere die Parkplatz- und Abstellflächen in den Gewerbebereichen im Westen und Norden sowie den ehemaligen Güterbahnhof. Ein Bodenbelag mit geringer Wärmeleitfähigkeit und Speicherkapazität würde tagsüber weniger Sonneneinstrahlung speichern und somit die Hitzebelastung reduzieren. Für eine Unterstützung des Kaltluftaustauschs können auf Infrastruktur- und Platzflächen Begrünung und Baumpflanzungen angedacht werden. Weitere Entlastung brächten Fassaden- und Dachbegrünungen mit sich.

Die begrünten Höfe und die Durchlässigkeit der Blockrandbebauung sollte erhalten werden. Um mehr klimawirksame Freiräume zu Erholungszwecken sowohl im privaten als auch öffentlichen Bereich zu schaffen, kann geprüft werden, ob und inwieweit die Innenhofbereiche nutzbar beziehungsweise zugänglich gemacht werden können. Eine weitere kühlende Maßnahme liegt darin, bewegte Wasserelemente zu integrieren oder ein Bewässerungskonzept für bestehende und neue Grünflächen zu entwickeln.

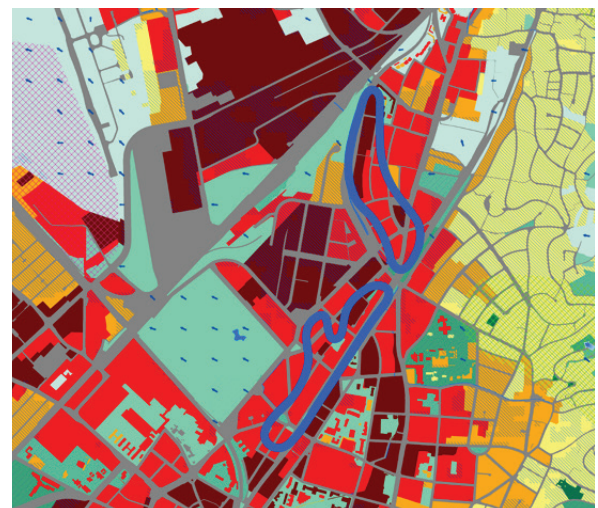
Im Zuge der Nutzungsänderung auf dem Güterbahnhofgelände ist darauf zu achten, das neue Mischgebiet mit ausreichenden und wohnortnahen Grünräumen auszustatten, stärker versickerungsfähige Bodenmaterialien einzusetzen und Bewegungsräume zu verschatten. Zudem sollten Neubauten - wenn möglich - der Strömungsrichtung des nächtlichen Kaltluftabflusses von den Schwarzwaldhängen im Osten optimiert ausgerichtet werden, um diesen zu erhalten.

Der Bereich um das Wohnhochhaus zeigt als Fokusgebiet für den Stadtstrukturtyp „Öffentlicher Raum“, wie solche Areale klimatisch angepasst werden können (siehe Abschn. 5.4, S. 172).

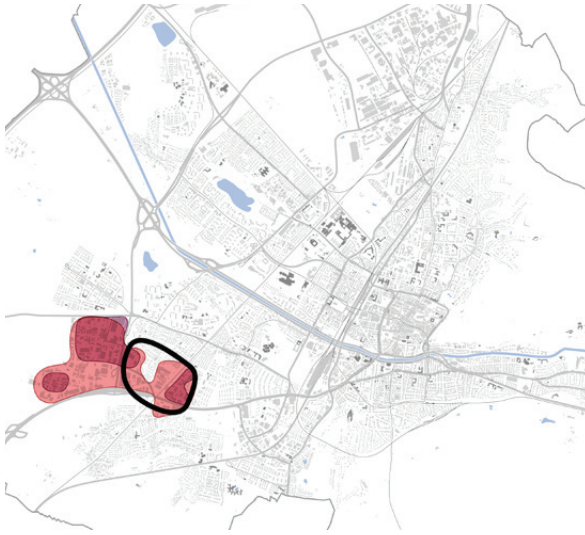
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation

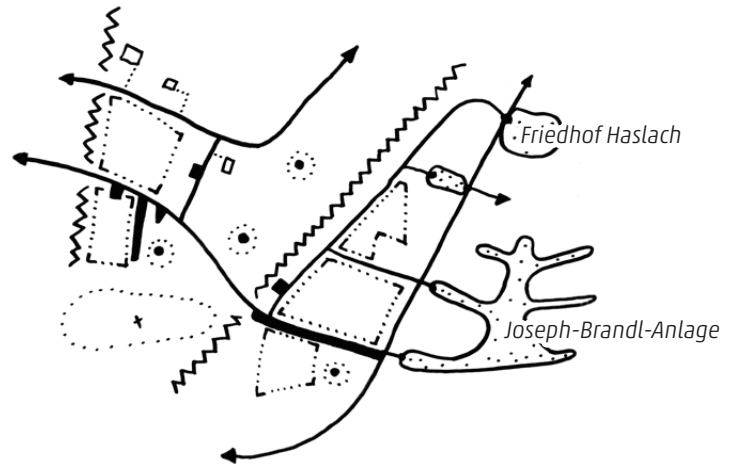


4

HOT SPOT „GEWERBEGEBIET HAID-OST/KRUMMACKER“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Gewerbe- und Industriegebäude dominieren die Stadtstruktur des Hot Spots. Lediglich im Norden und Nordosten werden diese durch kompakte Reihenhäuser, Zeilenbebauung und Geschosswohnungsbauten ergänzt.
- › **Versiegelung:** Ein hohes Maß an Flächeninfrastruktur wie Zufahrtswege, Parkplätze und Abstellflächen, aber auch großkubaturige Gebäude führen dazu, dass die Oberflächen fast gänzlich versiegelt sind. Eingerahmt wird der Hot Spot von stark befahrenen Straßen, wie der B3, sowie mehreren Gleistrassen, die ebenfalls größtenteils versiegelt sind.
- › **Nutzungen:** Das Gebiet wird vorwiegend gewerblich oder industriell genutzt. Handel, Wohnen und mehrere öffentliche Einrichtungen ergänzen das Angebot. Hierzu gehören die klimasensiblen Nutzungen Kindergarten und Schule.
- › **Bevölkerung:** Aufgrund der Prägung als Gewerbegebiet gibt es in dem Gebiet vor allem Arbeitsplätze und lediglich sehr wenig Wohnbevölkerung. Nur im nordöstlichen Bereich wohnen vermehrt Menschen. Dort leben derzeit viele unter 6-Jährige und – aktuell wie zukünftig – nur wenige über 75-Jährige.
- › **Freiraumstruktur:** Der einzig näher gelegene Entlastungsraum, die Joseph-Brandl-Anlage, reicht nicht bis an das Gewerbegebiet Haid-Ost/Krummacker heran. In dem Gebiet selbst gibt es kaum nutzbare und klimawirksame Grünflächen oder begrünte Plätze. Auch der Baumbestand fällt gering aus. Folglich mangelt es an öffentlichen wie privaten Erholungsräumen.
- › **Bioklimatische Einflüsse:** Die bioklimatische Situation in dem Gebiet ist sowohl tagsüber als auch nachts zu einem großen Teil weniger günstig bis ungünstig



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Gewerbegebiet Haid-Ost/Krummacker

ausgeprägt. Dies betrifft vorwiegend die Industrie- und Gewerbeflächen. Die großflächig versiegelten Außenbereiche führen tagsüber örtlich zu einer hohen bioklimatischen Hitzebelastung. Der Anteil an Bebauung westlich des Rankackerwegs mit lockerer Reihen-, Einzelhaus- und Zeilenbebauung, Gärten und begrünten Abstandsflächen weist hingegen eine deutlich geringere Belastung auf. Die bioklimatische Situation ist sowohl am Tag als auch in der Nacht als sehr gering bis gering zu bewerten. In Strahlungsnächten belüftet der übergeordnete Kaltluftstrom aus Südosten das Gebiet wesentlich.

Die Hauptauslöser dafür, dass hier eine Wärmeinsel entsteht, sind die für ein Gewerbegebiet typischen Merkmale: ein sehr hoher Versiegelungsgrad, großflächige Baukörper, nutzungsbedingte Wärmeproduktion sowie ein hohes Defizit an quantitativ und qualitativ geeigneten Entlastungsflächen. Diese Merkmale beeinträchtigen außerdem die nächtliche Abkühlung.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die hohe Belastung am Tag betrifft sowohl Gewerbe- als auch Wohngebiet des Hot Spots und damit Arbeitende, Kunden und Wohnbevölkerung gleichermaßen. Auch Kinder sind tagsüber dem Hitzestress ausgesetzt. Aktuell ist die Belastung in den peripheren Wohn- und Gewerbebereichen gering bis mittelmäßig, im Kernbereich dagegen hoch ausgeprägt. Mit Ausnahme des Wohnbereichs im nordöstlichen Gebiet erhöht sich die Betroffenheit insgesamt bis 2050 auf das höchste Niveau.

Ähnlich gestaltet sich die Nachtsituation: Die derzeit mittlere (Randbereiche) bis hohe (Kern) Belastung steigt außer im Nordosten bis 2050 weiter an. Da es jedoch im Westen und Süden nur wenig Bevölkerung gibt, umfasst der nachts belastete Hot Spot alle in den Kern- und



Luftbild des Gewerbegebiets Haid-Ost/Krummacker

Wohnbereich und fällt damit kleiner aus. Beeinträchtigt werden nachts Kinder wie Erwachsene, denen die nächtliche Erholung verwehrt bleibt. Die fehlenden klimawirksamen Ausgleichsflächen tragen dazu bei, dass das Gebiet von sich heraus kaum abkühlt.

Zumal die Wärmeemissionen der Gewerbenutzung zumindest mit städtebaulichen Mitteln kaum verändert werden können, sollte an der Versiegelung, den Gebäuden und der Vegetationsrate angesetzt werden. Außerdem benötigen die Betroffenen hochwertige Freiräume mit Entlastungsfunktion, in denen sie sich beispielsweise zu Pausenzwecken aufhalten können.

Prüfaufträge

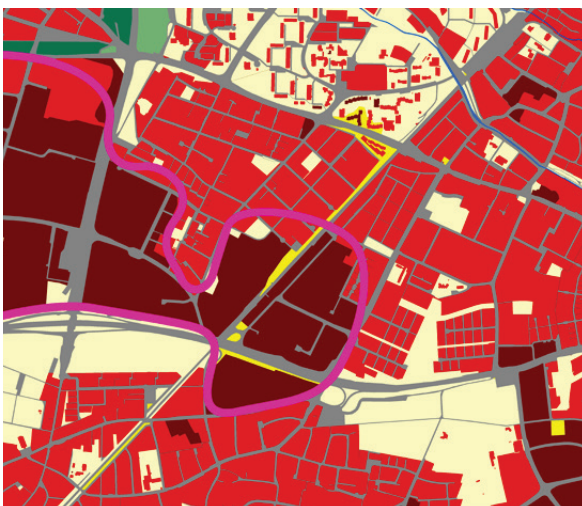
In dem Gewerbebereich sollte geprüft werden, inwieweit geschlossene Oberflächen, insbesondere die Parkplätze, nach Möglichkeit entsiegelt und mit durchlässigeren Materialien ersetzt werden können. Indem ungenutzte Bauten rückgebaut werden, könnten Bereiche entdichtet werden und neue Freiräume entstehen.

Großes Potenzial liegt auch in der intensiven Begrünung der ausgedehnten Dachlandschaften. Damit würde die Gewerbezone bioklimatisch von innen heraus aktiviert.

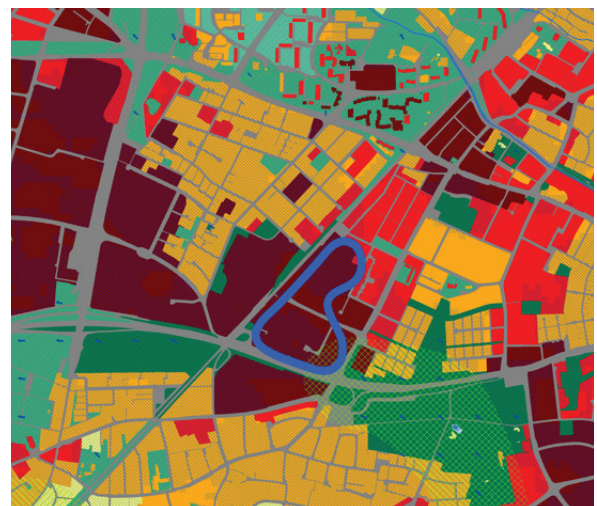
Ob und wo Bäume gepflanzt und mehr klimawirksame Grünflächen angelegt werden können, gilt es in dem Gebiet detailliert zu prüfen. Höhere Verschattung, sommerlicher Wärmeschutz an Gebäuden und auch technische Kühlung können den Hitzestress weiter reduzieren helfen.

Für eine ausreichende Freiraumversorgung können beispielsweise klimawirksame Trittsteine angelegt werden. Dafür sollte geprüft werden, ob bisher nicht nutzbare Grünflächen oder heutige Parkplatz- oder Abstellflächen zukünftig in öffentliche Räume umgestaltet werden können. In dem Wohnbereich wären bewegte Wasserelemente denkbar. Diese schaffen entlastende Kühlloosen, die insbesondere Kindern zugutekommen.

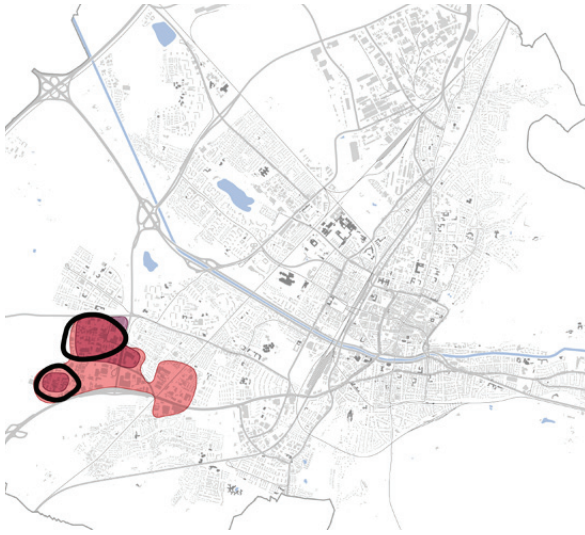
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation

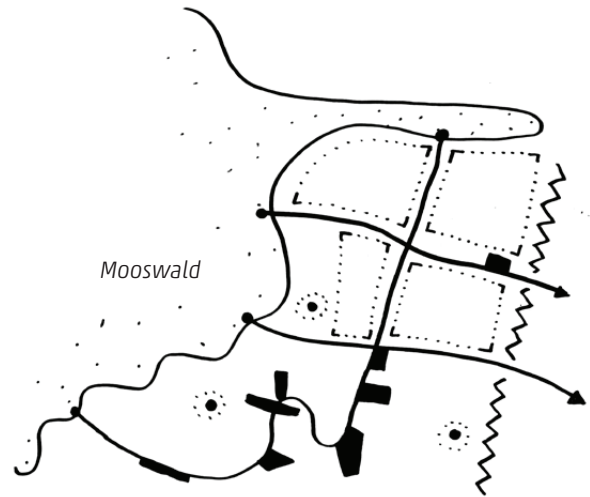


5

HOT SPOT „GEWERBEGEBIET HAID“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Das Gebiet ist beinahe vollständig mit Gewerbe- und Industrietylogien bebaut. Kleinere Bauten sind teilweise eingestreut.
- › **Versiegelung:** Das Gewerbegebiet Haid weist einen sehr hohen Versiegelungsgrad auf. Betrieblich bedingt werden umfangreiche Verkehrs-, Parkplatz-, Lager- und Bauflächen benötigt. Vereinzelt gibt es jedoch auch unversiegelte Restflächen.
- › **Nutzungen:** Die intensive Gewerbe- und Industrienutzung mit Betrieben, Lagern und Werkstätten bestimmt das Areal. Vereinzelt finden sich auch Handels-, Verwaltungs- und Büro- sowie sonstige Nutzungen, wie zum Beispiel Sport. Einige Unternehmen besitzen zudem Betriebswohnungen.
- › **Bevölkerung:** Das Gewerbegebiet weist naturgemäß heute wie zukünftig nur sehr geringe Dichten bei Gesamtbevölkerung und sensiblen Gruppen auf.
- › **Freiraumstruktur:** Im Westen grenzt mit dem Mooswald ein großer Hauptentlastungsraum unmittelbar ans Gebiet an. Innerhalb von Haid sind keinerlei öffentlichen Freiräume, zum Beispiel begrünte Plätze oder Grünflächen, vorhanden. Bäume oder andere Vegetation gibt es nur in geringem Umfang. Um die betrieblichen Wohngebäude herum befinden sich teilweise private Freiräume.
- › **Bioklimatische Einflüsse:** Die vom Schönberg abfließende Kaltluft gelangt über „grüne Trittsteine“ des Stadtteils Sankt Georgen bis in das Gewerbegebiet vor. Allerdings werden mit dieser Strömung auch wärmere Luftmassen aus dem Stadtgebiet in den Wirkungsraum verfrachtet, sodass trotz einer insgesamt guten nächtlichen Durchlüftung das Gebiet sowohl nachts als auch tagsüber stark hitzebelastet ist. Die klimatische Situation ist als weniger günstig bis



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Gewerbegebiet Haid

ungünstig einzustufen. Dies ist vorwiegend auf die hohe Baumasse und den hohen Versiegelungsgrad zurückzuführen. Die befestigten beziehungsweise überbauten Flächen heizen sich während sommerlicher Strahlungswetterlagen stark auf, was in der Nacht zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt führt. Die Grün- und Freiflächen, insbesondere der Mooswald, sind klimatisch besonders bedeutsam.

Die Hauptauslöser der Ausweisung als Hot Spot sind die für ein Gewerbegebiet typischen Merkmale: viele versiegelte Oberflächen, großflächige Baukörper, nutzungsbedingte Wärmeemissionen. Außerdem mangelt es an Entlastungsflächen. Durch die hohe Hitzeentwicklung und -speicherung durch die Materialien am Tag kühlt das Areal in der Nacht nicht entsprechend ab.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die westlichen und östlichen Randgebiete sind derzeit mittelmäßig, das restliche Areal weitgehend sehr stark hitzebelastet. Damit bildet das Gewerbegebiet Haid derzeit die größte zusammenhängende Wärmeinsel in Freiburg. In den nächsten dreißig Jahren steigt der Belastungswert hier durchweg auf ein Maximum an. Die bioklimatische Situation am Tag und in der Nacht ist weitgehend deckungsgleich, wobei die südlicheren Bereiche tagsüber höhere Betroffenheiten aufweisen. Nachts ist das Gebiet heute an den Rändern mittelmäßig, ansonsten stark, 2050 durchweg sehr stark betroffen.

In diesem Hot Spot ist das gesamte Siedlungsgefüge betroffen: Tagsüber gilt dies für die arbeitende Bevölkerung und insbesondere für die Menschen, die in Gebäuden ohne technische Kühlung tätig sind. Verstärkt wird der Effekt durch fehlende Erholungsmöglichkeiten im Außenraum in den Pausenzeiten. Die Wohnbevölkerung ist sowohl tagsüber als auch nachts belastet. Der unmittelbare



Luftbild des Gewerbegebiets Haid

telbar westlich angrenzende Mooswald ist tagsüber, für die in dem Gewerbegebiet Arbeitenden und Wohnenden, ein wichtiger Entlastungsraum.

Auch wenn die betrieblichen Notwendigkeiten die intensive Nutzung, die großflächige Versiegelung und die entsprechende Bebauung bedingen und dies keinen allzu großen Spielraum zulässt, sollten doch so viele Maßnahmen wie möglich ergriffen werden, um den Hot Spot abzukühlen.

Prüfaufträge

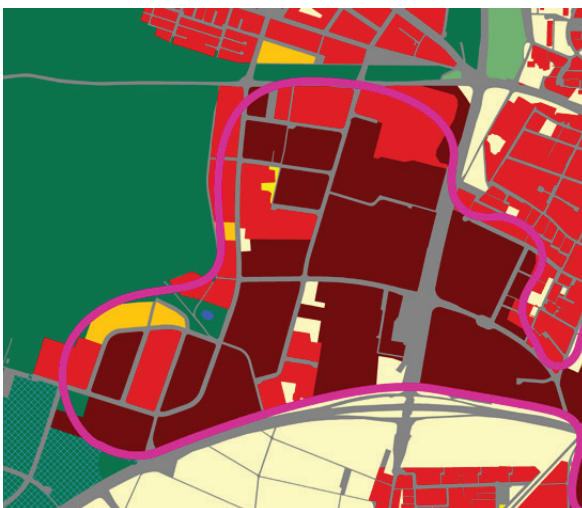
Das größte Potenzial in diesem Gebiet liegt in der klimatischen Anpassung der Gebäude und der funktionalen Infrastruktur. Für die Anpassung der Bebauung, können folgende Maßnahmen angewendet werden: Dach- und Fassadenbegrünung, sommerlicher Wärmeschutz, technische Kühlung noch nicht klimatisierter Bauten sowie Verschattung der Gebäude durch Bäume. Außerdem können ein zukünftiger Rückbau geprüft und frei werdende Hinterhöfe damit begrünt werden. Des Weiteren gilt individuell zu prüfen, wo Flächen entsiegelt und bepflanzt werden können. Hierfür kommen Verkehrs-, Parkplatz- und Abstellflächen in Frage. Damit weniger Wärme ge-

speichert und der Hot Spot weiter entlastet wird, sollten dabei anstelle der vorhandenen geschlossenen Oberflächen klimaoptimierte Materialien verwendet werden.

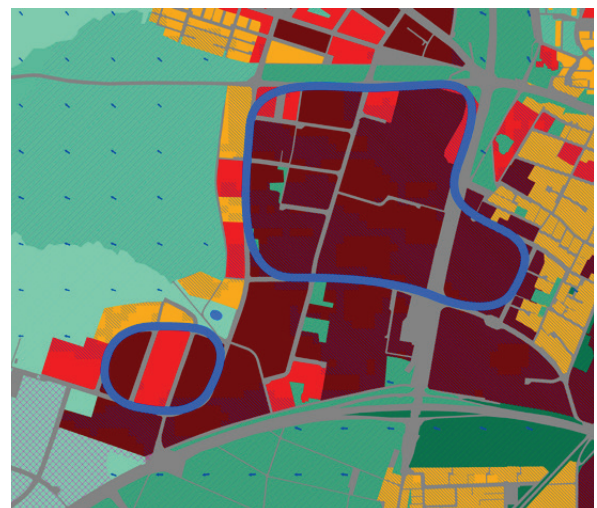
Ein weiteres Handlungserfordernis liegt darin, mehr öffentliche Freiräume zu schaffen und Bäume zu ergänzen, die den Betroffenen qualitativ hochwertige und klimawirksame Flächen für angenehmen Aufenthalt und Kühlung bieten. Für bestehende sowie neu angelegte Grünflächen kann ein integriertes Be- und Entwässerungskonzept angedacht werden. Schließt man das Gebiet konsequent mit einem Wegenetz an den Mooswald an, kann dieser besser als Ausgleichs- und Erholungsraum für die Menschen dienen.

Für den Stadtstrukturtyp „Gewerbe/Industrie“ schlägt das zentral gelegene Fokusgebiet beispielhaft Maßnahmen vor (siehe Abschn. 5.4, S. 168).

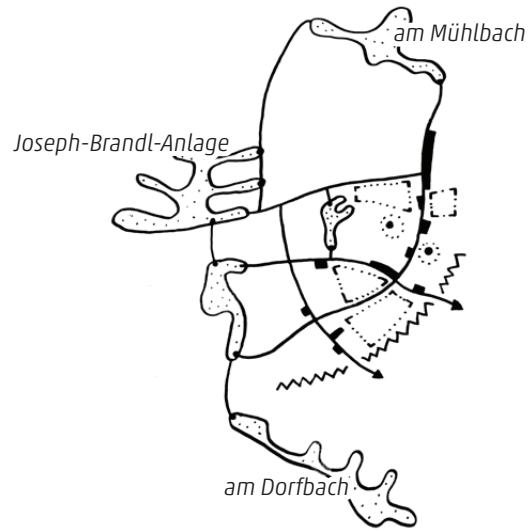
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Haslach-Schildacker

6 HOT SPOT „HASLACH-SCHILDACKER“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Der Hotspot Haslach-Schildacker besteht vorwiegend aus Gewerbe- und Industrietyologien, in die vereinzelt Gebäude anderer Typen eingestreut sind. In der Mitte wird der Hot Spot von einer völlig anderen Struktur durchzogen: Die Zeilenbebauung der alten ECA-Siedlung werden derzeit sukzessive durch neue Gebäude ersetzt. Östlich schließt sich das Gelände der ehemaligen Polizeiakademie mit Verwaltungs- und Wohnheimgebäuden an, die nun als Landeserstaufnahmestelle für Freiburg genutzt werden.
- › **Versiegelung:** Nutzungsbedingt ist der Boden in den beiden gewerblichen Bereichen fast vollständig versiegelt. Der Bereich im Zentrum bildet mit seinen kompakten Baukörpern, den wenigen Straßenräumen und Parkplätzen lediglich einen geringen Anteil an versiegelten Oberflächen. Durch die Umstrukturierungen wird der Versiegelungsgrad jedoch tendenziell steigen. Im Norden liegt die stark befahrene B3.
- › **Nutzungen:** Haslach-Schildacker wird im nördlichen und südlichen Bereich überwiegend gewerblich genutzt. Auch Handels-, Büro- und einzelne Wohngebäude sind hier eingestreut. In dem zentralen Bereich wird auch zukünftig gewohnt beziehungsweise befinden sich Sondernutzungen (u.a. Landeserstaufnahmestelle).
- › **Bevölkerung:** Bislang ist die Einwohnerdichte in dem zentralen Bereich verhältnismäßig gering. Durch die städtebauliche Neuordnung entstehen jedoch doppelt so viele Wohneinheiten mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bevölkerungszahl und -struktur, die jedoch noch nicht genau absehbar ist.

- › **Freiraumstruktur:** Zwischen der Zeilenbebauung in dem Bereich der alten ECA-Siedlung befindet sich ein zentraler Grünraum mit teils gutem Baumbestand. Dieser Grünraum wird auch in der neuen Struktur erhalten bleiben. In den Gewerbebereichen sind hingegen wenige Bäume vorhanden. Ein größerer Entlastungsraum grenzt westlich an, weitere Entlastungsflächen sind nicht erreichbar.
- › **Bioklimatische Einflüsse:** Das betrachtete Gebiet befindet sich in dem Einflussbereich des übergeordneten Kaltluftabwindes, der aus südöstlicher Richtung in die Bebauung einwirkt und diese bodennah gut durchlüftet. Dennoch ist die bioklimatische Situation vorwiegend weniger günstig bis ungünstig zu beurteilen. Die vielen versiegelten Flächen führen in Verbindung mit der Hallenbebauung dazu, dass sich die gewerblich genutzten Areale zu stark erwärmen. Am Tag sind eben diese Bereiche mittelmäßig hitzebelastet. Die wenigen vorhandenen Grünflächen sind vor allem nachts besonders wichtig. Tagsüber sind sie jedoch, aufgrund der geringen Mikroklimavielfalt, bioklimatisch sehr stark belastet.

Die Hauptauslöser des „zweigeteilten Hot Spots“ liegen in den für ein Gewerbegebiet typischen Merkmalen begründet. Da tagsüber von Gebäuden und Oberflächen viel Hitze gespeichert wird, kann das Gebiet nachts kaum abkühlen. Die vorhandenen Entlastungsflächen sind sowohl zu klein als auch zu wenige, um der Belastung ernsthaft entgegenwirken zu können. Es mangelt in erheblichem Maß an ergänzenden Ausgleichsmöglichkeiten.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Haslach-Schildacker ist tagsüber aktuell gering bis mittelmäßig hitzebelastet, was sich bis zum Jahr 2050 enorm



Luftbild von Haslach-Schildacker

verstärkt. Die besonders betroffenen Gewerbebereiche im Norden und Süden sind sozusagen „klassische“ Hot Spots. Die Arbeitsbevölkerung, Kunden und auch vereinzelte Bewohnerinnen und Bewohner sind tagsüber dem Hitzestress ausgesetzt. In dem zentralen Wohnbereich sieht die Lage dank der Grünflächen anders aus: Am Tag und in der Nacht tritt derzeit ausreichend Entlastung ein. Allerdings muss die städtebauliche Neustrukturierung aus Klimasicht aufmerksam begleitet werden. Sollte es in Folge insbesondere der neuen Riegelbebauung zu der Basler Straße zu einer Störung des Kaltlufthaushalts in den nördlich gelegenen Gebieten kommen, sollten dort Maßnahmen für einen Ausgleich getroffen werden.

Nachts fällt das Belastungsniveau heute überwiegend gering bis mittelmäßig aus. Ein südlich gelegener Bereich ist jedoch bereits jetzt hochgradig überhitzt und macht das Umfeld dort nachts vulnerabel. Zu den Betroffenen gehören die wenigen Bewohnerinnen und Bewohner des Gewerbebereichs, die nachts keine Abkühlung finden. Zukünftig steigt der nächtliche Hitzestress bis auf einen hohen bis sehr hohen Wert an.

Mögliche Ansatzpunkte liegen in Ausbau und Qualifizierung der vorhandenen Entlastungsflächen sowie in der Optimierung der Bau- und Infrastruktur.

Prüfaufträge

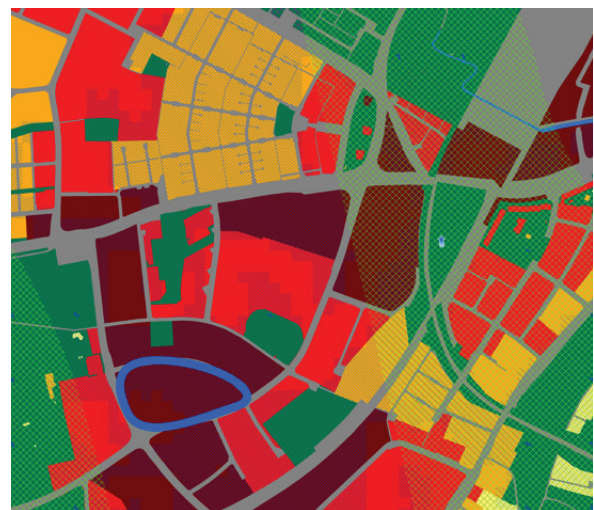
Innerhalb der zwei gewerblichen Hot Spot Bereiche bestehen Entsiegelungspotenziale. Insbesondere bieten sich großflächige Parkplätze für Entsiegelungs-, Materialitäts- und Bepflanzungsmaßnahmen an, so dass sie als klimawirksame Trittsteine dienen können. Auch mit Dach- und Fassadenbegrünung, sommerlichem Wärmeschutz und energetischer Sanierung kann das Gebiet weiter abgekühlt werden.

Die vorhandenen Grünräume in dem Wohnbereich können ebenfalls die Hitzebelastung reduzieren, indem sie bioklimatisch optimiert werden, etwa durch Erhöhung der mikroklimatischen Vielfalt. Weitere Entlastungsmaßnahmen bestehen darin, neue Bäume zu pflanzen, Räume zu verschatten sowie Wasserelemente und Bewässerungskonzepte zu integrieren. Um die klimawirksamen Grünflächen für die betroffenen Menschen erlebbar zu machen, kann zusätzlich die Zugänglichkeit verbessert werden.

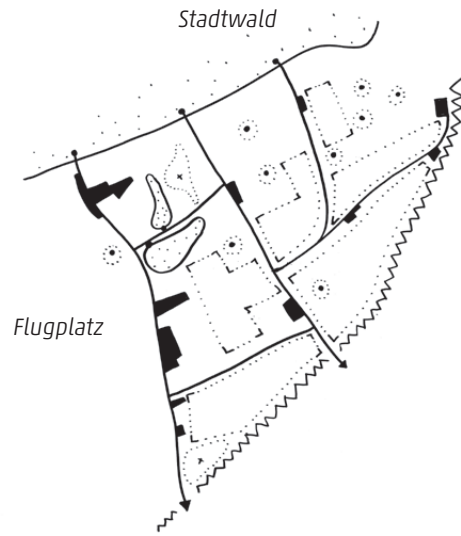
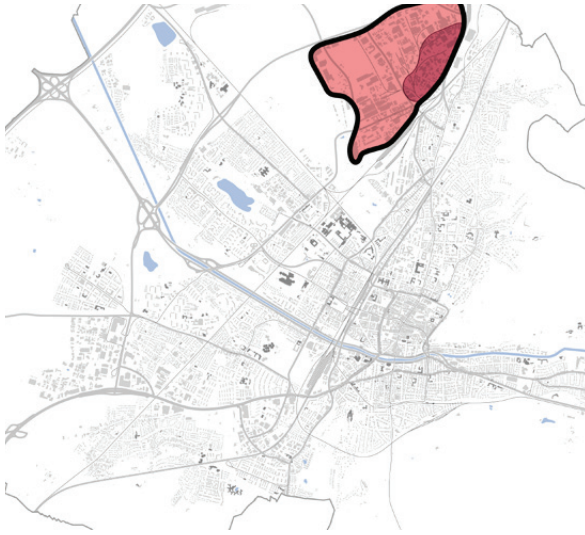
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Industriegebiet Nord

7 HOT SPOT „INDUSTRIEGEBIET NORD“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Im Hot Spot dominiert die Typologie der Industrie- und Gewerbebebauung. Nur vereinzelt finden sich betriebszugehörige Wohngebäude.
- › **Versiegelung:** Das in erheblichen Teilen vollversiegelte Industriegebiet Nord wird gelegentlich von begrünten Abstands- und Brachflächen aufgelockert. Im Nordwesten und Südwesten gibt es zwei nennenswerte größere Grünareale.
- › **Nutzungen:** Industriell und gewerblich genutzte Bauten überwiegen. Dazwischen kommen gelegentlich Handels-, Verwaltungs- und Forschungsnutzungen sowie Sport vor. Wohngebäude finden sich nur sehr vereinzelt; am häufigsten sind diese am südöstlichen und westlichen Rand angesiedelt.
- › **Bevölkerung:** Nutzungsbedingt leben auf dem gesamten Areal nur sehr wenige Menschen.
- › **Freiraumstruktur:** Im Norden und Nordosten liegen die großen Hauptentlastungsflächen Hochdorfer Wald und Mooswald-Nord. Westlich schließt der Flugplatz Freiburg an. In dem Industriegebiet selbst befinden sich drei Grünräume, die jedoch nicht für jedermann zugänglich sind, darunter die südliche Kleingartenanlage und die locker bewaldeten Bereiche im Norden und Nordosten. Insgesamt fehlt es an hochwertigen öffentlichen Erholungsmöglichkeiten. Im Verhältnis zu der Größe des Gebiets gibt es nur wenige Bäume.
- › **Bioklimatische Einflüsse:** Die Baumassen des Industriegebiets Nord heizen sich während sommerlicher Strahlungswetterlagen stark auf, was zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt in den Nachtstunden führt. Die bioklimatische Situation ist in der Nacht vorwiegend hoch und lediglich in den Randberei-

chen gering bis mäßig. Diese leichte Verbesserung korrespondiert mit dem an das Industriegebiet angrenzenden Hochdorfer Wald. Tagsüber ist nahezu das gesamte Gebiet mittelmäßig und vereinzelt in Bereichen mit nahezu vollversiegelten Flächen hoch hitzebelastet. Dementsprechend sind die wenigen entlastenden Grün- und Freiflächen innerhalb dieses Areals besonders wichtig.

Auch dieser Hot Spot entsteht durch die für ein Industriegebiet typischen Merkmale: ein sehr hoher Versiegelungsgrad, großvolumige Baukörper, betriebliche Wärmeemissionen sowie ein Mangel an klimawirksamen Ausgleichsflächen.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Das gesamte Industriegebiet Nord ist tagsüber von Hitzebelastung betroffen. Aktuell liegt diese bei einem mittleren Wert, bis 2050 steigt sie allerdings bis auf das höchste Niveau, von einigen Baufeldern am westlichen und östlichen Rand abgesehen. Damit entsteht zukünftig die weitläufigste Wärmeinsel und zugleich der größte Defizitraum Freiburgs.

Der am Tag belastete Bereich ist stärker nutzungsgemischt und enthält ein geringfügig betroffenes Wohnumfeld, vor allem aber eine vulnerable Arbeits- und Einkaufsumgebung. Die Menschen sind dort in erster Linie von überhitzten Innenräumen beeinträchtigt, sofern die Gebäude über keine eigene Kühlung verfügen. Aber auch im heißen Außenraum fehlt es in hohem Maß an Möglichkeiten, sich abzukühlen.

Die Situation in der Nacht zeigt derzeit eine geringe bis hohe und zukünftig eine hohe bis sehr hohe Betroffenheit. Bereits heute sind die Baufelder im Osten hoch belastet. Diesen Bereich kann die nächtliche Kühlwirkung der westlichen Ausgleichsflächen nicht erreichen, da



Luftbild des Industriegebiets Nord

die nächtliche Strömung aus östlicher und südöstlicher Richtung kommt. Damit entsteht auch hier ein nächtlicher Hotspot, in dem insbesondere die (relativ geringe) Wohnbevölkerung betroffen ist.

Auch wenn die Gewerbe- und Industrienutzung zunächst unverändert bleibt, gibt es ausreichend Potenzial für eine bioklimatischen Anpassung der Bebauungs-, Freiraum- und Infrastruktur.

Prüfaufträge

Positive Auswirkungen für den Hot Spot lassen sich insbesondere durch die klimawirksame Aktivierung der Flächen erzielen. Hierdurch kann die Wärmespeicherung und damit die Hitzebelastung gemindert werden.

Hierzu ist zum einen notwendig, die Bebauung auf ihr Potenzial für Dach- und Fassadenbegrünung, für sommerlichen Wärmeschutz, für technische Kühlung oder die Verschattung mit Bäumen zu prüfen.

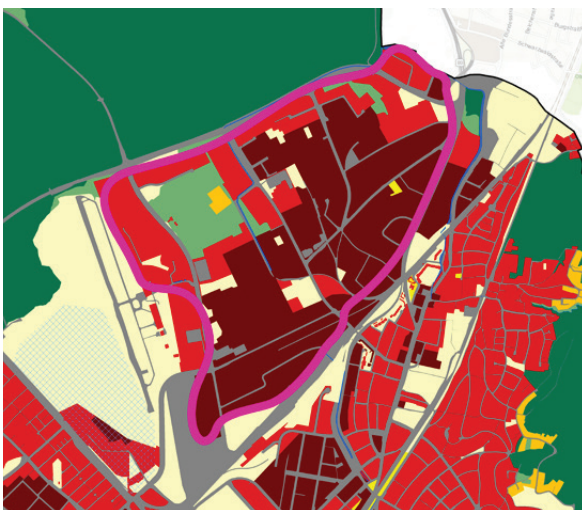
Zum anderen gilt es, Potenziale für Oberflächenentsiegelung zu identifizieren. Durch eine Anpassung des Oberflächenmaterials bislang mineralischer Flächen, wie Parkplätze, Abstellflächen, Hinterhöfe, hin zu durch-

lässigeren Materialien, wirkt sich dies positiv auf die Hitzebelastung in dem Gebiet aus. Außerdem können in den entsiegelten Bereichen auch neue Bäume gepflanzt werden.

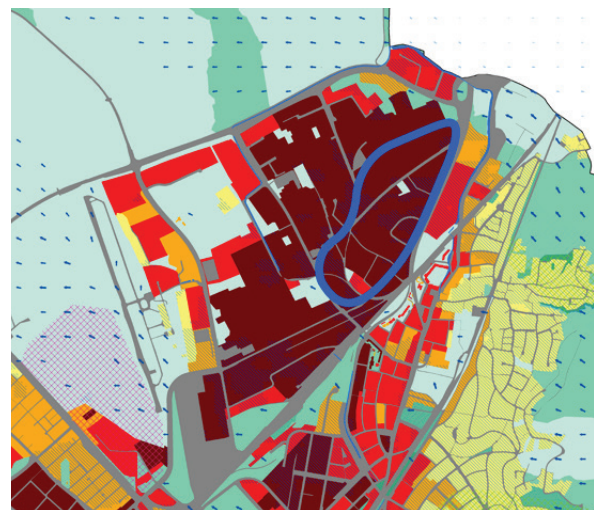
Um die Betroffenen mit qualitativ hochwertigen Aufenthalts- und Entlastungsräumen zu versorgen, sollten in dem Industriegebiet Nord mehr öffentlich nutzbare Freiräume geschaffen werden. In diesen Freiräumen sollte der Fokus auf Bereichen liegen, die insbesondere mittags und nachmittags verschattet sind und in denen sich Arbeitende aufhalten und erholen können. Sowohl die vorhandenen Grünflächen als auch die bisher nicht allgemein zugänglichen Flächen kommen hierfür in Frage. Neue Trittsteine können mit einem integrierten Be- und Entwässerungskonzept angereichert werden.

Schließt man an das Gebiet stärker an die angrenzenden Waldgebiete an, etwa durch baumverschattete, kühle Fußwege, ggf. mit neuen Fußgänger- und Fahrradbrücken über die Umgehungsstraße, erschließt sich ein zusätzlicher Erholungsraum.

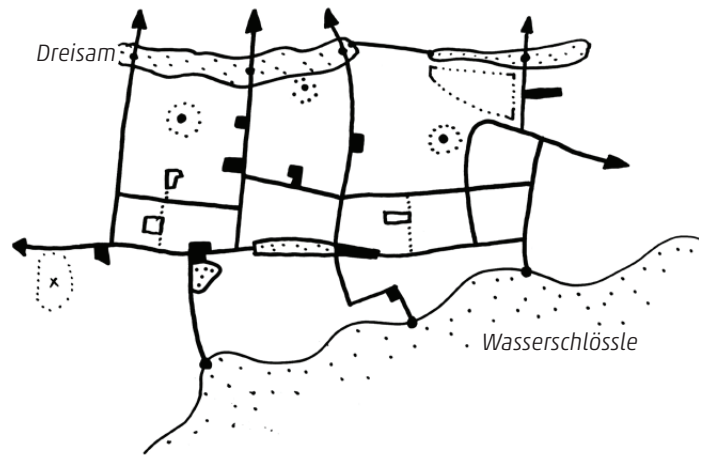
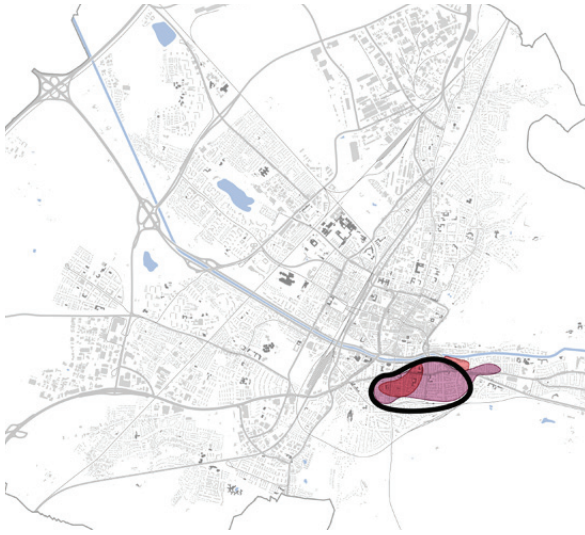
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt der Mittel-/Oberwiehre und Oberau

8

HOT SPOT „MITTEL-/OBERWIEHRE UND OBERAU“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Die Typologie des offenen Blockrandes dominiert die Stadtviertel. Geschlossener Blockrand, Stadtvillen, mehrere Schulareale und wenig Gewerbe ergänzen die Struktur. Ein Großteil der Blockinnenhöfe ist mit verschiedenen Baukörpern bebaut.
- › **Versiegelung:** Die dichte Bebauungsstruktur bringt einen insgesamt höheren Versiegelungsgrad mit sich, der jedoch häufig durch kleinere öffentliche wie private Grünflächen durchbrochen wird, insbesondere in den Innenhöfen. Mehrere Haupterschließungsstraßen verlaufen mit entsprechend ausgedehnten Asphaltflächen durch das Gebiet.
- › **Nutzungen:** In der Mittel- und Oberwiehre sowie in Oberau wird hauptsächlich gewohnt, ergänzt durch Handel, Dienstleistungen, öffentliche Einrichtungen und wenige gewerbliche Nutzungen. Zu den klimasensiblen Einrichtungen zählen viele Kindergärten, Schulen und Seniorenwohnheime.
- › **Bevölkerung:** Die Bevölkerungsdichte liegt im mittleren bis hohen Bereich. Die Menge der Kinder unter 6 Jahren zeigt sich im Verhältnis eher gering bis mittelmäßig. Über 75-Jährige sind je nach Bereich in geringem bis hohem Maß vertreten. Es ist zu erwarten, dass die Gruppe älterer Menschen in dem Gebiet tendenziell zunimmt.
- › **Freiraumstruktur:** Die Innenhöfe der im Osten gelegenen Bereiche sind häufig kleinteilig begrünt und mit Bäumen bepflanzt. Dagegen mangelt es in den nördlichen und westlichen Bereichen an Vegetation. Folglich besteht gerade dort keine ausreichende Versorgung mit öffentlichen oder privaten Freiräumen. Der Hauptentlastungsraum der Dreisam zieht sich nördlich am Gebiet entlang, bietet jedoch in diesem Bereich

nur bedingt hochwertige Aufenthaltsmöglichkeiten. Die nächsten Kaltluftproduktionsflächen liegen unweit im Süden.

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Die bioklimatische Situation am Tag in der Mittel- und Oberwiehre ist vorwiegend als günstig zu bewerten. Die lockere Stadtvillenbebauung im äußersten Osten und Südwesten des Bezirks ist, begünstigt durch die Lage am Waldrand, sogar nur sehr gering belastet. Auch in der Nacht profitieren diese Areale von den Kaltluftabflüssen des angrenzenden Schwarzwalds und von der guten Durchlüftung, sodass sie nur gering bis sehr gering wärmebelastet sind. Die übrigen Flächen dieser Stadtbezirke sind nachts hingegen einer mittleren bis hohen bioklimatischen Belastung ausgesetzt, da der Kaltluftstrom des Höllentälers aus dem Dreisamtal und die Kaltluftabflüsse vom Schauinsland bodennah nicht weit genug in das Gebiet eindringen. Vor allem die dichten Baustrukturen (Blockrandbebauungen) im Zentrum von der Mittelwiehre verursachen, dass das Gebiet nur mangelhaft durchlüftet wird, und erschweren dadurch die bioklimatische Gesamtsituation.

Zum einen existieren nicht genügend kühlende Freiräume innerhalb des Hot Spots. Auch die südlich gelegenen Ausgleichsflächen können den Hot Spot nicht ausreichend entlasten. Zum anderen erhitzt sich das Gebiet, da Bebauung und versiegelte Flächen die Wärme in hohem Maße speichern und diese in den Nachtstunden wieder an die Luft abgegeben. Somit wird verhindert, dass das Gebiet sich nachts ausreichend abkühlen kann.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die Mittel- und Oberwiehre sowie Oberau sind heute tagsüber fast ausschließlich gering, zukünftig jedoch hoch hitzebelastet. Lediglich wenige Bereiche des Hot Spots sind



Luftbild von der Mittel-/Oberwiehre und Oberau

heute bereits mittelmäßig und 2050 sehr hoch bis höchst betroffen. Im Zentrum des westlichen Bereichs sind sensible Nutzungen und Risikogruppen betroffen, darunter Hochbetagte und Kinder. In diesem Hot Spot „Tag“ werden ebenso Bewohnerinnen und Bewohner, Arbeitende und Passanten beeinträchtigt.

In der Nacht ist die Betroffenheit aktuell mittelmäßig bis hoch, zukünftig durchweg sehr hoch. Nachts sind Menschen jeden Alters betroffen. Damit ist nahezu das gesamte Wohnumfeld vulnerabel. Die vorhandenen Grünflächen schaffen es nicht, das Gebiet nachts abzukühlen. Daher liegen die größten Handlungsmöglichkeiten innerhalb des ansonsten wenig veränderbaren Stadtgefüges in der klimatischen Anpassung der vielen Oberflächen, seien es Gebäudehülle, versiegelte Innenhöfe oder Straßenräume.

Prüfaufträge

In der Wiehre und in der Oberau ist von besonderer Bedeutung, die Entsiegelungspotenziale von Innenhöfen und Platzflächen sowie Rückbau- und Entdichtungsoptionen auszuloten. Sollen Umplanungen stattfinden, wie die des Ganterareals oder Anpassung der Bebauung in kleinerem Rahmen, ist auf eine optimierte Gebäudeausrichtung zu achten, um die nächtliche Durchlüftung durch den Höl-

lentäler zu begünstigen. Durch Entsiegelung und Begrünung werden mineralische Flächen klimatisch aktiviert und zu nutzbaren Trittsteinen umgestaltet. Nach Möglichkeit sollten auch Bäume ergänzt werden. Für eine weitere Abkühlung sind bewegte Wasserelemente im Stadtraum denkbar.

Ein weiterer Ansatz stellt die Erhöhung des Grünanteils in Verkehrsräumen dar. Dabei sind besonders die Hauptverkehrsstraßen sowie das Wegenetz des Langsamverkehrs von besonderer Bedeutung. Somit würde das Gebiet gleichzeitig an die Entlastungsräume an der Dreisam und im Süden angeschlossen.

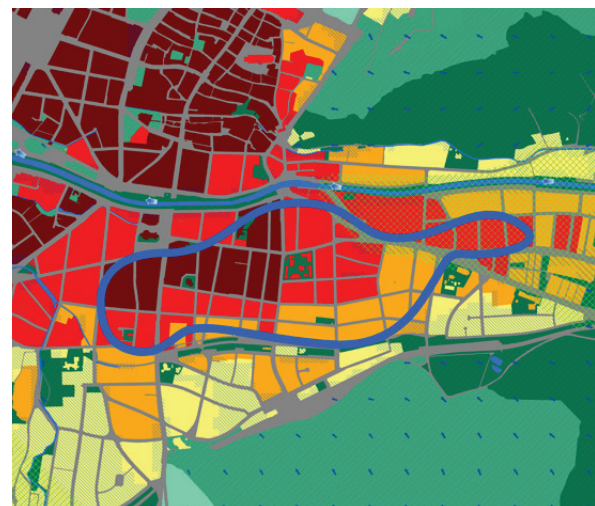
Die bestehende Baustruktur sollte auf Möglichkeiten eines sommerlichen Wärmeschutzes untersucht werden. Ebenso sind die energetische Sanierung und Dachbegrünungen möglich, solange die städtebauliche Grundform nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Bei dem Umbau von Hofbereichen lassen sich klimatische Verbesserungen erzielen, indem Gebäude sinnvoll ausgerichtet und Böden entsiegelt werden. Aus klimatischer Sicht lassen sich Blöcke nur nachverdichten, wenn dies klimaverträglich geschieht.

Für den „Offenen Blockrand“ entwirft das Fokusgebiet im Südwesten der Mittelwiehre beispielhaft, wie dieses verändert werden kann (siehe Abschn. 5.4, S. 156).

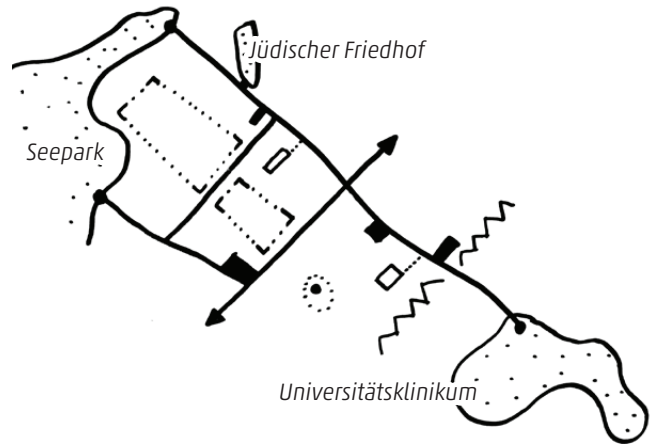
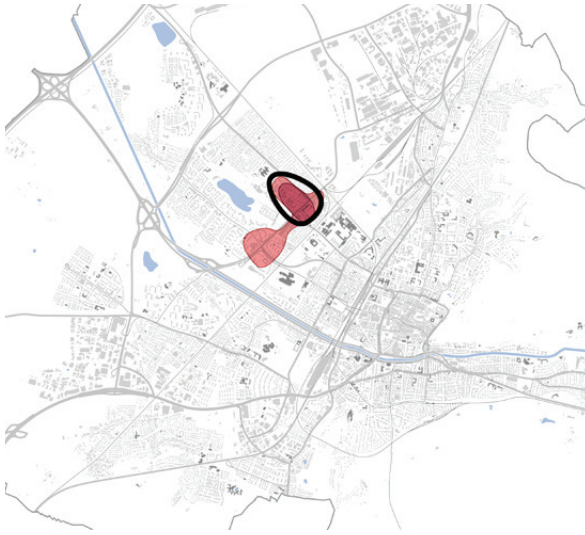
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Mooswald Ost

9

HOT SPOT „MOOSWALD OST“

Analyse/Charakterisierung

- › Bebauungsstruktur: Mooswald Ost ist vor allem von Gewerbebauten geprägt. Einige Zeilen, Geschosswohnungsbauten und Großstrukturen ergänzen das Gebiet.
- › Versiegelung: Im Bereich der Zeilenbebauung fällt der Versiegelungsgrad mäßig aus. Dagegen weist die Gewerbezone durch großflächige Bebauung und ausgedehnte Betriebs- und Parkplatzflächen einen hohen Versiegelungsgrad auf.
- › Nutzungen: Mooswald Ost wird vorwiegend gewerblich genutzt. In dem Gebiet finden sich überwiegend Betriebsgebäude, Lager und Werkstätten. Eine Wohnnutzung ist nur im geringen Maße vorhanden.
- › Bevölkerung: In der Gewerbezone sind Arbeitende und Kunden tagsüber betroffen, in den Wohnbereichen sowohl tagsüber als auch nachts. Es ist zu erwarten, dass die Anzahl der über 75-Jährigen in dem Gebiet in den nächsten 30 Jahren ansteigt.
- › Freiraumstruktur: Zwischen den Zeilen und Grünflächen kann die Luft gut zirkulieren. Im Verhältnis zu der Bevölkerung sind jedoch nicht genügend Freiräume vorhanden. Die Gewerbebereiche weisen einen sehr geringen Anteil an Grünräumen auf. In dem gesamten Gebiet gibt es zudem sehr wenige Bäume. Somit bestehen erhebliche freiräumliche Defizite, insbesondere bezüglich entlastender Strukturen.
- › Bioklimatische Einflüsse: Die Siedlungsbereiche in dem Gebiet Mooswald Ost sind sowohl in der Nacht als auch am Tag sehr unterschiedlich hitzebelastet. Da die Bebauung hier vorwiegend gewerblich geprägt ist und die Böden größtenteils versiegelt sind, ist die bioklimatische Situation südwestlich der Elsässer Straße als weniger günstig bis ungünstig zu beurteilen. Weniger günstige Bedingungen sind auch im Umfeld der großen Baustrukturen entlang der Berliner Allee festzustellen, wo viele Abstands-

flächen versiegelt sind, die sich tagsüber schnell erwärmen. In diesen Bereichen fehlen durchgrünte Ausgleichsräume. Dem steht die lockere Zeilen-, Reihen- und Einzelhausbebauung im Norden und Südosten gegenüber, die sowohl am Tag als auch in der Nacht aufgrund des geringeren Bauvolumens und der Durchgrünung nur geringfügig hitzebelastet ist. Zudem profitieren diese beiden Areale von dem Kaltlufteintrag des Hauptfriedhofs und des Eschholzparks mit den angrenzenden Kleingärten Kleineschholz.

Der Hot Spot Mooswald Ost kommt durch die städtebauliche Struktur großflächiger Gewerbebebauung und die damit einhergehende hohe Versiegelung zustande. Zum anderen können die vorhandenen Freiräume das Gebiet nachts nur unzureichend abkühlen.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Der Hot Spot ist sowohl am Tag als auch in der Nacht betroffen. Die Zeilenbebauung im nordöstlichen Teil des Gebiets stellt dabei ein mittelmäßig hitzebelastetes Wohnumfeld dar, die südwestlich gelegenen Gewerbebereiche ein hoch vulnerables Areal. Bis zum Jahr 2050 soll die Belastung des Hot Spots kontinuierlich ansteigen.

Besonders bedenklich ist die unzureichende nächtliche Erholungssituation der Bewohnerinnen und Bewohner. Da zukünftig mehr Betagte und damit in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen in dem Wohngebiet leben werden, ist auch eine zusätzliche wohnortnahe Entlastung am Tag notwendig.

Die bestehenden Grünflächen sind derzeit wenig attraktiv und stellen eher Abstandsflächen dar. Sie können den Hot Spot und seine Bevölkerung kaum entlasten. Der positive Effekt der Luftzirkulation zwischen den Zeilen geht überwiegend durch die hohen Versiegelungsgrade der Oberflächen verloren.



Luftbild von Mooswald Ost

Die Hitzebelastung im Bereich der Zeilen entsteht folglich nur zu sehr geringen Teilen im Zeilengebiet selbst. Sie stammt hauptsächlich aus der Gewerbezone. Durch Klimaoptimierung des Gewerbeareals kann der Hot Spot besser gekühlt und weniger vulnerabel ausgerichtet werden.

Prüfaufträge

Im Vordergrund steht in dem Hot Spot Mooswald Ost die Identifizierung von Potenzialen für Entsiegelung und Verschattung. Ebenso sollten neue Entlastungsflächen geschaffen und vorhandene besser angebunden werden. Hierfür sollten bestehende Parkplatz- und Abstellflächen des Gewerbegebiets geprüft werden. Viele dieser Areale könnten entsiegelt oder durch alternative Belagsmaterialien ersetzt werden. In Verkehrsräumen könnte langfristig mehr Begrünung integriert werden. Somit würden grüne Trittsteine entstehen, die den Wirkungsbereich der von außen eindringenden bodennahen Kaltluft vergrößern können.

Die Stadt kann private Maßnahmen wie Dach- und Fassadenbegrünung auf Gewerbe- und Wohnbauten fördern. In dem Bereich der Zeilenbebauung bieten sich ebenfalls

größtmögliche Entsiegelung und neue Baumpflanzungen an. Auf bisherigen mineralischen Flächen besteht Potenzial, neue private oder öffentliche Aufenthalts- und Erholungsräume zu entwickeln. Auch neue Wasserelemente oder ein Wassermanagementsystem können angedacht werden.

Aus klimatischer Sicht sollte davon abgesehen werden, den Hot Spot in größerem Maße nachzuverdichten.

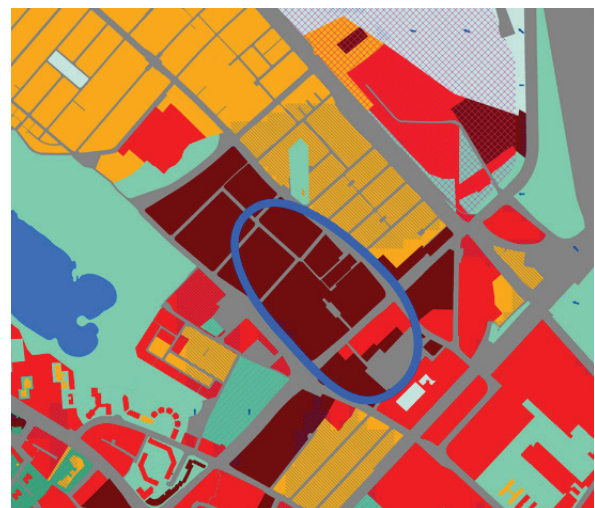
Inwieweit das Gebiet besser an den Hauptentlastungsraum rund um den Seepark und an die Grünflächen rund um das Universitätsquartier nordöstlich des Wohngebiets angeschlossen werden kann, sollte geprüft werden. Bessere Verschattung durch neue und durchgängige Baumpflanzungen entlang der Langsamverkehrsrouten würden die Belastungssituation weiter verbessern.

Der im Norden gelegene Stadtstrukturtyp „Zeilenbebauung“ bildet das Fokusgebiet von Mooswald Ost, das spezifische Maßnahmen exemplarisch vorstellt (siehe Abschn. 5.4, S. 154).

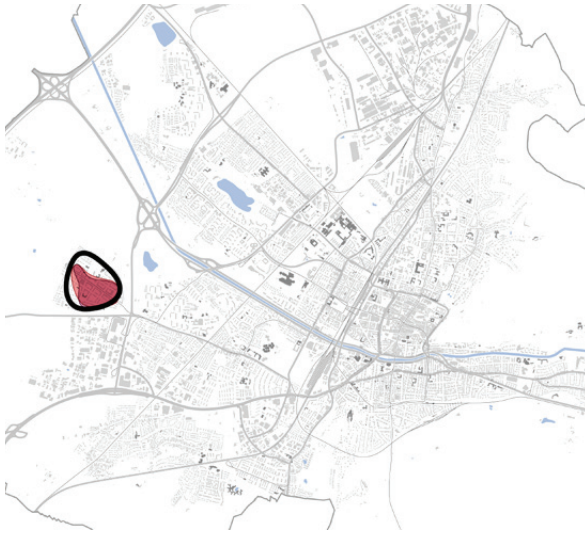
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



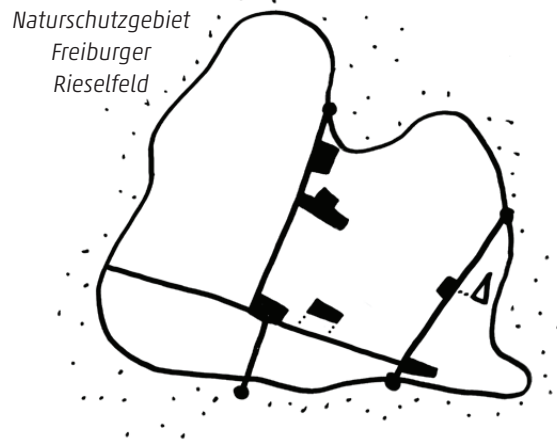
Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



10 HOT SPOT „RIESELFELD“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Der Stadtteil Rieselfeld ist vorwiegend mit offenem und geschlossenem Blockrand bebaut. Kompakte Reihenhäuser und Geschosswohnungsbauten sowie zwei Schulareale und ein gewerbliches Bau­feld ergänzen das Stadtteilgefüge. Insgesamt weist das Gebiet eine eher mäßige Bebauungsdichte auf.
- › **Versiegelung:** Der Hot Spot ist mittelmäßig stark versiegelt. Straßenräume, größere Platzflächen und Baukörper bilden in der Regel zusammenhängende geschlossene Oberflächen aus. Dagegen sind die Innenhöfe bis auf einige Ausnahmen begrünt, allerdings ist der Tiefgaragenanteil an der Hoffläche häufig hoch.
- › **Nutzungen:** Im Rieselfeld wird mehrheitlich gewohnt. Insbesondere in den zentralen Bereichen gibt es jedoch auch Anteile von Einzelhandel und Dienstleistung. Zwei Schulen, mehrere Kindergärten sowie ein Seniorenwohnheim als sensible Nutzungen ergänzen das Gebiet. Im Süden gibt es einen Bereich mit Büro- und Gewerbenutzungen.
- › **Bevölkerung:** Die Bevölkerungsdichte ist, auch in Zukunft, je nach Bereich mittelmäßig bis sehr hoch. unter 6-Jährige weisen derzeit einen hohen bis sehr hohen, über 75-Jährige dagegen nur einen geringen bis mittleren Anteil auf. Es ist zu erwarten, dass die Anteile der Betagteren in den nächsten 30 Jahren deutlich steigen. Im zentralen östlichen Bereich leben besonders viele Menschen aller Altersgruppen.
- › **Freiraumstruktur:** Das Gebiet ist durch die vielen begrünten Innenhöfe und den hohen Baumbestand recht gut durchgrünt. Private und gemeinschaftliche Freiräume sind vorhanden. Das Rieselfeld ist umgeben von verschiedenartigen Freiräumen unterschiedlicher Größe. Auch einige gebietseigene Freiflächen, insbesondere im Norden und Westen, dienen als Kaltluftproduzenten.



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Rieselfeld

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Bedingt durch die Geländestrukturen und die äußerst westliche Lage profitiert der Hot Spot Rieselfeld kaum von den weitläufigen Kaltluftabflüssen und deren Wirkbereiche. Die Blockrandbebauung im Zentrum vom Rieselfeld wird nicht ausreichend durchlüftet, sodass diese sich sowohl nachts als auch tagsüber moderat überhitzt. Die bioklimatische Situation in diesem Bereich ist demnach als weniger günstig, nachts teilweise als ungünstig einzuordnen. Eine nächtliche Abkühlung kann durch geeignete Maßnahmen innerhalb des Gebiets geleistet werden. Die locker bebauten Randbereiche dieses Stadtteils hingegen sind nur geringfügig bioklimatisch belastet. Hierfür sind die umliegenden Grün- und Freiflächen besonders bedeutsam. Indem sie die Hitze ausgleichen können, begünstigen sie, vor allem in der Nacht, die bioklimatische Situation an den Siedlungsrändern.

Die zentralen Bereiche Rieselfelds befinden sich in zu großer Entfernung zu den bestehenden Kaltluftentstehungsgebieten. Die dort produzierte Kaltluft kann daher das Gebiet nicht mehr erreichen. Die großen versiegelten Platzflächen und Straßenräume sowie die Baukörper speichern die Wärme des Tages und verschärfen die Situation zusätzlich.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die nahezu deckungsgleiche tägliche und nächtliche Belastungssituation betrifft einen Großteil Rieselfelds mit Ausnahme der nördlichen und westlichen Randgebiete. Am Tag herrscht heute geringe bis mittlere, bis zum Jahr 2050 hohe bis höchste Hitzebelastung. In der Nacht ist die Belastung aktuell sehr gering bis mittel. Allein ein Block im Süden ist stark betroffen und wird zu einem Fokusgebiet. Zukünftig ist das Rieselfeld nachts hingegen mittelmäßig bis sehr hoch hitzebelastet. Mehrheitlich betroffen ist dabei, tagsüber wie nachts, die Wohnbevölkerung, insbesondere Kinder und ältere Menschen als



Luftbild vom Rieselfeld

stärker klimasensible Bewohnergruppen. Im Rieselfeld Arbeitende sind dagegen in der Regel nur tagsüber beeinträchtigt. Damit entsteht im Rieselfelder Wohn- und Arbeitsumfeld ein hitzebelasteter Hot Spot mit wenig eigenem Entlastungspotenzial. Besonders stark betroffen sind die Hauptverkehrsachse Rieselfeldallee und die stärker bebauten Areale im Zentrum und im südlichen Bereich. Hier sollten Ausgleichsmaßnahmen zuerst ansetzen.

Prüfaufträge

Innenhöfe und Straßenräume sind zwar bereits durchgrünt, aber auch hier bestehen Optimierungspotenziale, etwa durch Baumergänzungen oder neue Entsiegelungsmaßnahmen. Auch die verwendeten Materialien können geprüft und ggf. ausgetauscht werden.

Weiter liegt großes Potenzial in der klimagerechteren Anpassung der Gebäude mittels Ausbau und Optimierung der Dach- und Fassadenbegrünung oder sommerlichem Wärmeschutz. Bei Nachverdichtung ist auf klimaoptimierte Gebäudeausrichtung ebenso zu achten wie auch die Herstellung möglichst geringer Versiegelungsgrade.

Neue bewegte Wasserelemente können den öffentlichen Raum zusätzlich kühlen.

Größere Parkplatzflächen bieten gutes Potenzial, zumindest teilweise zu kleinen Entlastungsräumen oder Trittsteinen umgebaut zu werden. Indem Oberflächen entsiegelt und begrünt sowie schattenspendende Bäume gepflanzt werden, können diese Abstellflächen in qualitätsvolle Plätze transformiert werden, die den Betroffenen für Aufenthalt und Erholung dienen. Auch die Verlegung und Bündelung von Parkplätzen an anderer Stelle im Gebiet sind hier für die Unterstützung der stärker betroffenen Bereiche denkbar.

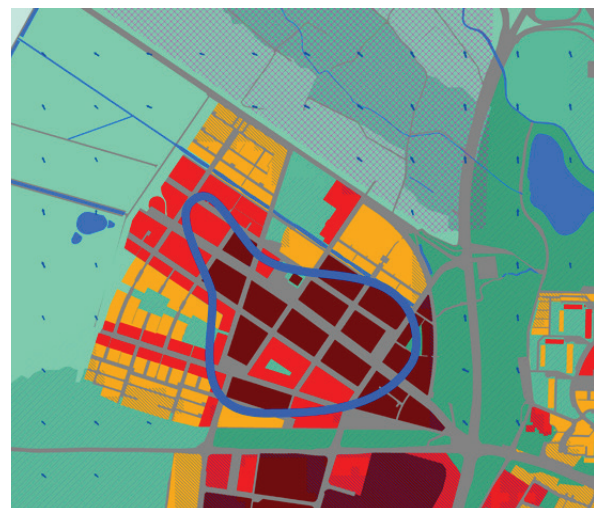
Auch die derzeit wenig zugänglichen Lärmschutz- und Abstandsgrünräume entlang der Besançonallee könnten eine stärkere Rolle in dem lokalen Entlastungssystem übernehmen. Entlang einer klimaaktivierten Jean-Monnet-Straße mit entsiegelten und begrüntem Bereichen könnten diese Entlastungsflächen verknüpft werden.

Das Fokusgebiet im Süden entwickelt ein exemplarisches Umsetzungsszenario, das für den Stadtstrukturtyp „Heterogener Geschosswohnungsbau“ (siehe Abschn. 5.4, S. 162).

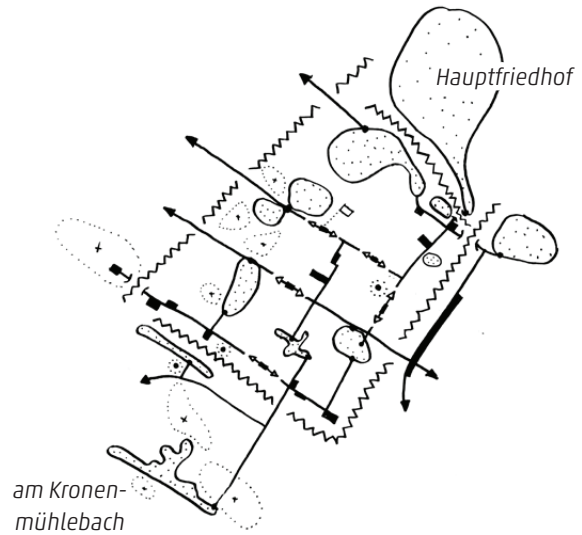
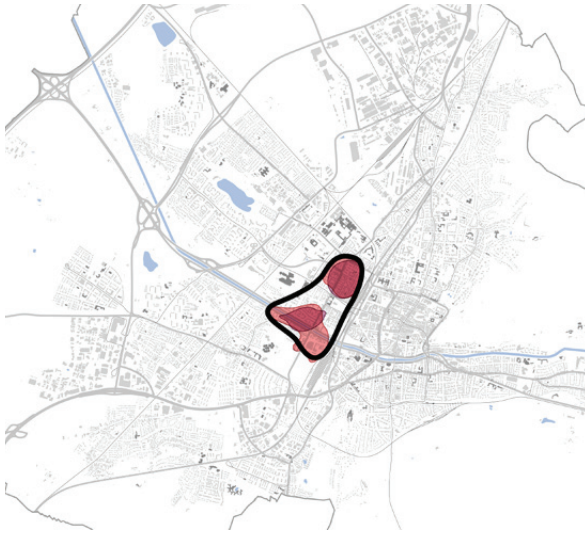
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Stühlinger/Haslach-Egerten

11 HOT SPOT „STÜHLINGER/ HASLACH-EGERTEN“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Das baustrukturelle Gefüge besteht überwiegend aus geschlossenem Blockrand mit baulich oft stark genutzten Innenbereichen sowie Anteilen an Zeilenbebauung, offenem Blockrand sowie Geschosswohnungsbau. Ergänzt wird die Baustuktur durch einzelne Gewerbebauten, kompakte Reihenhäuser und diverse Schulareale.
- › **Versiegelung:** Die östliche Hälfte des Gebiets mit dichter Bebauung und hohem Anteil an Straßen- und Betriebsflächen ist stark versiegelt, im Westen überwiegen lockere Zeilenbauten und Einzelhäuser mit geringerem Versiegelungsgrad. Dreisam und B31a teilen im Süden das Gebiet. Im Osten grenzt das verdichtete Gleisfeld des Hauptbahnhofs an.
- › **Nutzungen:** In die überwiegende Wohnnutzung sind auch Einzelhandel und Dienstleistungen, Gastronomie, Hotels und Sondernutzungen (z.B. Kirche) eingestreut. Wenige Büro-, Verwaltungs-, Hochschul- und Gewerbebauten durchmischen das Gebiet zusätzlich. Auch Schulen und Kindergärten, die als klimasensibel eingestuft werden, sind vorhanden.
- › **Bevölkerung:** Stühlinger und Haslach-Egerten weisen die höchste Bevölkerungsdichte Freiburgs auf. Insbesondere im nördlichen und südwestlichen Teil des Gebiets leben besonders viele Menschen, darunter alle Altersgruppen. Die Dichten der unter 6-Jährigen und der über 75-Jährigen sind aktuell gering bis mittelmäßig ausgeprägt. In den nächsten 30 Jahren wird allerdings eine Zunahme der Seniorinnen und Senioren erwartet.
- › **Freiraumstruktur:** Lagebedingt schließt der gesamte Hot Spot nicht unmittelbar an größere Entlastungsflächen an. Wenige Grün- und Kleingartenanlagen befinden sich in Reichweite. Öffentliche Freiräu-

me gibt es nur in geringem Umfang (Stühlinger Kirchplatz). Die Innenhöfe weisen teils einen guten Vegetationsbestand auf. In den Straßenräumen gibt es zwar nicht unwesentlichen Baumbestand, häufig fehlen aber durchgängig verschattete Bereiche. Die Dreisam bietet in diesem Bereich an ihren Ufern derzeit keine hochwertigen Aufenthaltsflächen.

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Da das Zentrum und der Süden des Stühlinger Stadtteils dicht bebaut und gering durchgrünt sind, ist die Durchlüftung häufig unzureichend und die nächtliche bioklimatische Situation in den Siedlungsgebieten größtenteils weniger günstig, in Bereichen mit Blockrandbebauung meist ungünstig. Die Grün- und Freiflächen dieses Stadtteils sind daher bedeutend. Die großen Parkanlagen im Norden und der Hauptfriedhof beeinflussen die angrenzenden Siedlungsflächen positiv, sodass diese ebenso wie die an die Kleingärten angrenzenden Flächen im Westen sich in der Nacht nicht übermäßig stark erwärmen. Tagsüber hingegen ist nahezu das gesamte Areal mittelmäßig hitzebelastet.

Auslöser für die Betroffenheit in dem Hot-Spot-Gebiet Stühlinger sind die hohe Bevölkerungsdichte, die dichte Bebauung sowie die hohe Nutzungsintensität. Tendenziell fehlen öffentliche und private Freiräume sowie erreichbare, allgemein zugängliche Entlastungsflächen.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Stühlinger und Haslach-Egerten weisen aktuell tagsüber geringe bis mittelmäßige, zukünftig jedoch hohe bis höchste Hitzebelastung auf. Zu den Betroffenen gehören Menschen, die hier wohnen, arbeiten, einkaufen oder anderen Tätigkeiten nachgehen einschließlich Kinder und betagter Personen. Nachts ist das Gebiet je nach Bereich gering bis stark, bis 2050 hingegen stark bis sehr



Luftbild von Stühlinger/Haslach-Egerten

stark hitzebelastet. Kaltluft kann nicht bis in das Innere des Gebietes vordringen. Mangels kühlender Flächen in dem Gebiet werden die Bewohnerinnen und Bewohner damit auch in der Nacht beeinträchtigt. Die nachts belasteten Bereiche entsprechen denjenigen am Tag. Lediglich die Gewerbezone im Südosten ist in der Nacht nicht vulnerabel, da in der Regel keine Menschen anwesend sind.

Ansatzpunkte liegen darin, die versiegelten Flächen der stark verdichteten Innenhöfe und die Gebäude selbst klimatisch zu verbessern, ergänzende Bäume zu pflanzen sowie neue Freiräume anzulegen.

Prüfaufträge

Die Bebauungsstruktur lässt sich durch Dach- und Fassadenbegrünung, Gebäudeverschattung und energetische Sanierung verbessern. Um die Blockinnenbereiche zu entdichten und zu entsiegeln, kann beispielsweise darüber nachgedacht werden, flächenintensive Betriebe zu verlagern. Neue Bäume und Sträucher könnten die Innenhöfe klimatisch und gestalterisch aufwerten. Somit würden hier Rückzugs- und Erholungsräume für die

Bewohnerinnen und Bewohner geschaffen. Auch die Verkehrsräume können vermehrt verschattet und durchgrünt werden. Mit neuen erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelemente und Be- und Entwässerungskonzepten für Grünflächen können weitere Bausteine für eine Abkühlung umgesetzt werden.

Ein Ziel besteht darin, mehr öffentliche Freiflächen anzulegen und die vorhandenen zu optimieren. Beispielsweise könnte der südöstlich gelegene Bolzplatz an der Ecke Klarastraße und Ferdinand-Weiß-Straße klimawirksam aufgewertet werden. Indem sowohl der Eingangsbereich als auch der Spiel- und Sitzbereich im Nordwesten mit ergänzenden Bäumen und Sonnensegeln verschattet, einem Trinkwasserspender und weiteren Sitzmöglichkeiten ausgestattet werden, können die Betroffenen sich während der Pausen dort erholen. Zudem können neue Bäume entlang des Südrands weitere Erholungsmomente schaffen. Auch gilt es zu prüfen, ob und wie Kleingartenanlagen teils zugänglich gemacht werden können. Weiterhin ist die bessere Anbindung bestehender Entlastungsflächen in der Umgebung vorrangig.

Der Hot Spot sollte aus klimatischer Sicht nur baulich nachverdichtet werden, wenn dies klimaoptimiert geschieht. Die Baufelder im Norden sowie im Süden und Südwesten sollten dagegen baulich nicht weiter verdichtet werden. Umbauten, die stärkere Luftzirkulation ermöglichen und mehr Grün schaffen, sind dabei jedoch durchaus willkommen.

Das Fokusgebiet im nördlichen Bereich stellt beispielhaft dar, wie der Stadtstrukturtyp „geschlossener Blockrand“ klimawirksam entwickelt werden kann (siehe Abschn. 5.4, S. 158).

Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Unterwieshre Nord

12 HOT SPOT „UNTERWIEHRE NORD“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Das dichte Gebiet wird charakterisiert von einer Mischung aus kompakten Reihenhäusern und geschlossenem Blockrand, Geschosswohnungsbau, Gewerbe/Industrie sowie dem Rotteck-Gymnasium und dem Freiburger Montessorizentrum.
- › **Versiegelung:** Aufgrund der Bebauung sowie den vielen asphaltierten Verkehrs-, Parkplatz- und sonstigen Abstellflächen ist der Versiegelungsgrad im Gebiet sehr hoch. Im Westen grenzt das Gebiet direkt an die B3, im Norden an die B31 und im Südosten an die Basler- und Kronenstraße an.
- › **Nutzungen:** Es handelt sich um ein Gebiet von hoher Heterogenität und Nutzungsmischung mit Wohnen, Gewerbebetrieben, teils mit Lager- und Werkstattteilen, Handel, Verwaltung, Büros sowie öffentlichen und kirchlichen Einrichtungen. Die Schulen und das Seniorenwohnheim reagieren besonders klimasensibel.
- › **Bevölkerung:** Die Gesamtbevölkerungsdichte fällt in der Unterwieshre Nord heute wie zukünftig ebenso gering aus wie die Dichte der über 75-Jährigen.
- › **Freiraumstruktur:** Das Gebiet ist eng in die Stadt eingebettet und weist im Innern wie in der unmittelbaren Umgebung keinerlei Grünräume auf, die für Entlastung sorgen könnten. Im Norden fließt zumindest der Mühlbach durch das Gebiet, wird aber nicht von größeren Grünbereichen begleitet. Weiter nördlich grenzt die Dreisam an das Gebiet. Deren Ufer bieten hier jedoch derzeit keine hochwertigen Aufenthalts- oder Erholungsflächen. Es gibt nur wenige Bäume oder andere Vegetation. Insgesamt sind private sowie öffentliche Freiräume nur in geringem Maß vorhanden.

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Ein Großteil des Areals weist in den Nachtstunden ein moderates bis hohes bioklimatisches Belastungsniveau auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Gebiet zum einen stark versiegelt sowie dicht bebaut ist und zum anderen nicht ausreichend durchlüftet wird. Neben dem Bereich nordwestlich der Kronenstraße ist dies auch im Umfeld der Kirchstraße (siehe Hot Spot „Mittel-/Oberwieshre und Oberau“, S. 56 f.) zu beobachten. Die bioklimatische Situation am Tag fällt vor allem im Westen des Stadtteils weniger günstig aus. Dagegen sind die übrigen, weniger dicht bebauten Siedlungsflächen eher moderat bioklimatisch belastet.

Der Hot Spot Unterwieshre Nord entsteht durch die Kombination aus dichter Bebauungsstruktur, hohem Versiegelungsgrad, dem Mangel an bioklimatischen Ausgleichsflächen und den vielen hierdurch entstehenden, Wärme speichernden Oberflächen. Nachts kann sich das Gebiet somit nur mangelhaft abkühlen.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die Unterwieshre Nord verzeichnet tagsüber derzeit eine geringe bis mittlere Hitzebelastung. 2050 erreicht diese jedoch hohes und im nördlichen Bereich sogar höchstes Niveau. Dies betrifft alle Menschen, die hier wohnen, arbeiten, einkaufen oder anderen Beschäftigungen nachgehen. Aktuell handelt es sich noch nicht um einen tagsüber belasteten Hot Spot. Nachts ist der Belastungswert dagegen mittelmäßig bis hoch. Zukünftig erhöht sich die Belastung fast flächendeckend auf ein sehr hohes Niveau und verhindert somit physiologische Erholung, insbesondere bei älteren Menschen. Die betroffene Wohnbevölkerung einschließlich der klimasensiblen Gruppen wohnt vor allem im mittleren und östlichen Bereich und macht ihn zu einem nächtlichen Hot Spot.



Luftbild von der Unterwieshre Nord

Das städtebauliche Gefüge eröffnet in der Unterwieshre Nord insgesamt wenig Handlungsspielraum. Deshalb sollten die Anstrengungen in der Unterwieshre Nord vor allem in den Fokus nehmen, die tägliche Wärmespeicherung möglichst weit zu reduzieren, um das Gebiet nachts zu entlasten.

Prüfaufträge

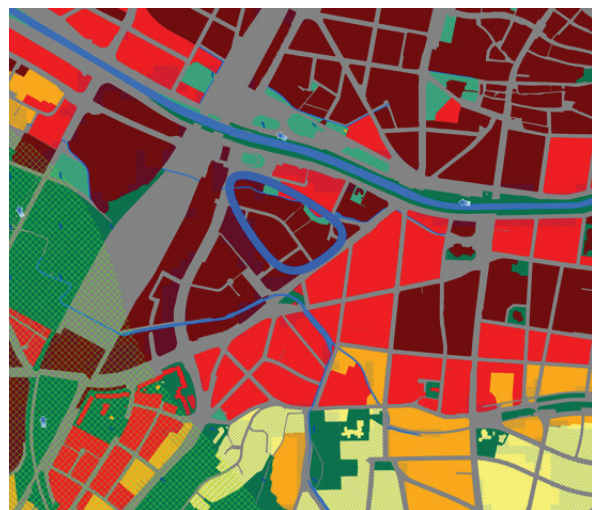
Eine Klimaaoptimierung in der Unterwieshre Nord umfasst somit die energetische Sanierung von Gebäuden je nach Bausubstanz sowie Dach- und Fassadenbegrünung. Weitere Maßnahmen bestehen in der Entsiegelung geschlossener Oberflächen und der Schaffung von mehr Grün- und Freiraum in dem Gebiet. Der Austausch von Oberflächen und Elementen in Innen-, Hinterhof- und Parkplatzbereichen durch weniger Wärme speichernde Materialien kann dies ebenso unterstützen wie zusätzliche Begrünungen, Pflanzungen und der Einsatz verschattender Elemente.

Inwieweit die beiden Gewässer Mühlbach und Dreisam stärker für hochwertige Aufenthalts- und bioklimatische Erholungsnutzung genutzt werden können, gilt es zu prüfen.

Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



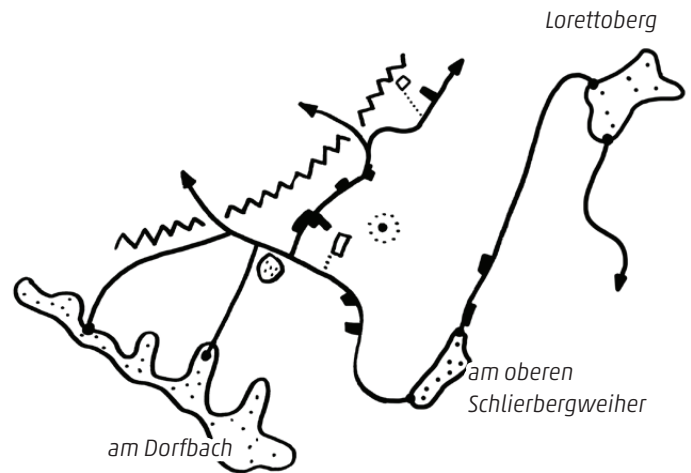
Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



13 HOT SPOT „UNTERWIEHRE SÜD“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Die Unterwievre Süd wird vor allem von Gewerbe- und Industriebauten geprägt. Zudem gibt es ein Schulareal mit neu hergestelltem Gebäude- und Freiraumkomplex. Beides ist von kompakten Reihenhäusern, Zeilenbebauung und Geschosswohnungsbau umgeben.
- › **Versiegelung:** Die vielen großkubaturigen Gebäude sowie die betrieblich notwendige Flächeninfrastruktur bedingen, dass viele Oberflächen versiegelt sind. Im Westen verläuft die Gleistrasse der Rheintalbahn.
- › **Nutzungen:** Die Unterwievre Süd ist überwiegend durch gewerbliche Nutzung, Verwaltung und Handel geprägt. Vereinzelt finden sich Wohngebäude, eine Schule sowie weitere Nutzungen. Das Gebiet ist von Wohnnutzungen umgeben.
- › **Bevölkerung:** Auf dem Areal gibt es insgesamt nur wenig Wohnbevölkerung und entsprechend wenige unter 6- und über 75-Jährige.
- › **Freiraumstruktur:** Außer wenigen Abstandsflächen sind in den gewerblichen Bereichen kaum Freiräume begrünt. Es mangelt an öffentlichen und auch an privaten Grünflächen.
- › **Bioklimatische Einflüsse:** Der Stadtteil Unterwievre Süd wird großflächig von den am Illenberg und Schauinsland ausgehenden Kaltluftabflüssen durchlüftet. Da es zu intensivem Luftaustausch kommt und das Gebiet locker bebaut ist, sind in der Nacht große Bereiche bioklimatisch gering bis sehr gering hitzebelastet. Lediglich westlich der Merzhauser Straße besteht eine weniger günstige bis ungünstige Situation. Die kompakten Baustrukturen, der Mangel an Grünräumen und ein teils erhöhter Oberflächenversiegelungsgrad beeinflussen diese Gebiete sowohl am Tag als auch in der Nacht negativ. Die vorgelager-



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Unterwievre Süd

ten Grün- und Freiflächen am Lorettoberg gleichen die Hitze aus und sind daher klimatisch besonders wichtig.

Durch den hohen Anteil an Oberflächenversiegelung und die großflächige Überbauung heizt sich das Gebiet tagsüber stark auf und lässt eine Wärmeinsel entstehen. Das Fehlen hochwertiger Grün- und Erholungsräume innerhalb des Hot Spots verstärkt die Belastungssituation zusätzlich.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Das Gebiet ist derzeit tagsüber sehr gering bis mittelmäßig belastet. 2050 steigt die Belastung für die Betroffenen jedoch bis auf mittleres bis höchstes Niveau. Unter dem Hitzestress leiden zum einen Arbeitnehmer und Kunden in dem Gewerbegebiet, zum anderen die Bewohnerinnen und Bewohner, die tagsüber in dem Gebiet anwesend sind. Schulkinder sind dabei besonders sensibel. Am stärksten betroffen ist der mittlere westliche Bereich des Gewerbegebiets. Hier entsteht ein tagsüber betroffener Hot Spot. In der Nacht fällt die Belastung heute gering bis mittelmäßig, zukünftig je nach Bereich mittelmäßig bis sehr hoch aus. Da die Unterwievre Süd aktuell nachts noch ausreichend abkühlt und zudem nur sehr wenige Menschen beeinträchtigt sind, entsteht kein nächtlicher Hot Spot. Tag- und Nachtsituation unterscheiden sich folglich in dem Gebiet erheblich. Insbesondere Maßnahmen, die sich positiv auf die Tagsituation auswirken, sind anzustreben.

Prüfaufträge

Für die Herstellung weiterer Freiräume könnten beispielsweise begrünte Abstandsflächen klimawirksam verbessert und zu Erholungs- und Grünräumen umgestaltet werden. Dies lässt sich erreichen, indem unter



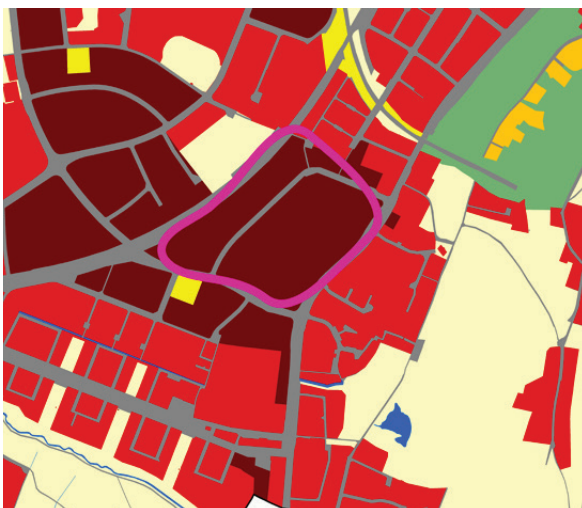
Luftbild von der Unterwihre Süd

anderem Freiräume verschattet und mikroklimatisch ergänzt werden, auch mit mehr Bäumen und anderer Vegetation. Hierzu sollte geprüft werden, inwiefern vorhandene Flächen als öffentliche Aufenthaltsbereiche nutzbar und zugänglich gemacht werden können.

Auch Verkehrsflächen und Gebäude können mit Bäumen verschattet werden und zu deren Entlastung beitragen. Hierzu müssen geeignete Standorte identifiziert werden. Für eine weitere Abkühlung der Gebäude helfen Dach- und Fassadenbegrünungen, die Installation sommerlichen Wärmeschutzes und weitere technische Kühlungsmaßnahmen, auch im Gebäudeinneren. Bei baulichen Entwicklungen im Umfeld von der Unterwihre Süd sollte darauf geachtet werden, dass die für das Gebiet wichtigen und erhaltenswerten, nächtlichen Kaltluftabflüsse nicht eingeschränkt werden

Des Weiteren wirkt sich die Entsiegelung der Oberflächen günstig aus. Potenziale, die weiter geprüft werden müssen, bieten sich im südöstlich gelegenen Schulareal sowie auf den vielen Parkplatzflächen und anderen grauen Zwischenbereichen. Ein Ersatz mit alternativen Materialien, die die Hitze weniger stark speichern, würde sich in diesem Fall anbieten.

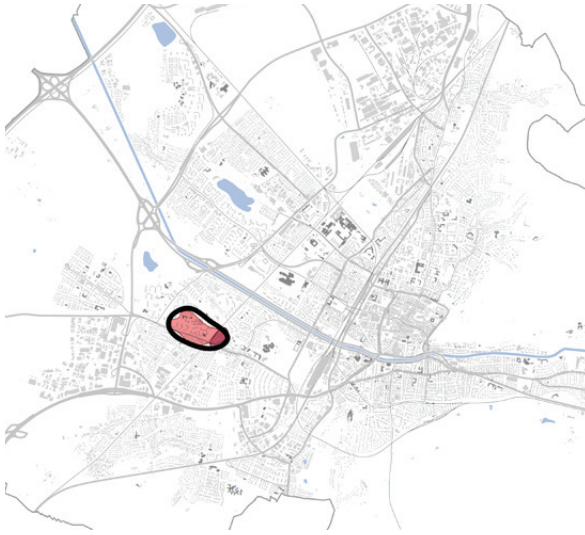
Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation



14

HOT SPOT „WEINGARTEN/HASLACH-EGERTEN“

Analyse/Charakterisierung

- › **Bebauungsstruktur:** Das Gebiet stellt eine der Freiburger Großwohnsiedlungen dar, mit einer „klassischen“ Komposition unterschiedlicher Wohntypologien von Großstrukturen mit Wohnhochhäusern über Zeilen und Mehrfamilienhäusern zu wenigen kompakten Reihenhäusern in den Randbereichen. Kleinere Gewerbestrukturen, Einzelhandel und Sozialeinrichtungen sind vereinzelt eingestreut.
- › **Versiegelung:** Zentrum und Westen von Weingarten und Haslach-Egerten sind locker bebaut und die Zwischenbereiche häufig unversiegelt. Hier besteht ein eher mittlerer Versiegelungsgrad. Areale mit vielen versiegelten Oberflächen stellen hingegen die Gewerbebezonen sowie der dichter bebaute östliche Wohnbereich dar, der von der Güterbahntrasse von dem restlichen Hot Spot getrennt wird.
- › **Nutzungen:** In Weingarten und Haslach-Egerten überwiegt die Wohnnutzung. Einkaufsmöglichkeiten, öffentliche Einrichtungen sowie wenige Büros und gewerbliche Betriebe ergänzen das Gebiet ebenso wie Kindergärten und Seniorenwohnheime als besonders klimasensible Nutzungen.
- › **Bevölkerung:** Die Bevölkerungsdichte sowie die Dichte der unter 6- und über 75-Jährigen ist im mittleren bis hohen Bereich. Die meisten Menschen leben im mittleren östlichen Bereich. Es wird erwartet, dass die Zahl der Seniorinnen und Senioren innerhalb der nächsten 30 Jahre zunimmt.
- › **Freiraumstruktur:** Die Grünanlage zwischen dem Einkaufszentrum Weingarten und dem Dorfbach bildet einen großen grünen Kern des Gebiets und trägt zu dessen Entlastung bei. Im östlichen Bereich gibt es nur wenige, sonst eher viele Bäume. In dem gesamten Gebiet sind viele Freiräume begrünt. Im Verhält-



Skizze des Entlastungssystems:
Ausschnitt Weingarten/Haslach-Egerten

nis zu der Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner fehlen dennoch sowohl private als auch öffentliche Freiräume.

- › **Bioklimatische Einflüsse:** Die nächtliche bioklimatische Situation in dem Hot Spot ist vorwiegend als mäßig zu beurteilen, stellt sich innerhalb der dichteren Bebauung östlich der Güterbahntrasse hingegen als ungünstig dar. Hier macht sich die dichte Bebauungsstruktur negativ bemerkbar. Dies führt tagsüber dazu, dass Oberflächen sehr heiß sind und die Luft sich erwärmt. Begrünte Abstandsflächen und Bäume durchziehen das Areal um die Wohnhochhäuser und Zeilenbauten und wirken sich klimaökologisch positiv aus. Indem die Bäume sowohl Böden als auch Gebäude verschatten, lässt es sich an Tagen mit starker solarer Einstrahlung dort besser aushalten. Der gesamte Hot Spot wird jedoch eher unterdurchschnittlich gut durchlüftet.

Sowohl die zwischen dem Einkaufszentrum Weingarten und dem Dorfbach gelegene Grünanlage als auch der fußläufig noch erreichbare Dietenbachpark bieten Entlastungsräume für die Tagsituation. Wohnortnahe, bioklimatisch hochwertige Entlastungsflächen für die Kühlung des Gebiets sind jedoch nicht ausreichend vorhanden. Für die günstige Nachtsituation sind die begrünten Abstandsflächen und die lockere Bebauung maßgeblich.

Schwerpunkthemen und Hauptansatzpunkte

Die Hitzebelastung fällt am Tag aktuell gering bis hoch aus, steigt aber zukünftig auf hohes bis höchstes Niveau. Der am stärksten belastete Bereich befindet sich im nördlichen Zentrum des Gebiets, rund um das Einkaufszentrum Weingarten herum. Überlagert man die Belastungssituation mit der Bevölkerungsstruktur wird deutlich, dass überall im Gebiet viele Menschen aller Altersgruppen betroffen



Luftbild von Weingarten/Haslach-Egerten

sind, seien dies die Kinder oder die Älteren. Auch im Gebiet arbeitende Menschen sind dem Hitzestress ausgesetzt.

Die nächtliche Belastung ist derzeit gering bis hoch. Bis 2050 steigt sie auf hohes bis sehr hohes Niveau an. Der Wohnbereich östlich der Güterbahn ist bereits heute am stärksten überhitzt, weshalb hier nachts eine besondere Belastung besteht. Betroffen sind die Bewohnerinnen und Bewohner des Teilbereichs, die sich nachts nicht mehr erholen können.

Folglich sollten nach Möglichkeit in dem Gebiet klimawirksame und nutzbare Freiräume entwickelt werden, die das Gebiet tagsüber wie nachts abkühlen und entlasten.

Prüfaufträge

Um die bestehenden Freiräume aufzuwerten gilt es, die Freiräume zwischen den Gebäuden, aber auch bestehende und bisher als Abstandsflächen dienende Räume für die Bevölkerung nutzbar zu machen. Auch mit Baumpflanzungen kann die Situation verbessert werden. Erleb- bare Wasserelemente und Trinkwasserspender sind gute ergänzende Maßnahmen.

Die bestehenden Grünräume könnten noch stärker zu der Entlastung des Hot Spots und seiner Bevölkerung

eingesetzt werden: Hierzu bieten sich die Erhöhung der mikroklimatischen Vielfalt und die Integration eines Be- und Entwässerungskonzept an. Auf einem durchgängig verschatteten Wegenetz zu dem nördlich gelegenen Entlastungsraum könnten sich Fußgänger und Fahrradfahrer des Weiteren mit deutlich höherem Klimakomfort fortbewegen und die Erholungsräume sehr viel stressfreier erreichen.

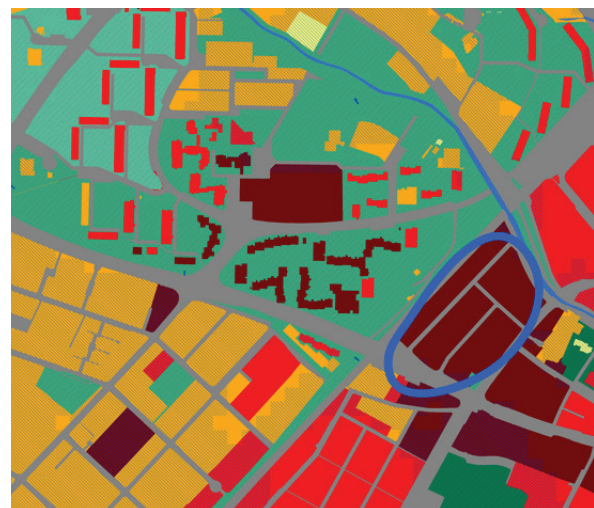
Ein weiterer Ansatz besteht darin, aktivierbare Flächen mit Entsiegelungspotenzial zu identifizieren. Hier kommen in dem Gebiet insbesondere Parkplatzareale infrage. Diese können begrünt und mit Bäumen verschattet werden, um weniger Hitze aufzunehmen. Ebenso kann der Gebäudebestand klimatisch angepasst werden, indem man Dach- und Fassadenbegrünung fördert sowie sommerlichen Wärmeschutz anbringt. Sollen zukünftige Bereiche baulich nachverdichtet werden, sollte dies klimaoptimiert (siehe Leitsätze und Maßnahmen in Abschnitt 5.1 und 5.2) durchgeführt werden.

Im zentralen Bereich des Hot Spots Weingarten/Haslach-Egerten zeigt das Fokusgebiet der beiden Stadtstrukturtypen „Großwohnsiedlung“ und „Wohnhochhaus“ exemplarisch, wie solche Gebiete klimaoptimiert gestaltet werden können (siehe Abschn. 5.4, S. 164).

Legende I Klimaanalysekarten: siehe S. 205



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Tagsituation



Ausschnitt Klimaanalysekarte: Nachtsituation

Strategische Leitsätze

S Klimafunktionale vernetzte Grün- und Freiraumsysteme sichern und entwickeln



S 1.1



S 1.2

S Klimaausgeglichene Stadt- und Gebäudestrukturen bauen



S 2.1



S 2.2

S Mobilität klimagerecht integrieren



S 3.1



S 3.2



S 3.3

S Wasser im Stadtraum etablieren



S 4.1



S 4.2

Konkrete lokale Maßnahmen

Gebäudemassnahmen

K Grün- und Freiraumsystem



K 1



K 2

K Stadt- und Gebäudestruktur



K 7



K 8

G Gebäudebezogene Maßnahmen



G 1



G 2

K Mobilität



K 13



K 14

K Wasser

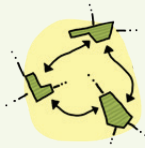


K 19



K 20

5. Maßnahmen zur Hitzeminderung



K 3



K 4



K 5



K 6



K 9



K 10



K 11



K 12



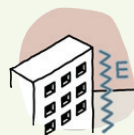
G 3



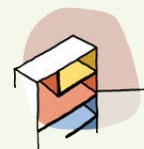
G 4



G 5



G 6



G 7



K 15



K 16



K 17



K 18



K 21

S *Klimafunktionale vernetzte Grün- und Freiraumsysteme sichern und entwickeln*

- S 1.1 Optimale Luftzirkulation ermöglichen
- S 1.2 Freiräume sichern und klimaoptimiert entwickeln

S *Klimaoptimierte Stadt- und Gebäudestrukturen bauen*

- S 2.1 Innenentwicklungs- und Nachverdichtungsansätze ohne negative Klimawirkung wählen
- S 2.2 Bei notwendigen Außenentwicklungen negative Klimawirkung vermeiden und ausgleichen

S *Mobilität klimagerecht integrieren*

- S 3.1 Anthropogene Wärmeimmissionen aus dem fließenden Verkehr reduzieren
- S 3.2 Den ruhenden Verkehr klimagerecht gestalten
- S 3.3 Langsamverkehr mit Hitzeentlastung kombinieren

S *Wasser im Stadtraum etablieren*

- S 4.1 Wassersensible Stadtentwicklung als Grundsatz zur Hitzeentlastung implementieren
- S 4.2 Stadtentwässerung und Stadtklima strategisch zusammendenken

Zu der Reduktion beziehungsweise Vermeidung des Wärmeinseleffektes und zu der Verbesserung der klimaökologischen Situation in Freiburg im Breisgau wurden insgesamt 37 verschiedene Maßnahmen identifiziert. Prinzipiell können diese in zwei räumliche Ebenen eingeordnet werden:

- Strategische (übergeordnete, strukturelle) Leitsätze
- Konkrete lokale Maßnahmen in Quartieren, Nachbarschaften und auf Grundstücken sowie Gebäuden

Die grundsätzliche Auswahl der Maßnahmen erfolgte primär nach den Kriterien der Wirksamkeit, der lokalen Umsetzbarkeit sowie der formellen beziehungsweise informellen Implementierbarkeit in die Instrumente der Stadtplanung (vgl. auch MKULNV 2010). Dem ganzheitlichen, querschnittsorientierten Ansatz des Klimaanpassungskonzepts entsprechend, wurden aber gezielt auch solche Maßnahmen in das Portfolio aufgenommen, auf deren Wirkungen zwar abduktiv geschlossen werden kann, die aber bislang noch nicht quantifizierbar sind.

Im Folgenden wird der für Freiburg identifizierte Maßnahmenkatalog textlich beschrieben. Die 37 Einzelsteckbriefe bieten Freiburg spezifisches, erläuterndes Abwägungsmaterial, Entscheidungsgrundlagen und (sofern vorhanden) Umsetzungsbeispiele aus Freiburg.

Der Katalog richtet sich in erster Linie an die Bauleit- und Landschaftsplanung, Verkehrs- und Grünplanung, Ge-

bäudemanagement, Stadtanierungsfachstellen sowie weitere mit gebäude- und raumbezogener Planung betraute Dienststellen. Darüber hinaus können aber auch Privatpersonen und Unternehmen das Portfolio als Anregung für Maßnahmen außerhalb des Zuständigkeitsbereichs der öffentlichen Hand verwenden.

Die Beschreibung der Maßnahmen und ihrer Wirkungen erfolgt weitgehend qualitativ. Auf die Bereitstellung von quantitativen Informationen bezogen auf das Humanbioklima wird bei den meisten Maßnahmen ganz bewusst verzichtet. Zum einen stehen verifizierte Daten nur sehr vereinzelt für ganz spezielle Fallstudien zur Verfügung. Zum anderen hängt die Wirkung sehr stark von der konkreten Ausgestaltung der Maßnahmen, ihrer Kombination mit anderen Maßnahmen, ihrer Lage im Stadtgebiet sowie der betrachteten vertikalen und horizontalen Entfernung von der Maßnahme ab.

Grundsätzlich sind aber alle Maßnahmen geeignet, den thermischen aber oft auch lufthygienischen Stress für die Freiburger Stadtbevölkerung direkt oder indirekt zu verringern und damit zur Erreichung des Ziels eines gesunden Freiburger Stadtklimas beizutragen.

Die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen beziehungsweise Maßnahmenkombinationen wird im Rahmen dieses Projekts durch eine mikroskalige Modellierung eines beispielhaften Fokusgebietes (Stühlinger) genauer beleuchtet (Abschn. 5.5). Aus diesen Analysen können auch quantitative Aussagen für die Wirksamkeit der Maßnahmen abgeleitet werden.

K Grün- und Freiraumsystem

- K 1 Luftleitbahnen schützen und schaffen
- K 2 Öffentliche und private Freiflächen erhalten und anlegen
- K 3 Vernetzung, Erreichbarkeit und Erhöhung der Zugänglichkeit von Wald- und Grünflächen verbessern
- K 4 Verschattung im öffentlichen Raum erhöhen
- K 5 Mikroklimatische Vielfalt in öffentlichen Grünflächen erhöhen
- K 6 Auswahl geeigneter Baumaterialien und Anstriche

K Stadt- und Gebäudestruktur

- K 7 Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte bei Um- und Neubau optimieren
- K 8 Öffnung zu Freiräumen optimieren
- K 9 Rückbau und Entdichtung umsetzen
- K 10 Innen- und Hinterhöfe begrünen
- K 11 Oberflächen entsiegeln
- K 12 Bei Neuplanungen Versiegelungsgrad gering halten

G Gebäudebezogene Maßnahmen

- G 1 Dachbegrünung
- G 2 Fassadenbegrünung
- G 3 Gebäudeverschattung
- G 4 Sommerlicher Wärmeschutz an Gebäuden
- G 5 Technische Gebäudekühlung
- G 6 Energetische Gebäudesanierung
- G 7 Anpassung des Raumnutzungskonzepts

K Mobilität

- K 13 Flächensparende Mobilitätsinfrastruktur mit geringer Versiegelung herstellen
- K 14 Grünanteil in Verkehrsräumen erhöhen (inkl. Grüngleise Tram)
- K 15 Fuß- und Radwegenetze durchgängig verschatten
- K 16 Haltestellen und Wartebereiche begrünen und verschatten
- K 17 Parkplätze begrünen und verschatten
- K 18 Unterbauung von Grünflächen begrenzen oder klimagerecht herstellen (z.B. Tiefgaragen)

K Wasser

- K 19 Anlage von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum
- K 20 Entwässerungskonzepte implementieren (Versickerung, Speicherung usw.)
- K 21 integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen implementieren

Maßnahmenkatalog

5.1 Strategische Leitsätze

Die vier Leitsätze bilden das „Dach“ des Maßnahmenkatalogs. Sie geben einen übergeordneten Rahmen vor, in dem bei einer klimaorientierten Stadtplanung gehandelt werden sollte.

Sie umfassen konkrete Regeln und Handlungsvorschläge aus räumlich übergeordneter Sicht, die die (Weiter-)Entwicklung der Bebauungs- und Freiraumstruktur ihres Umfeldes betreffen.

1. Klimafunktionale vernetzte Grün- und Freiraumsysteme sichern und entwickeln
2. Klimaoptimierte Stadt- und Gebäudestrukturen bauen
3. Mobilität klimagerecht integrieren
4. Wasser im Stadtraum etablieren

Neben der Sicherung und Herstellung eines integralen Grün- und Frischluftzirkulationssystems (S 1.1 und S 1.2.) werden auch Fragen der Nachverdichtung, der Austauschbeziehung zwischen Quartieren und Freiräumen sowie geeigneter städtebaulicher oder architektonischer Typologien behandelt (S 2.1 und S 2.2).

Des Weiteren werden Themen der Verkehrsinfrastruktur, insbesondere des ruhenden und des Langsamverkehrs und deren Gestaltung (S 3.1 bis S 3.3) berücksichtigt. In dem letzten Leitsatz werden sowohl die Implementierung von offenen und bewegten Wasserflächen im Stadtraum als auch Fragen der Stadtentwässerung (S 4.1 und S 4.2) thematisiert.



S 1.1 OPTIMALE LUFTZIRKULATION ERMÖGLICHEN

Was ist damit gemeint?

Um eine Stadt optimal zu belüften, ist ein Durchlüftungssystem vonnöten, dass neben ausreichend geeigneten Kaltluftentstehungsgebieten auch die entsprechenden Ventilations- und Leitbahnen beinhaltet. Als Kaltluftentstehungsgebiete können Wiesen, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wald, aber auch innerstädtische Grünareale dienen. Ventilationsbahnen sind linear in die Stadt führende Freiräume, geeignete Straßenräume und unbelastete Infrastrukturkorridore. Idealerweise werden die Leitbahnen über kleinere Entlastungsflächen und Grünräume weiter hinein in die belasteten Stadtstrukturen vernetzt.

Details und Wirkung des Leitsatzes

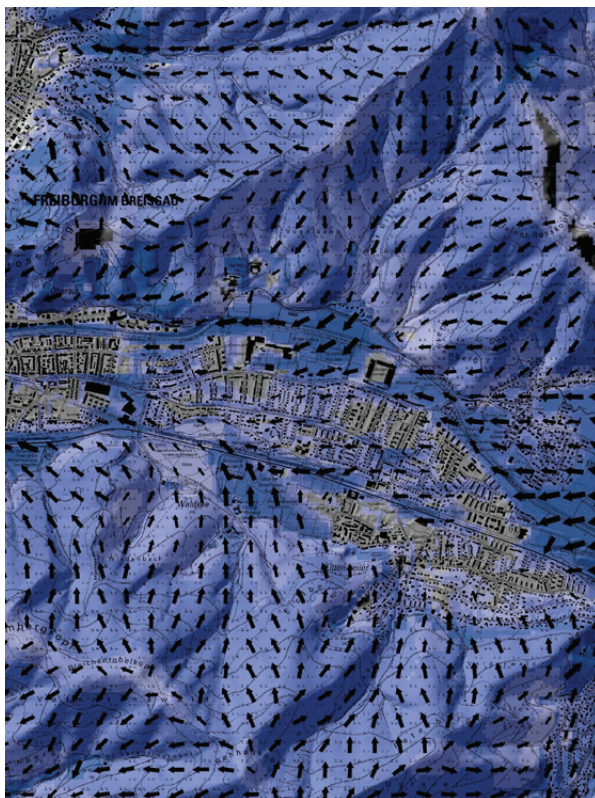
Der Erhalt von Kaltluftentstehungsgebieten sowie von Ventilations- und Leitbahnen ist von großer Bedeutung für das Stadtklima. Nur so ist es möglich eine optimale Luftzirkulation in der Stadt zu gewährleisten. Ziel dieses Leitsatzes ist es also, das System aus klimatischen Ausgleichsflächen und Leitbahnen nachhaltig zu schützen und wenn möglich auch weiter auszubauen. Um dies umzusetzen sollten einige grundlegende Dinge beachtet werden. Zum einen sollten frühzeitig Festlegungen zur Flächensicherung getroffen werden, um die Kaltluftentstehungsgebiete langfristig zu sichern. Außerdem sollte auf eine Vermeidung von Austauschbarrieren an Orts- und Siedlungsrändern sowie an den Grenzen von Parks geachtet werden und durchlässige Hänge gesichert und

geschafft werden. Um die Ausgleichsflächen besser für die Erholung der Stadtbewohnerinnen und -bewohner nutzbar zu machen, sollte die Aufenthaltsqualität sowie die Zugänglichkeit und Erreichbarkeit überprüft und gegebenenfalls erhöht werden.

Unter dem strategischen Leitsatz „Optimale Luftzirkulation ermöglichen“ lassen sich daher einige konkrete Maßnahmen zusammenfassen, die im Weiteren näher erläutert werden. Dazu gehören K1: Luftleitbahnen schützen und schaffen, K7: Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte bei Um- und Neubau optimieren und K8: Öffnung zu Freiräumen optimieren.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

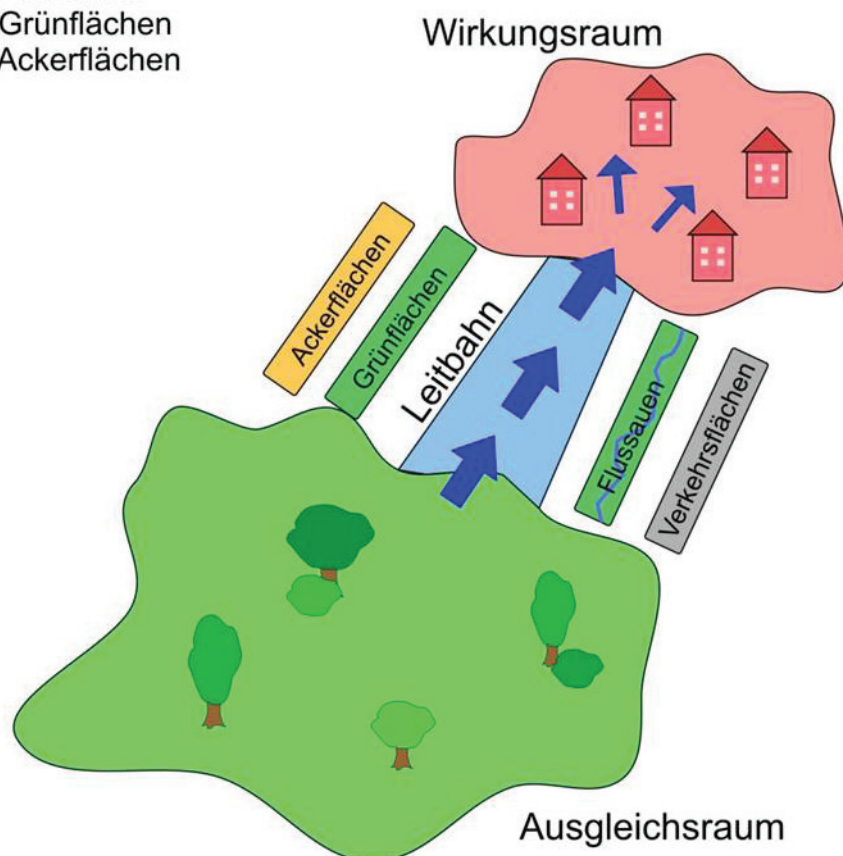
In Freiburg sind es vor allem die um die Stadt liegenden Waldgebiete mit den Ausläufern des Schwarzwalds, die für die Kaltluftproduktion entscheidend sind. Im Schwarzwald entsteht auch der „Höllentäler“, der eine besondere Rolle bei der Belüftung der Stadt spielt. Die wichtigste Leitbahn in Freiburg ist die Dreisam mit ihren angrenzenden Grünstrukturen.



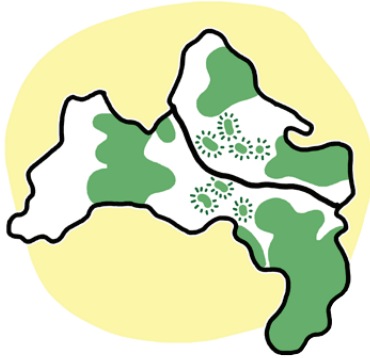
Kaltluftentstehungsgebiete im Osten Freiburgs

Mögliche Leitbahnen:

- Straßen
- Bahnanlagen
- Flussauen
- Grünflächen
- Ackerflächen



Schematische Darstellung von Leitbahnstrukturen



S 1.2 FREIRÄUME SICHERN UND KLIMAOPTIMIERT ENTWICKELN

Was ist damit gemeint?

Großflächige Park- und Grünanlagen sind nicht nur aufgrund ihrer Bedeutung für den Kaltlufthaushalt besonders schützenswert, sondern auch, weil sie wichtige Erholungsflächen darstellen, die von den Bewohnerinnen und Bewohnern inklusive der klimasensiblen Bevölkerungsgruppen am Tag gezielt aufgesucht werden können. Um die kühlende Wirkung von Freiräumen optimal auszunutzen, sollte bei der Gestaltung von Parks auf eine große Mikroklimavielfalt geachtet werden. Dadurch bietet eine Freifläche sowohl tagsüber als auch in der Nacht die größtmögliche kühlende Wirkung.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Soll der Park auch als nächtliche Kaltluftproduktionsfläche dienen und die Kaltluft die Umgebung positiv beeinflussen, muss der Übergangsbereich zu der Bebauung offen gestaltet sein, um der Kaltluft die Möglichkeit zu geben, in bebaute Strukturen einzudringen. Auch sollte der Park dann keinen zu dichten Baumbestand haben, da sich Wiesen schneller und stärker abkühlen.

Die Reichweite der Klimafunktion von Parkanlagen in die Umgebung wird meist überschätzt (Kuttler 2011). Untersuchungen in deutschen Großstädten zeigen den Einwirkungsbereich in die Umgebung bei wenigen 100 m (vgl. Abb. S. 77 unten). Als Faustformel kann man die Parkbreite als Wirkungsraum annehmen, sofern keine zu dichte Randbebauung vorliegt. Parks und Grünflächen haben somit in erster Linie den Effekt einer „Kühlinsel“

innerhalb der städtischen Wärmeinsel, sodass die klimatisch günstige Wirkung insbesondere den Besuchern der jeweiligen Grünanlage zugutekommt.

Auch die klimaoptimierte Gestaltung der Straßenräume einer Stadt ist ein weiterer Punkt. Insbesondere Wegebeziehungen für den Langsamverkehr und Wartebereiche sollten mit geeigneten Straßenbäumen oder anderen Hilfsmitteln (Sonnendächer, Pergolen etc.) verschattet werden. Außerdem ist es sinnvoll auf geeignete helle Baumaterialien zu achten, um eine hohe Albedo zu erzielen. Diese vergrößern das Rückstrahlvermögen der Oberfläche, wodurch weniger solare Strahlung in das Baumaterial eindringen kann. In diesem Zusammenhang spielt auch die Entsiegelung von Flächen eine große Rolle. Wo immer möglich sollte eine Entsiegelung von Flächen vorgenommen werden, da dadurch die Wärmespeicherung verringert werden kann.

Detailliertere Informationen zu den unter diesem Leitsatz zusammengefassten Handlungsempfehlungen bieten die Maßnahmen K2: Öffentliche und private Freiflächen erhalten und anlegen, K3: Vernetzung, Erreichbarkeit und Erhöhung der Zugänglichkeit von Wald- und Grünflächen verbessern, K4: Verschattung im öffentlichen Raum erhöhen, K5: Mikroklimatische Vielfalt in öffentlichen Grünflächen erhöhen und K6: Flächenmaterialien mit geringerer Wärmeleit- und -speicherkapazität verwenden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Freiburgs großflächige Parks und Grünflächen liegen vor allem im Randbereich der Siedlungsfläche. Hier sind beispielsweise der Seepark und der Dietenbachpark zu nennen. Eine besondere Rolle nehmen in Freiburg die städtischen Wälder ein. Über den Landschafts- und den Flächennutzungsplan kann und wird der besonderen Schutzwürdigkeit dieser Flächen Rechnung getragen werden.



Botanischer Garten in Freiburg

Größe in ha	Lage (UHI in K)	Park-Name	Gestaltung	Kühleffekt in K	Reichweite in m	Quelle
18	Berlin	Stadtpark Steglitz	Park mit dichten Baumbestand	1,0 (abends)	80 – 140	von Stülpnagel 1987
30	Mainz	Stadtpark	Wiesen und Bäume	2,0 (morgens)	<300	Naumann 1981
44	Stuttgart	Schlossgarten	Wiesen und Bäume	1,3 (Jahresmittel) 3,8 (Tagesmittel)	200	Knapp 1998
80	Kopenhagen	Falledparken	Gras und Bäume	2,1 (22 Uhr)	100	Eliasson und Upmann 2000
125	Berlin	Kleingärten Priesterweg	Garten	5,5 (abends)	250	von Stülpnagel 1987

Größe, Umgebung, Kühleffekt und thermische Reichweite städtischer Grünflächen



S 2.1

INNENENTWICKLUNGS- UND NACHVERDICHTUNGS-ANSÄTZE OHNE NEGATIVE KLIMAWIRKUNG WÄHLEN

Was ist damit gemeint?

Im klimaökologischen Sinne ist unter einer Entkopplung die weitgehende Vermeidung negativer humanbioklimatischer Auswirkungen durch Stadtentwicklungsprojekte auf angrenzende Quartiere sowie auf die Bewohnerinnen und Bewohner der neu zu errichtenden Quartiere selbst zu verstehen.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Die Bewertung des Entkopplungsgrades kann mithilfe von mikroskaligen Modellierungen erfolgen, bei denen auch die Wirkung einzelner Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen individuell evaluiert werden sollte. Wichtige Kriterien für die Evaluierung können unter anderem die durch die Bebauung hervorgerufenen Veränderungen von Klimafunktionen, in dem Kaltlufthaushalt sowie bei dem Niveau humanbioklimatischer Indizes wie beispielsweise der PET (vgl. Abschn. 1.1) darstellen.

Damit handelt es sich bei der Entkopplung um einen strategischen Leitgedanken, der erst durch die konkrete Auswahl individueller Maßnahmen(pakete) für einzelne städtebauliche Projekte inhaltlich gefüllt wird. Auch wenn eine (politisch legitimierte) Operationalisierung dieser Strategie ähnlich wie bei dem Ziel eines gesunden Stadtklimas noch aussteht, sollte ihr Mehrwert im Rahmen von zukünftigen Bauvorhaben getestet und verifiziert werden.

Nachverdichtungen lassen sich häufig durch die Realisierung von Gebäuden mit einer größeren Geschoszahl

realisieren. Wird bei diesen Gebäuden dann noch eine klimaoptimierte Anordnung gewählt, ist zumeist viel Platz für Freiräume. Auf deren Ausgestaltung sollte ein großes Augenmerk liegen. Eine geringe Versiegelung, ausreichende Beschattung von Gehwegen und (Park-) Plätzen und eine hohe Mikroklimavielfalt der Freiflächen sind entscheidende Faktoren für ein gutes Lokalklima in dem neu geplanten Gebiet. Wird gleichzeitig noch ein sinnvolles Regenwassermanagement eingeplant, kann dies auch zu einer optimalen Wasserversorgung des neu entstandenen Grüns beitragen.

Aus den konkreten Maßnahmen des Themenfeldes „Stadt- und Gebäudestruktur“, „Gebäudebezogene Maßnahmen“ dieses Maßnahmenkatalogs sowie „K5: Mikroklimatische Vielfalt in öffentlichen Grünflächen erhöhen“ lassen sich die passenden Handlungsempfehlungen zusammenstellen.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Das wohl bekannteste Freiburger Beispiel für eine stadtklimatisch entkoppelte Nachverdichtungsmaßnahme ist der Stadtteil Vauban. Auf dem ehemaligen Kasernengelände im Süden Freiburgs entstand in drei Bauabschnitten ein Stadtteil, der (klima-)ökologische Belange berücksichtigt und auch bei der Energieversorgung und der Entwässerung quasi losgelöst von der Reststadt funktioniert. Den Vorschlägen eines klimaökologischen Gutachtens folgend wurden mehrere Grünspangen geplant und umgesetzt, die die Belüftung des Stadtteils gewährleisten sollen. Des Weiteren wurden bautechnische Standards festgelegt, die mindestens eine Niedrigenergiebauweise verankern. Vielfach wurde auch ein Passivhausstandard umgesetzt und in der Solarsiedlung entstanden einige Plusenergiehäuser.

Mit Energie versorgt wird das Viertel von einem Blockheizkraftwerk auf Holzhackschnitzelbasis. Die Entwässerung erfolgt ausschließlich über offen liegende Rinnen, die das Wasser in zwei zentrale Rigolen-Gräben leiten, wo es versickert.

Die Strategie der klimaökologischen Entkopplung ist in Freiburg grundsätzlich überall dort anwendbar, wo kurz-, mittel- oder langfristig Stadtentwicklungsprojekte durchgeführt werden sollen und ein Konflikt mit dem Stadtklima vorhanden ist.



Luftbild des Freiburger Stadtteils Vauban



Grünspange in dem Freiburger Stadtteil Vauban



S 2.2

BEI NOTWENDIGEN AUßENENTWICKLUNGEN NEGATIVE KLIMA- WIRKUNGEN VERMEIDEN UND AUSGLEICHEN

Was ist damit gemeint?

Natürlich kann in der Stadtentwicklung nicht immer auf eine weitere Außenentwicklung verzichtet werden. Ist es geplant, Flächen im Außenbereich der Stadt zu überplanen, sollte immer eine genaue Abwägung der Vor- und Nachteile stattfinden. Es ist sinnvoll Flächen zu bebauen, die für das Strömungsgeschehen weniger wichtig sind und zum Beispiel nicht direkt in einer Leitbahn liegen.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Bei der Bebauung von Freiflächen muss darauf geachtet werden, dass es dadurch nicht zu einer (zu starken) negativen Veränderung des Lokalklimas in der angrenzenden Bestandsbebauung kommt. Auch sollte die neu entstehende Bebauung möglichst gut durchlüftet werden und ein positives Klima aufweisen.

Hier gilt ähnlich wie bei S 2.1, dass die Umsetzung von Gebäuden mit größerer Geschosshöhe und der gleichzeitigen Erhaltung ausgedehnter Freiflächen einem größeren Flächenverbrauch vorzuziehen ist. Gleichzeitig sollte bei der Planung neuer Siedlungsgebiete auf eine klimaoptimierte Ausgestaltung der Bebauung, aber auch der Grünflächen geachtet werden.

Ist eine Überplanung klimawirksamer Flächen unumgänglich, sollte möglichst an anderer, klimafunktional sinnvoller Stelle eine Entsiegelung stattfinden oder eine vorhandene Fläche klimaoptimal aufgewertet werden.

Auch hier sind die wichtigsten konkreten Maßnahmen in den Themenfeldern „Stadt- und Gebäudestruktur“ und „Gebäudebezogene Maßnahmen“ zu finden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Die Stadt Freiburg im Breisgau ist eine sogenannte Schwarmstadt, die ein großes Bevölkerungswachstum aufweist. Aus diesem Grund sind Außenentwicklungen beziehungsweise die Bebauung von Freiflächen innerhalb von Siedlungsstrukturen in Freiburg fast unumgänglich.

Neben der Ausschöpfung der Innenentwicklungspotenziale wird in Freiburg die Entwicklung eines neuen Stadtteils Dietenbach vorbereitet (Abb. S. 81 oben). Dietenbach soll im Freiburger Westen nördlich des Stadtteils Rieselfeld entwickelt werden. Das Gebiet der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme hat eine Größe von rund 130 ha, davon sind knapp 110 ha Baugebiet.

Stadtklimatische Belange fließen neben anderen Kriterien bereits in einem frühen Planungsstadium ein mit dem Ziel negative klimatische Auswirkungen auf die umgebenden Siedlungsbereiche möglichst gering zu halten und günstige stadtklimatische Bedingungen innerhalb des neuen Stadtteils zu schaffen.



Luftbild der geplanten Außenentwicklung Dietenbach (weiße Linie)



Der neue Stadtteil Freiburg-Rieselfeld als Beispiel für eine bereits realisierte Außenentwicklung



S 3.1

ANTHROPOGENE WÄRME- IMMISSIONEN AUS DEM FLIESSENDEN VERKEHR REDUZIEREN

Was ist damit gemeint?

Kraftfahrzeuge erzeugen Abwärme, die in Freiburg vor allem in viel befahrenen Straßenabschnitten und stark frequentierten Industrie- und Gewerbegebieten zu einer zusätzlichen Aufheizung der Stadtatmosphäre beitragen kann. Insbesondere auf diesen Flächen besitzt die Maßnahme daher eine besondere Relevanz.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Untersuchungen aus London zeigen, dass der Effekt der Größenordnung der Nettostrahlungsbilanz (kurzwellige Sonneneinstrahlung abzüglich der langwelligen Ausstrahlung der Erdoberfläche) an einem Sommertag entspricht und somit in Großstädten einen erheblichen Beitrag zur Ausbildung der städtischen Wärmeinsel haben kann (MEGAPOLI 2010). Das primäre Ziel der Maßnahme ist daher die Minderung der Wärmebelastung durch eine nachhaltige Reduktion der anthropogenen Wärmeemissionen aus dem Individualverkehr und dem öffentlichen Personennahverkehr.

Dies kann beispielsweise durch eine Förderung der Elektromobilität, Verkehrsberuhigungen, Einbahnstraßenregelungen, Tempolimits oder die Verbesserung des modal splits (Wahl des Verkehrsmittels) erreicht werden. Diese nicht abschließende Aufzählung macht deutlich, dass die Maßnahme vielfältige Synergieeffekte mit der Luftreinhaltung aufweist.

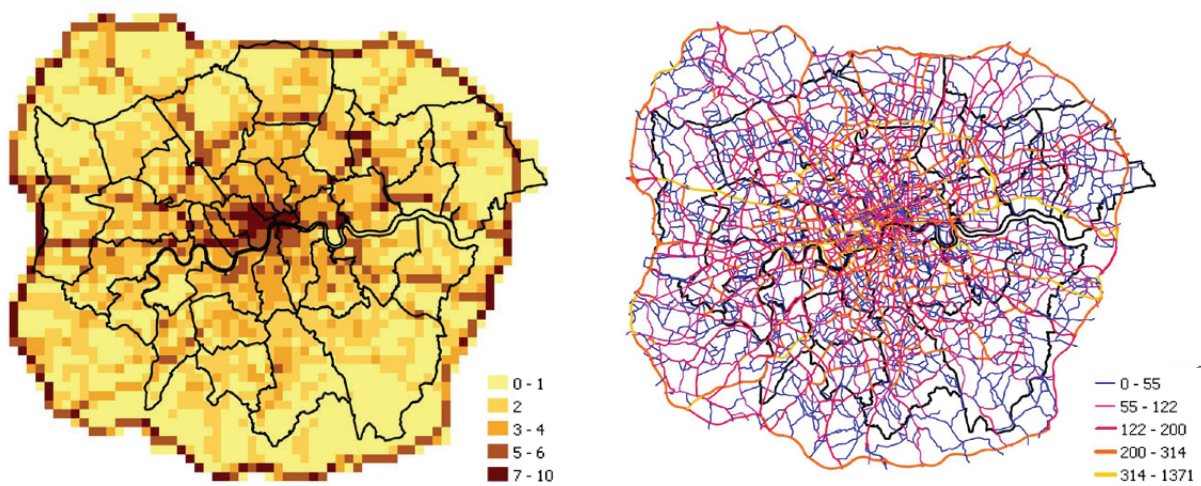
Die Abbildung S. 83 unten zeigt die Wärmeemissionen ausgehend von den Straßen im Raum London. In einzelnen Straßenzügen erreicht die Wärmeabgabe Werte von einigen Hundert W/m^2 und ist damit mitverantwortlich für die städtische Wärmeinsel und Hitzebelastungen im Sommer.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Größere Wärmeemissionen durch den Verkehr sind vor allem in der Freiburger Innenstadt zu erwarten. Diese wird von den Bundesstraßen B31/B31a in Ost-West-Richtung und der B3 in Nord-Süd-Richtung durchquert. Weitere wichtige innerstädtische Hauptverkehrsstraßen sind die Westrandstraße und der Innenstadtring. Durch den vierspurigen Ausbau der Heinrich-von-Stephan-Straße, die nun den Nord-Süd-Durchgangsverkehr am Rand der Kernstadt aufnimmt, wurden die Voraussetzungen für die Unterbrechung des Straßenzuges Werthmannstraße - Rotteckring geschaffen. Die neue Fußgängerzone wurde sowohl durch eine Fahrradgasse, als auch durch eine Stadtbahntrasse erweitert.



Die hochfrequentierte Bundesstraße B31 bei Freiburg



Verkehrs-Wärmeemissionen (Groß-London) in W/m^2 (links bezogen auf 1 km^2 , rechts auf Straßen)



S 3.2

DEN RUHENDEN VERKEHR KLIMAGERECHT GESTALTEN

Was ist damit gemeint?

Hinter diesem Leitsatz verbirgt sich der Gedanke, dass große Parkplatzflächen, aber auch kleinere Parkplatzareale, zum Beispiel entlang von Straßen, durchaus das Potenzial besitzen, das Stadtklima positiv zu beeinflussen. Dies ist vor allem durch eine Verschattung der Flächen, im Idealfall durch Bäume, zu erreichen. Aber auch Markisen oder Sonnensegel sind hierbei möglich.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Die Verschattung von Parkplätzen führt dazu, dass sich der Untergrund weniger stark aufheizt. Dadurch sinkt die Temperatur und es wird auch weniger Energie in den Oberflächen gespeichert, so dass auch die nächtliche Erwärmung der darüber liegenden Luft geringer ist. Gleichzeitig profitieren auch die im Schatten aufgestellten Autos beziehungsweise deren Fahrer davon, dass die Fahrzeuge sich weniger aufheizen.

Ein weiterer Punkt ist der Versiegelungsgrad der Flächen. Gerade auf Parkplätzen bietet sich eine Teilversiegelung an. Durch die erhöhte Versickerung und Wasserspeicherung kommt es zu einer höheren Verdunstung und damit zu einer Abkühlung. Neben den wasserwirtschaftlichen Aspekten ist dies ein wichtiger Grund für die Entsiegelung von Parkplatzflächen.

Sind alle Parkplätze klimagerecht gestaltet, kann das auch das gesamte Stadtklima positiv beeinflussen.

Konkretisiert wird dieser Leitsatz mit den Maßnahmen K17: Parkplätze begrünen und beschatten und K18: Unterbauung von Grünflächen (z.B. Tiefgaragen) begrenzen oder klimagerecht herstellen.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg existiert bereits eine Vielzahl an begrünten und/oder entsiegelten Parkplatzflächen. Allerdings besteht weiterhin ein erhebliches Begrünungspotenzial für fast vollständig versiegelte Parkplätze.



Beschatteter Parkplatz in Horben bei Freiburg



Teilversiegelter und beschatteter Parkplatz in Lüneburg



S 3.3

LANGSAMVERKEHR UND HITZEENTLASTUNG KOMBINIEREN

Was ist damit gemeint?

Mit Hinblick auf die Mobilitätsentwicklung in Städten, die zunehmend die Verringerung des Individualverkehrs mit dem eigenen PKW zum Ziel hat und auf öffentliche Verkehrsmittel, aber eben auch auf Fuß- und Fahrradfahrer setzt, ist es besonders wichtig, Anreize für den Langsamverkehr zu schaffen. Hierzu zählt vor allem die Hitzeentlastung der Fußgänger und Fahrradfahrer.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Idealerweise werden Rad- und Fußwegebeziehungen durchgängig beschattet. Dies ist vor allem effektiv über Straßenbäume zu erreichen. Aber auch Sonnensegel oder andere technische Konstruktionen können hier zum Einsatz kommen.

Zusätzlich kann an geeigneten Punkten (zum Beispiel an größeren Plätzen oder Parks) ein Platz zum Rasten eingerichtet werden. Hier sollten Bänke und eventuell Tische zur Verfügung stehen. Auch Trinkwasserbrunnen auf stark frequentierten Strecken können zu der Hitzeentlastung beitragen.

Die so entstandenen grünen Verbindungen schützen nicht nur den Langsamverkehr vor zu starker Hitzebelastung, sondern können gleichzeitig auch als Leitbahn in der Nacht fungieren und die kühlere Luft aus dem Umland bis in überhitzte Quartiere bringen.

Konkrete Maßnahmen zu diesem Leitsatz finden sich unter dem Stichpunkt Mobilität, beispielsweise K15: Fuß- und Radwegenetze durchgängig begrünen und verschatten oder K16: Haltestellen und Wartebereiche begrünen und verschatten.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In dem 2008 verabschiedeten Verkehrsentwicklungsplan (VEP 2020) wurde unter anderem der Ausbau der Radinfrastruktur, Verbesserungen für den Fußverkehr und Verkehrsberuhigungsmaßnahmen als konkrete Ziele festgesetzt. Dies führte zu einer deutlichen Zunahme des Rad- und Fußverkehrs während der PKW-Verkehr stetig abnahm. Entsprechend finden sich bereits viele verschattete Fuß- und Radwege in Freiburg. Dennoch besteht weiterhin Verbesserungspotenzial (z. B. im Kernstadtbereich).



Von Bäumen umsäumter Fuß- und Radweg im Freiburger Eschholzpark



Von Kletterpflanzen bewachsener Bogengang



S 4.1

WASSERSENSIBLE STADT- ENTWICKLUNG ALS GRUND- SATZ ZUR HITZEENTLASTUNG IMPLEMENTIEREN

Was ist damit gemeint?

Größere Fließ- und Standgewässer weisen für das Stadtklima grundsätzlich eine doppelte Wohlfahrtswirkung auf. Zum einen stellen sie rauhigkeitsarme Ventilationsbahnen dar, über die vor allem bei autochthonen Wetterlagen Kalt- und Frischluft zum Beispiel von dem Umland in die Innenstadt transportiert wird. Zum anderen verbessern sie das Bioklima am Tag und sind Teil eines abwechslungsreichen Erholungsraums für die Bevölkerung.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Die glatte Wasseroberfläche lässt Kaltluftflüsse besser als über einer rauen Landschaft strömen. Die Übergangsbereiche der Gewässer sollten möglichst barrierefrei im klimaökologischen Sinne gestaltet werden. Die Strömungsgeschwindigkeit ist von der Wassertemperatur und dem Volumenstrom abhängig. Wärmt sich das Gewässer tagsüber beziehungsweise über mehrere Tage stark auf, so kann es einen, vor allem geringen, Volumenstrom der nächtlichen Kaltluft auch weiter verringern.

Außerdem weisen offene Wasserflächen aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität gegenüber den bodennahen Luftschichten einen sehr viel ausgeglicheneren Jahres- und Tagesverlauf auf. Während der Sommermonate und speziell während Hitzeperioden wirken Gewässer auf ihr nahes Umfeld dadurch tagsüber kühlend. Auch bei kleineren Gewässern, Wasserspielplätzen oder Brunnen in Parks und auf Stadtplätzen kommt dieser Ef-

fekt zum Tragen. Nachts kann ihre oberflächennahe Temperatur, vor allem bei stehenden Gewässern, allerdings auch über der umgebenden Lufttemperatur liegen, weshalb sie in den Nachtstunden „den thermischen Komfort kaum verbessern“ (Kuttler 2013, 271) oder sogar die Ausprägung der städtischen Wärmeinsel verstärken können. Die Wirkung von Gewässern ist daher durchaus ambivalent und im Einzelfall zu beurteilen.

Ein weiterer Punkt, den die öffentliche Hand im Hinblick auf die steigende Hitzebelastung für die Stadtbevölkerung beachten sollte, ist die Bereitstellung von frei zugänglichem Trinkwasser an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet. Hier bieten sich Aufenthaltsbereiche der Stadtbewohnerinnen und -bewohner an, wie zum Beispiel Parkflächen oder auch Wartebereiche an Haltestellen. Auch die Implementierung von „Trinkpatenschaften“ kann ein sinnvoller Beitrag sein, um gerade ältere Menschen in Hitzeperioden zu unterstützen.

Den Leitsatz „Wassersensible Stadtentwicklung“ mit in die Grundsätze der Stadtplanung zu implementieren, leistet einen Beitrag zu der Hitzeentlastung der Stadt. Konkrete Maßnahmenbeschreibungen finden sich unter anderem hier: K19: Anlage von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg führen wichtige Luftleit- und Ventilationsbahnen über die Dreisam kühlere Luft aus dem Umland in das Stadttinnere. Weitere größere und kleinere Wasserflächen und -läufe finden sich in einigen Parks- und Grünanlagen, wie zum Beispiel im Eschholzpark, Dietenbachpark und der Flückigersee im Seepark.

Eine Besonderheit des Freiburger Stadtbilds sind die sogenannten Bächle. Vor allem in der Altstadt prägen diese kleinen Wasserläufe den Straßenraum.



Freiburger Bächle



Trinkwasserbrunnen auf dem Platz der Alten Synagoge in Freiburg



S 4.2

STADTENTWÄSSERUNG UND STADTKLIMA STRATEGISCH ZUSAMMENDENKEN

Was ist damit gemeint?

Das Thema Stadtentwässerung passt sich gut in den Kontext Stadtklima ein. In diesen Bereichen gibt es zahlreiche Synergie-Effekte, die es sinnvoll machen hier strategische Allianzen zu bilden.

Details und Wirkung des Leitsatzes

Grünflächen in der Stadt benötigen ausreichend Wasser, um ihre volle klimatische Wirksamkeit entfalten zu können. Nur eine ausreichend durchfeuchtete Grünfläche kann auch über Evapotranspiration und die daraus resultierende Verdunstungskühlung zu einer Reduzierung von Hitzeinseln beitragen.

Im Bereich der Stadtentwässerung wird zunehmend auf integrierte Entwässerungskonzepte gesetzt, die zum Beispiel eine Versickerung von Regenwasser in Mulden, Mulden-Rigolen oder Gräben vorsieht. So können über Entwässerungskonzepte gleichzeitig auch Flächen für den Klimaausgleich geschaffen werden. Auch andere Ansätze, die vorsehen das Regenwasser für eine spätere Bewässerung von städtischen Grünflächen zu nutzen, sind denkbar.

Konkrete Anwendungsbeispiele finden sich in den Maßnahmen K20: Entwässerungskonzepte implementieren und K21: Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen implementieren.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In dem Stadtteil Vauban ist zum ersten Mal in Freiburg großflächig ein Mulden-Rigolen-System für einen ganzen Stadtteil umgesetzt worden. Zwei parallel verlaufende Gräben fangen nahezu das gesamte Regenwasser in der Siedlung auf und Versickern es vor Ort. Mit zu dem Regenwasserrückhalt tragen auch die vielfach vorhandenen Gründächer in Vauban bei. Zusätzlich wird Regenwasser in einigen Privathaushalten in Zisternen auffangen und wieder genutzt.



Regenwasserversickerung in Freiburg



Muldenversickerung in dem Stadtteil Vauban

K Grün- und Freiraumsystem



K1



K2



K3



K4



K5



K6

K Stadt- und Gebäudestruktur



K7



K8



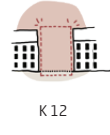
K9



K10



K11



K12

G Gebäudebezogene Maßnahmen



G1



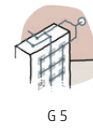
G2



G3



G4



G5

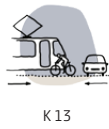


G6

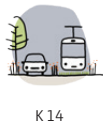


G7

K Mobilität



K13



K14



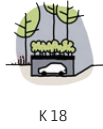
K15



K16



K17

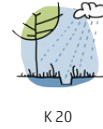


K18

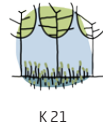
K Wasser



K19



K20



K21



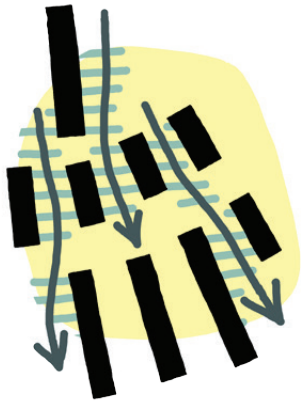
Herausforderung Hitzestress

5.2 Konkrete lokale Maßnahmen

Die konkreten Maßnahmen lassen sich jeweils einem übergeordneten Leitsatz zuordnen und präzisieren ihn für die Umsetzung. Sie umfassen konkrete Handlungsempfehlungen im Stadtraum. Diese betreffen alle Maßstabsebenen: Nachbarschaft, Quartier, Grundstücke, Plätze, Straßenraum oder Gebäude sowohl im öffentlichen als auch privaten Raum.

Dabei werden verschiedene Themenbereiche adressiert:

- > Grün- und Freiraumsystem (K 1 bis K 6),
- > Stadt- und Gebäudestruktur (K 7 bis K 12),
- > Gebäudebezogene Maßnahmen (G 1 bis G 7),
- > Mobilität (K 13 bis K 18) und
- > Wasser (K 19 bis K 21).



K 1

LUFTLEITBAHNEN SCHÜTZEN UND SCHAFFEN

Was ist damit gemeint?

Der Schutz und die Vernetzung von für den Kaltlufthaushalt relevanten Flächen ist von großer Bedeutung. Sie können ihre anvisierte Wirkung nur dann entfalten, wenn auch sichergestellt ist, dass die entstehende Kaltbeziehungsweise Frischluft aus den Flächen möglichst ungehindert ausströmen kann. Die Wirkung einer Kaltluftleitbahn ist umso besser, je hindernisfreier sie ist.

Details und Wirkung der Maßnahme

Austauschbarrieren sollten in dem Einflussbereich von Kaltluftflüssen grundsätzlich vermieden werden. Das gilt für Wälder, Parks, landwirtschaftliche Flächen und Gewässer gleichermaßen. Bei Barrieren kann es sich um quer zur Fließrichtung der Kaltluft verlaufende natürliche (z.B. Baumgruppen) oder bauliche Hindernisse (z.B. Bahndämme, Gebäude) handeln. In Einzelfällen kann eine vorhandene oder absichtlich errichtete Barriere auch der Umleitung von Kaltluft dienen und dadurch die Durchlüftung einer Siedlung verbessern (Abb. S. 95 Mitte).

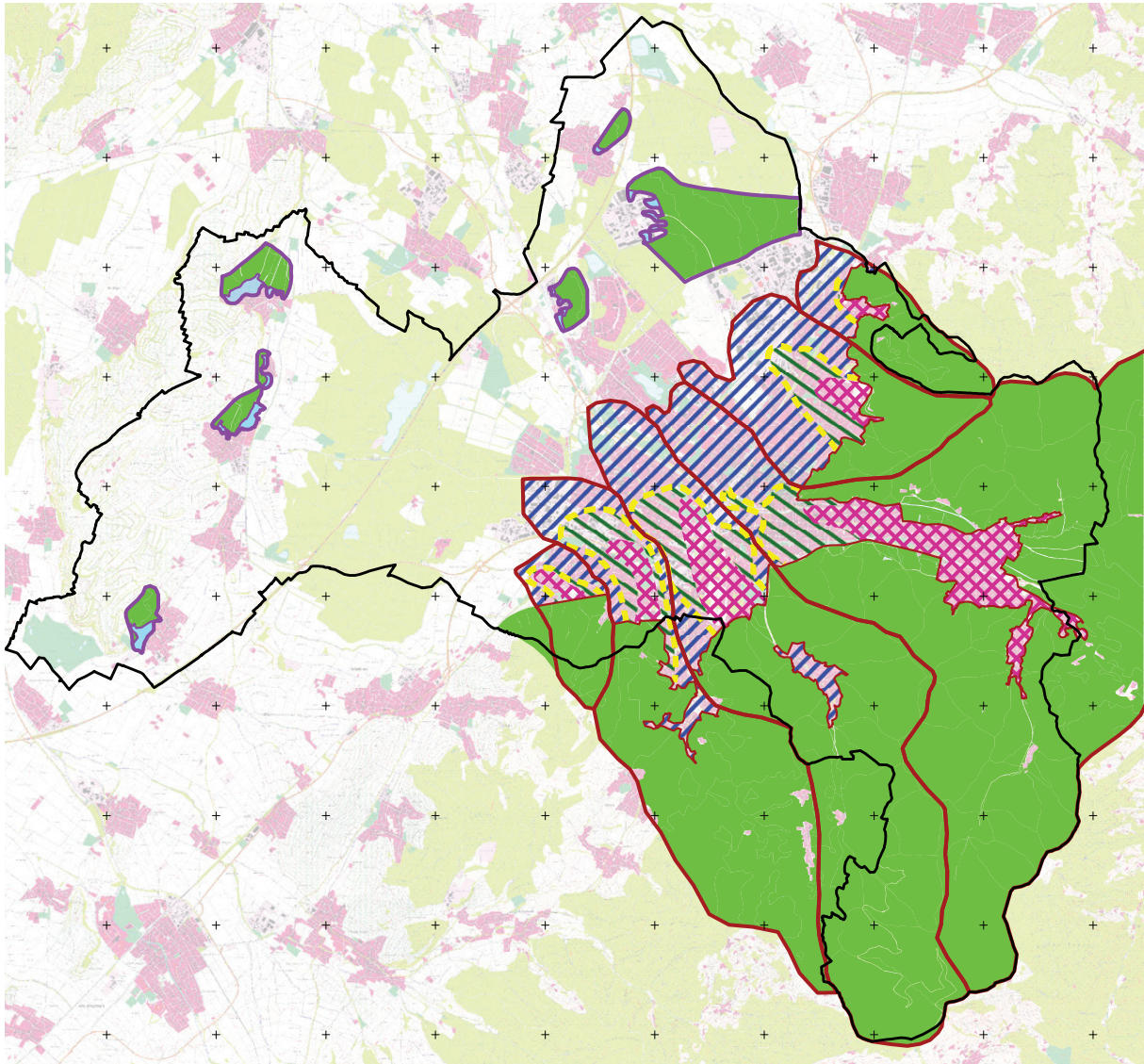
Relativ dicht aneinander stehende und vor allem hohe Hindernisse verursachen örtliche Turbulenzen. Dieser Effekt führt zwar lokal zu einer Durchmischung der Luftmassen und somit gegebenenfalls zu einer Verdünnung der Luftschadstoffe, aber er führt auch zu dem Abbremsen des Lufttransports und erschwert so die Belüftung der fernerliegenden Bebauung (Stadt Sindelfingen 2001).

Nicht jede Bebauung im Randbereich oder Übergangsbereich einer Grün- und Freifläche muss auch gleichzeitig ein relevantes Austauschhindernis darstellen. Mithilfe von auf die individuelle Situation abgestimmten Gebäudeausrichtungen und Bebauungsdichten lassen sich hier in aller Regel Kompromisse finden, sofern klimaökologische Belange möglichst frühzeitig in die Planung einbezogen werden. Die verbindliche Bauleitplanung bietet hierfür entsprechende Mechanismen an. Nichtsdestotrotz gilt für alle Flächen mit einem relevanten Beitrag zu dem Freiburger Luftaustauschsystem, dass Austauschbarrieren möglichst vermieden werden sollten.

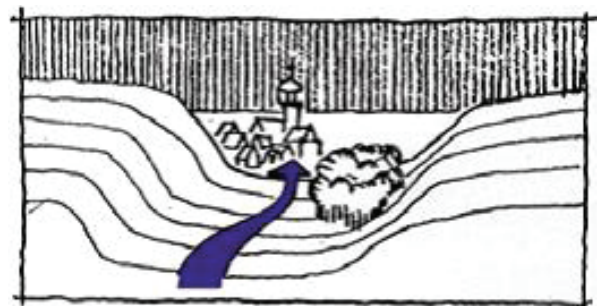
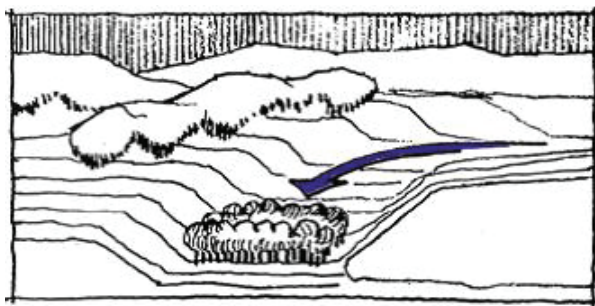
Beispiele und Potenziale in Freiburg

Im Raum Freiburg existieren sechs Kaltluftsysteme. Der Osten der Stadt wird stark durch den Kaltluftabfluss entlang des Dreisamtals beeinflusst. Dieser reicht jedoch nicht bis in die stärker belasteten Kernstadtbereiche hinein. Im Südosten und Süden kommt es zu einem flächenhaften Abfluss der an den Hängen des Schauinslands, des Illenbergs und des Schönberges entstehenden Kaltluft. Diese Systeme sind vor allem für die südlichen Stadtgebiete von Belange. Die Kaltluft kann über kleinere und größere Grünzüge weit in die Stadt vordringen. Die Vereinsflächen westlich von Haslach-Schildacker (Eisenbahner Sportverein, Polizeisportverein und Spielvereinigung Blau-Weiß Wiehre) und Kleingartenanlagen am Staudinger Stadion bilden hierfür wichtige Trittsteine.

Legende: siehe Abschnitt 2.3 auf S. 24



Kaltluftleitbahnbereiche in Freiburg



Baumgruppen als Austauschbarrieren (links) sowie zur Umleitung von Kaltluftabflüssen (rechts)

Synergien	Herausforderungen
Erholungsräume für Bevölkerung	Wachsender Siedlungsdruck
	Lärmschutz

Synergien und Herausforderungen



K2

ÖFFENTLICHE UND PRIVATE FREIFLÄCHEN ERHALTEN UND ANLEGEN

Was ist damit gemeint?

Das städtische Grün ist für die klimatische Situation von Städten von großer Bedeutung. Großräumige, gut mit Wasser versorgte und durch flache Vegetation geprägte Freiflächen wie Wiesen, Felder, Kleingartenanlagen und Parklandschaften sind Quellen für Kalt- und Frischluft und gleichzeitig Entlastungsraum für die Bevölkerung am Tag. Auch Wälder spielen in diesem Zusammenhang eine große Rolle, produzieren allerdings weniger Kaltluft. In dichten Städten wie Freiburg sind vor allem auch Pocket Parks und kleine Grünflächen innerhalb der Bebauung ein wichtiger Rückzugsort für Anwohner.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die bodennahen Luftmassen kühlen über Grün- und Freiflächen nachts sehr viel schneller ab als über den versiegelten Oberflächen urbaner Räume. Die entstehende Kaltluft ist für die Stadtbevölkerung nur dann von Relevanz, wenn sie über hindernisarme Leitbahnen (z.B. zusammenhängende Grünzüge, Gleistrassen, breite Straßen und Fließgewässer) in Richtung der thermisch belasteten Siedlungsräume transportiert werden kann. Grünland produziert während seiner nächtlichen Abkühlung Kaltluftmengen in der Größenordnung von etwa $10 - 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (MVI 2012).

Auch Wälder können Kaltluftquellgebiete darstellen, die nächtlichen Abkühlungsraten sind aber geringer als über dem Freiland, da sie durch die dichte Vegetation weniger schnell auskühlen und das Ausströmen der Kaltluft

behindert wird, wenn nicht durch Hangneigungen $>1^\circ$ Kaltluftabflüsse entstehen. Allerdings sind Wälder in der Lage, auch am Tag Kaltluft für angrenzende Siedlungsflächen zu erzeugen. Besonders wirksam für die Abkühlung am Tag sind stadtnahe Wälder an Nord- und Osthängen. Weitere Benefiteigenschaften des Waldes sind in Abbildung S. 97 unten links aufgeführt (MVI 2012).

Auch wenn ihre Wirkung meist überschätzt wird, nehmen neben den großen Kaltluftentstehungsgebieten im städtischen Umland auch größere Grün- und Parkanlagen im innerstädtischen Bereich eine wichtige Funktion für den lokalen Kaltlufthaushalt ein. Neben der Funktion als Kaltluftlieferant sind Grün- und Freiflächen (tagsüber) vor allem auch Rückzugs- und Erholungsorte für die umliegend wohnende Bevölkerung. Während größere Parks auch aus weiterer Entfernung angesteuert werden, sind für die wichtige wohnortnahe Erholung vor allem Pocket Parks vonnöten.

Pocket Parks sind kleine (manchmal auch gärtnerisch gestaltete) Grünflächen im innerstädtischen Raum. Sie werden vornehmlich auf ungenutzten oder brachliegenden Flächen oder Baulücken errichtet. Ihre Ausstattung reicht von einfachen Pflanzenbeeten und Bänken unter Bäumen bis hin zu Gartenkunst mit hochwertiger Gestaltung.

Ist auf der Fläche eine hohe Mikroklimavielfalt mit Bäumen, Freiflächen und Wasserflächen vorhanden, bieten sie an heißen Sommertagen eine lokale Kühlinsel zum Abbau des thermischen Stresses. Ein dichtes Netz aus Pocket Parks stellt die Nutzbarkeit durch alle zu jederzeit sicher. Sind die Pocket Parks so verteilt, dass sie zu der Vernetzung größerer Grünflächen beitragen, kann ihre bioklimatische Wirkung verstärkt werden (Scherer 2007).

Die klimatische Wirkung von Pocket Parks auf das gesamte städtische Klima sollte nicht überschätzt werden. Solche Einrichtungen dienen in erster Linie der klimatischen Verbesserung vor Ort.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg dominieren Waldflächen den Freiraum. Wälder gehören zu den besonders schützenswerten Biotopen. 42 Prozent der Stadtfläche Freiburgs ist mit Wald bedeckt. Die bewaldeten Hänge des Schwarzwalds sind Teil des Einzugsgebiets des „Höllentälers“, der bei autochthonen Wetterlagen zu der Abkühlung des Stadtgebiets beiträgt. Auch im Westen des Stadtgebiets sind die großen Waldflächen des Mooswaldes zu finden.

Große innerstädtische Grünflächen in Freiburg sind der Seepark und der Hauptfriedhof. Wichtige Frei- und Grünräume sind aber auch Kleingärten wie die Kleingartenanlage am Rand des Industriegebiets Nord und Sportplatzflächen wie des FC Freiburg-St. Georgen e.V. mit der angrenzenden Joseph-Brandel-Anlage.



Erholungsfläche in dem Stadtgarten Freiburgs

BENEFITSEIGENSCHAFTEN DES WALDES

Lebensraum für Pflanzen und Tiere

Regenwasserspeicherung

Grundwasser Erneuerung

Kaum Oberflächen Abfluss bei Starkregen

Reduktion des Wärmeinseleffekts

Thermisches Wohlbefinden

Kaltluftproduktion

Filter für Luftschadstoffe

Erholungsraum in der Stadt

Benefiteigenschaften des Waldes

Synergien

Biotopschutz/-vernetzung

Natur- und Artenschutz

Hochwasserschutz durch verbesserte Versickerung

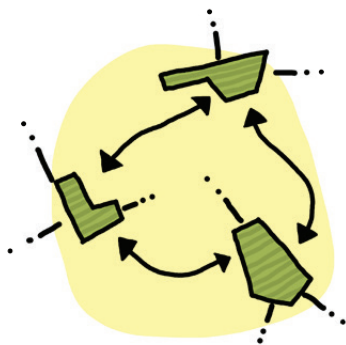
Herausforderungen

Wachsender Siedlungsdruck

Flächenverfügbarkeit

Pflege und Instandhaltung

Synergien und Herausforderungen



K 3

VERNETZUNG, ERREICH- BARKEIT UND ERHÖHUNG DER ZUGÄNGLICHKEIT VON WALD- UND GRÜNFLÄCHEN VERBESSERN

Was ist damit gemeint?

Die Vernetzung, Erreichbarkeit und verbesserte Zugänglichkeit von Wald und Grünflächen ist aus humanbioklimatischer Sicht zum einen für eine bessere Kaltluftversorgung in der Nacht und zum anderen für die gute und einfache Erreichbarkeit von klimatischen Entlastungsräumen für alle Bewohnerinnen und Bewohner der Stadt entscheidend.

Details und Wirkung der Maßnahme

Aus humanbioklimatischer Sicht ist die Verbesserung der Vernetzung, Erreichbarkeit und die Erhöhung der Zugänglichkeit von Wald- und Grünflächen vor allem in den thermisch belasteten und mit Grünflächen unterversorgten Wohngebieten prioritär. Dies kann zum einen durch die Anlage neuer Grünflächen erfolgen. Zum Teil kann aber auch schon eine verbesserte verkehrliche Anbindung der Quartiere an größere und kleine Parkanlagen ausreichend sein. Hierzu gehören vor allem die Beseitigung oder Erleichterung der Querbarkeit von baulichen oder natürlichen Barrieren (Fließgewässer, Gleise oder stark befahrene Straßen). Zu berücksichtigen ist die Barrierefreiheit von Erholungsflächen, so dass sich auch bewegungseingeschränkte Personen Zutritt zu diesen verschaffen können. Die Öffnung zugangsbeschränkter Grün- und Freiflächen ermöglicht es, zusätzliche Entlastungsflächen für die breite Bevölkerung zu schaffen. Der Ausbau des Wegenetzes im Wald erhöht die Nutzbarkeit dieser für Freiburgs Klima wichtigen Flächen.

Für das Stadtklima ist die proaktive Vernetzung von zuvor unzusammenhängenden Grünflächen mithilfe von grünen Trittsteinen eine wichtige Option. Zum einen können auf diese Weise neue großräumige und lokale Leitbahnen geschaffen und damit das übergeordnete und kleinräumige Luftaustauschsystem ausgebaut werden. Zum anderen wird das Erholungsangebot für vom Hitzestress am Tag Betroffene ausgebaut. Hier besteht eine enge Verknüpfung zu der Schaffung von Pocket Parks und großflächigen Park- und Grünanlagen.

Die Vernetzung muss allerdings nicht zwangsläufig durch die Schaffung neuer Parks und Grünanlagen erfolgen, auch begrünte Radwege und Gleisflächen können eine entsprechende Funktion erfüllen. Aufgrund des Ausströmens der Kaltluft aus den Grünflächen ist auch eine unmittelbare räumliche Verknüpfung nicht unbedingt erforderlich, wenn die trennende Bebauung locker, nicht zu hoch und im Idealfall durch Vorgärten oder grüne Wege geprägt ist.

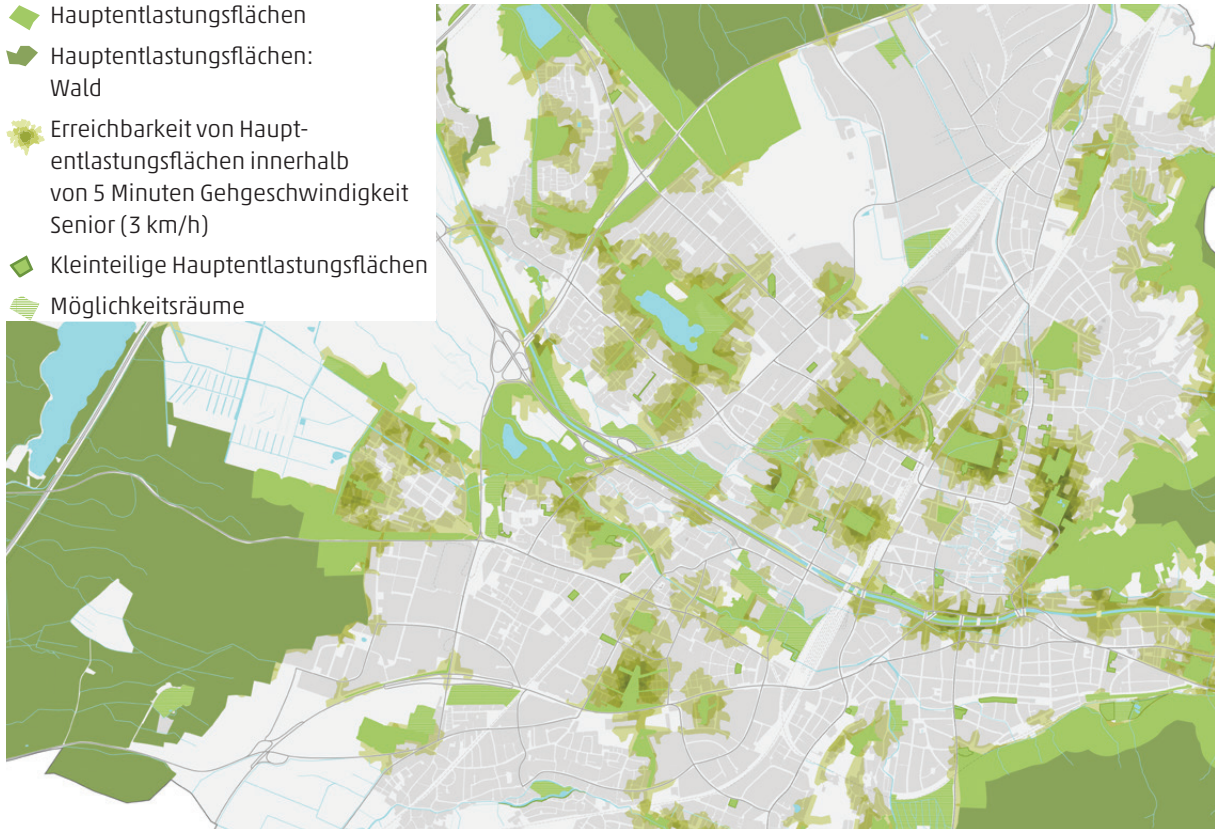
Beispiele und Potenziale in Freiburg

Freiburg ist eine dichte Stadt. Vor allem rund um die Altstadt ist der Grünanteil relativ gering. Innerstädtisch ist die Anzahl großer Entlastungsflächen mit einer hohen Aufnahmekapazität gering. Die im Rahmen des Konzepts durchgeführte Erreichbarkeitsanalyse zeigt deutlich, dass in einigen Siedlungsbereichen größere gut strukturierte und öffentliche Parkanlagen und Erholungsflächen nur unzureichend erreicht werden (Abb. S. 99 oben).

Teil der wichtigen Leitbahn in Freiburg entlang der Dreisam sind auch die begrünten Uferbereiche. Während in der Nacht kühle Luft in die Stadt eindringen kann, können sich Fußgänger und Fahrradfahrer tagsüber im Schatten fortbewegen.

Im Rahmen des Neubaus eines Verwaltungszentrums in dem Stadtteil Stühlinger wurde unter anderem auch ein Freiraumkonzept für den Stadtteil entwickelt (Abb. S. 99 Mitte). Die Idee des „Stühlinger Rings“ verbindet die vorhandenen Grün- und Freiflächen und ermöglicht so zum einen die Fortbewegung auf beschatteten Wegen und die Erholung im Grünen und verknüpft zum anderen die Kaltluft produzierenden Flächen in dem Stadtteil.

- ◆ Hauptentlastungsflächen
- ◆ Hauptentlastungsflächen: Wald
- ◆ Erreichbarkeit von Hauptentlastungsflächen innerhalb von 5 Minuten Gehgeschwindigkeit Senior (3 km/h)
- ◆ Kleinteilige Hauptentlastungsflächen
- ◆ Möglichkeitsräume



Erreichbarkeit der Hauptentlastungsflächen in Freiburg

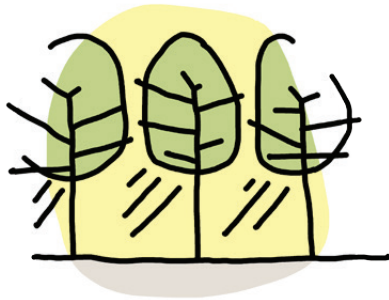
- Attraktive Grün-/Parkanlagen
- Gut vernetzte und attraktive Fuß- und Radwege
- Baumallee
- Übergeordnete Vernetzung
- Naturnah gestaltete Gewässer (im Bereich des Grünringes)
- Siedlungsfläche (Bestand)
- Gebäude (Bestand)
- Öffentliche Einrichtungen
- Grünkante
- Gleiskörper



Freiraumkonzept „Stühlinger Ring“ von pesch partner architekten stadtplaner

Synergien	Herausforderungen
Biotopschutz/-vernetzung, Naturschutz	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Lärmschutz	Auswahl geeigneter (Baum-)Arten
Luftreinigende Wirkung der Bäume	Nutzungskonflikte im Öffentlichen Raum

Synergien und Herausforderungen



K 4

VERSCHATTUNG IM ÖFFENTLICHEN RAUM ERHÖHEN

Was ist damit gemeint?

Straßen, (Geh- und Fahrrad-)Wege sowie Stadtplätze sind der zentrale öffentliche Aufenthaltsbereich der Stadtbevölkerung und der Freiburgtouristen im Außenraum. Aus diesem Grund ist es wichtig, diese öffentlichen Bereiche möglichst klimagerecht zu gestalten und einen Aufenthalt in beschatteten Bereichen zu ermöglichen.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Flächen des öffentlichen Raums werden entweder für den längeren Aufenthalt aufgesucht oder als Mittel zum Zweck genutzt, um ein Bewegungsziel zu erreichen (z. B. Arbeits- oder Einkaufsweg, Sightseeing). Mit Blick auf den Klimawandel (häufigere und intensivere Hitzeperioden), dem demographischen Wandel (höherer Anteil an hitzesensiblen Bevölkerungsgruppen), dem zunehmenden Fußgänger- und Fahrradverkehr sowie den weiter steigenden Touristenzahlen sollte einer nicht gesundheitlich belastenden thermischen Situation auf diesen Flächen besondere Beachtung geschenkt werden.

Die gezielte Verschattung stellt eine zentrale Maßnahme für die Erreichung dieses Ziels dar. Neben der Verbesserung der Aufenthaltsqualität in Straßenräumen im engeren Sinne stehen bei der Verschattung auch die Wege der gezielt zur Erholung aufgesuchten Grün- und Freiflächen im Fokus.

Die Verschattung erfolgt gegenwärtig in aller Regel mittels Bäumen und Sträuchern. Mit zunehmenden Grün-

volumen, beispielsweise durch die Wahl großkroniger Baumarten, vergrößert sich die Schattenwirkung. Vereinzelt findet auch die Verschattung mithilfe von Gebäudeanbauten (z. B. Markisen in Fußgängerzonen) oder Kleinbauten (z. B. Wartehäuschen an ÖPNV-Haltestellen) Verwendung. Perspektivisch ist auch der großflächigere Einsatz künstlicher Materialien denkbar (z. B. Sonnensegel).

Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tag. Die beschatteten Straßen und Gehwege speichern weniger Wärme als die der solaren Strahlung ausgesetzten. Bei großflächiger Verschattung kann somit auch der nächtliche Wärmeinseleffekt und damit die thermische Belastung angrenzender Wohnquartiere reduziert werden.

Modellierungen und Messungen zeigen eine kühlende Wirkung der Verschattung von mehreren Kelvin im unmittelbaren Umfeld der Maßnahmen. Darüber hinaus übernehmen Bäume und Sträucher im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoffen und verbessern dadurch die Luftqualität. Bei der Umsetzung der Maßnahme sollte darauf geachtet werden, dass der vertikale Luftaustausch erhalten bleibt, um Schadstoffe abzutransportieren und die nächtliche Ausstrahlung zu gewährleisten. Geschlossene Kronendächer, aber auch künstliche horizontale Beschattungselemente sind daher insbesondere bei kleinen Straßenquerschnitten und hohem motorisierten Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Bei mehrspurigen Straßen bieten sich begrünte Mittelstreifen für eine Baumpflanzung an. In dem Bereich von Luftleitbahnen dürfen Verschattungselemente zudem keine Barriere für Kalt- und Frischluftströmungen darstellen und sollten möglichst nicht quer zur Fließrichtung angelegt werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg finden sich bereits viele beschattete Straßenzüge und Plätze. Vereinzelt, vor allem auf Stadtplätzen, besteht aber auch noch Verbesserungspotenzial.



Verschattung des Kita-Außenbereichs der städtischen Kita am Rathaus in dem Stadtteil Stühlinger mithilfe von Sonnensegel und Sonnenschirm



Beispiel eines beschatteten Fußweges

Synergien	Herausforderungen
Lärmschutz	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Luftreinigende Wirkung der Bäume	Auswahl geeigneter Baumarten
Stadtentwässerung	Nutzungskonflikte
Biodiversität/Lebensraum für Tiere	Lufthygiene

Synergien und Herausforderungen



K 5

MIKROKLIMATISCHE VIELFALT IN ÖFFENTLICHEN GRÜNFLÄCHEN ERHÖHEN

Was ist damit gemeint?

Damit innerstädtische Grün- und Freiflächen ihr Potenzial an klimaökologischen Dienstleistungen sowohl für die Tag- als auch für die Nachtsituation umfänglich ausschöpfen können, sollten sie möglichst vielfältige Mikroklimata bereitstellen. Dies wird durch einen Mix aus größeren Freiflächen, Einzelbäumen, Baum- und Buschgruppen und Wasserelementen erreicht.

Details und Wirkung der Maßnahme

Als Leitbild für die Ausgestaltung eines Parks mit einer großen Mikroklimavielfalt kann der erweiterte, für jedermann kostenlos begehbare „Savannentyp“ (Kuttler 2013, 271) dienen.

Er besteht zu einem großen Anteil aus gut mit Wasser versorgten Rasenflächen und kleinen Baumgruppen, die mit offenen multifunktionalen Wasserflächen (z.B. Wasserspielplatz und Retentionsraum für Starkregenereignisse), Hügellandschaften, verschatteten Wegen und Sitzgelegenheiten sowie weiteren Strukturmerkmalen (Beete, Rabatten, Blumenwiesen, Sukzessionsflächen) angereichert sind. Die Übergangsbereiche zu der angrenzenden Bebauung sollten offen gestaltet sein. Unter der Prämisse einer angemessenen großen Fläche von mindestens 1 - 2 ha wird durch diese Konfiguration sichergestellt, dass sowohl die nächtliche Kaltluftproduktion und der Kaltluftabfluss gewährleistet sind als auch der Aufenthalt am Tag für alle Ziel- und Risikogruppen optimiert ist.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg gibt es beispielsweise den Seepark, der sehr vielfältige Strukturen bietet. Er wurde im Rahmen der Landesgartenschau 1986 gestaltet und weist verschiedenste Strukturelemente auf. Ein weiterer großer Park ist der Dietenbachpark, der ebenfalls durch eine hohe Strukturvielfalt und damit eine große Mikroklimavielfalt geprägt ist. Bei den kleineren Parks sind zum Beispiel der Stadtgarten und der Colombipark zu nennen, in denen eine Vielzahl verschiedener Strukturelemente vorhanden ist.

Allerdings besteht auf einigen anderen Grün- und Freiflächen noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Bereitstellung vielfältiger Mikroklimata. Vor allem kleine Grünflächen, die bisher wenig Beachtung fanden, haben Potenzial zur Verbesserung.



Beispiel einer mikroklimatisch vielfältigen Grünfläche im Kurpark Lüneburg

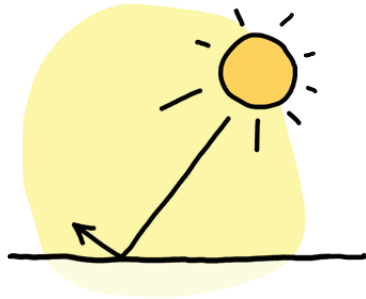


Synergien	Herausforderungen
Biotopschutz/-vernetzung	wachsender Siedlungsdruck
Arten- und Naturschutz	Flächenverfügbarkeit
Stadtentwässerung/ Regenwassermanagement	Pflege und Instandhaltung

Synergien und Herausforderungen



Schema einer klimaökologisch optimierten innerstädtischen Grünfläche



K 6

AUSWAHL GEEIGNETER BAUMATERIALIEN UND ANSTRICHE

Was ist damit gemeint?

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Ausbildung der urbanen Wärmeinsel ist die Beschaffenheit der städtischen, nicht natürlichen Oberflächen (vor allem Gebäude, Dächer, Straßen). Sie bestimmt die Wärmeleitfähigkeit ins Gebäude (bzw. in den Boden) sowie die Oberflächentemperatur und damit die Lufttemperatur im angrenzenden Außenraum (Kuttler 2013).

Details und Wirkung der Maßnahme

Ein Maß für das Rückstrahlvermögen von Oberflächen ist die Albedo. Sie gibt das Verhältnis von einfallender zu reflektierter Strahlung an und wird in Werten von null bis eins angegeben. Eine hohe Albedo hat aus thermischer Perspektive sowohl eine positive Auswirkung auf die Wärmeleitung als auch auf die Lufterwärmung. Je höher also die Albedo der Baumaterialien oder der Fassadenanstriche („cool colours“) ist, desto mehr einfallende Sonnenstrahlung wird von ihnen reflektiert und desto geringer fällt die Erwärmung der Oberfläche und der angrenzenden Luftmassen aus. Auch die Entsiegelung und Begrünung führen oft zu einer Albedoerhöhung, da Pflanzen ein höheres Rückstrahlvermögen als beispielsweise dunkler Asphalt aufweisen.

Außerdem sollten Materialien mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit und einer geringen Speicherkapazität verwendet werden. Dadurch wird gewährleistet, dass

wenig (Wärme-)Energie in das Innere der Fläche geleitet wird und ebenso wenig dieser Energie gespeichert werden kann.

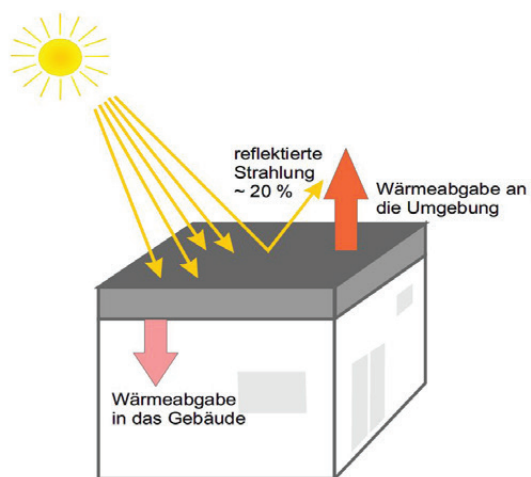
Die Maßnahme kann zum einen bei dem Neubau von Gebäuden und Straßen angewendet werden. Vor allem bei Südfassaden, die der stärksten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, ist ein heller Anstrich empfehlenswert. Das weitaus größere Potenzial besteht allerdings in dem thermisch belasteten Bestand. Praktisch bei jedem Gebäude und jeder Flächen im Straßenraum kann im Rahmen der Instandhaltung oder Sanierung die Albedo der Fassade, des Daches oder ebenerdig versiegelten Flächen erhöht werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

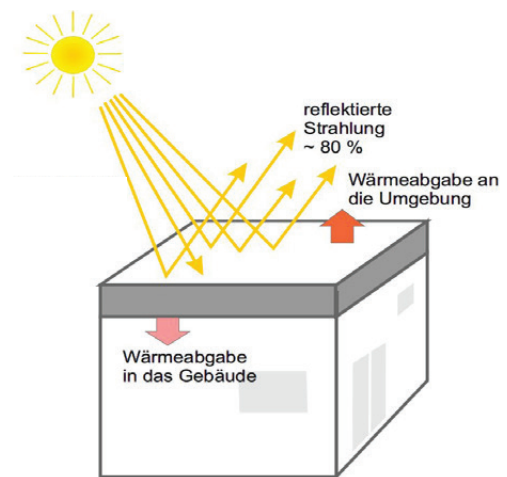
Bei der Umgestaltung des Platzes der alten Synagoge wurde zu einem Großteil auf beige Granitplatten zurückgegriffen. Der helle Oberflächenbelag ist aufgrund des hohen Rückstrahlvermögens von Sonnenstrahlung bioklimatisch günstiger als der umgebende dunklere Belag und ist daher ein Beispiel für die Albedo-Wirkung. Das bewegte Wasserspiel mit den Fontänen sorgt zudem für weitere Erfrischungsmöglichkeiten.



Oberfläche mit hoher Albedo auf dem Platz der Alten Synagoge in Freiburg



A: Gebäude mit grauem Dach

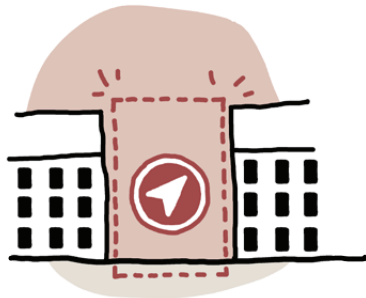


B: Gebäude mit „Cool Roof“

Schematische Darstellung des Albedo-Effekts an einem Dach

Synergien	Herausforderungen
	Sanierungskosten
	Denkmalschutz
	Blendwirkung
	Instandhaltung
	Pflege & Reinigung

Synergien und Herausforderungen



K 7 GEBÄUDEAUSRICHTUNG UND BEBAUUNGSDICHTE BEI UM- UND NEUBAUTEN OPTIMIEREN

Was ist damit gemeint?

Über eine optimale Ausrichtung der Gebäude können vorhandene Kaltluftströme effektiv genutzt werden, so dass das neue Quartiere, aber auch die umliegende Bebauung von den Kaltluftabflüssen profitieren können. Über die gewählte Bebauungsdichte lässt sich zudem der Grad der Verschattung, aber auch der Anteil an Grünflächen in dem Plangebiet steuern.

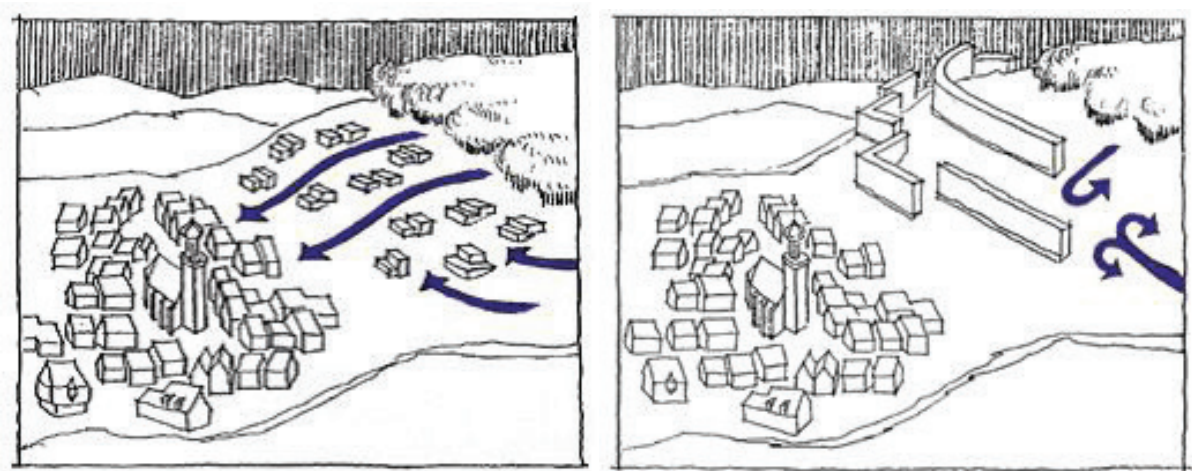
Details und Wirkung der Maßnahme

Um eine optimale Versorgung eines Quartiers und der umliegenden Bebauung zu gewährleisten, sollten die Gebäude parallel zur Fließrichtung der Kaltluft angeordnet sein und die maximale Gebäudehöhe so gewählt werden, dass die Kaltluftströmung nicht ausgebremst wird. Außerdem sollten ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen ihnen erhalten bleiben (Abb. S. 107 oben). Des Weiteren kann über die gewählte Bebauungsdichte auch der Grad der gegenseitigen Verschattung der Gebäude gesteuert werden. Hier ist allerdings zu beachten, dass der sommerliche thermische Komfort nicht das einzige Kriterium ist, das die Entscheidung für die Konfiguration von neuen Quartieren bestimmt. So kann eine Optimierung der sommerlichen Verschattung beispielsweise zu einem erhöhten Heizenergiebedarf oder Lichtmangel im Winter führen. Einzelfallbetrachtungen sind daher auch bei dieser Maßnahme unumgänglich.

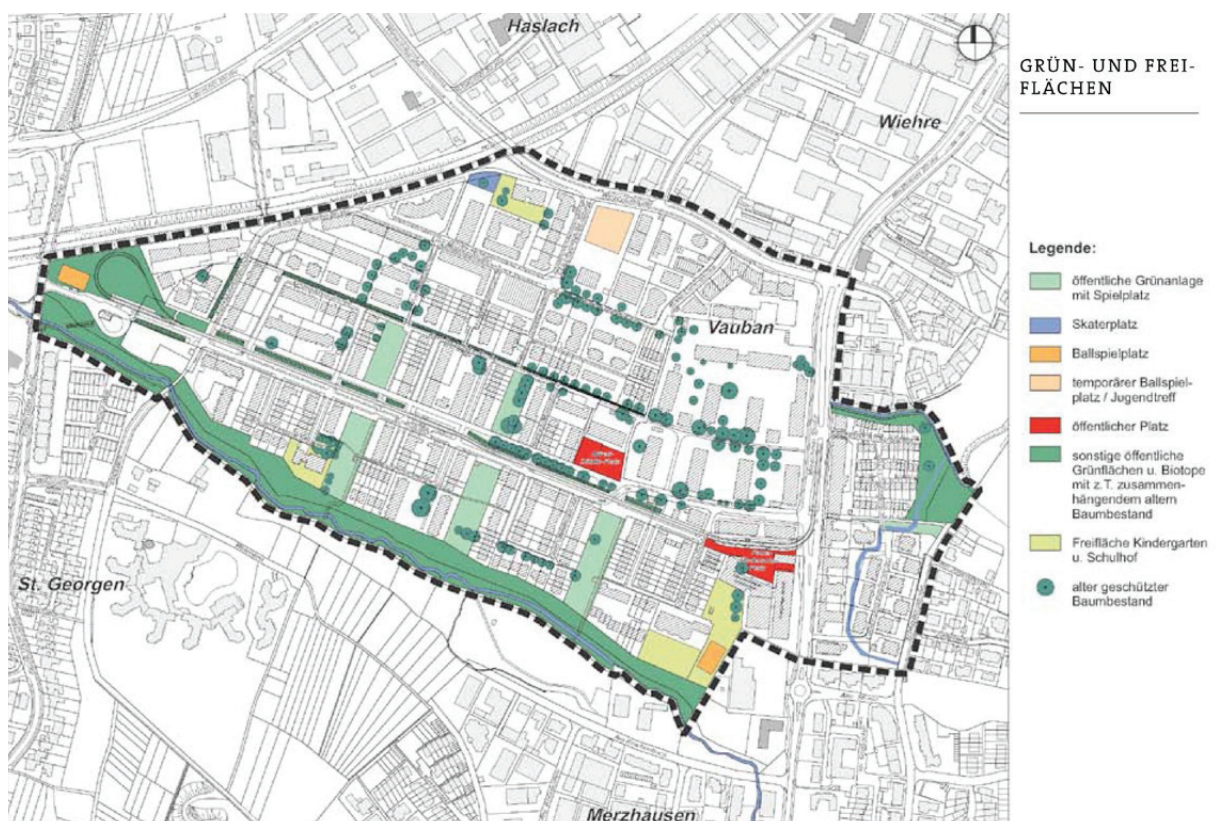
Diese Maßnahme ist vor allem auf denjenigen Flächen des Siedlungsraumes und der Frei- und Grünflächen von Relevanz die kurz-, mittel- oder langfristig bebaut werden sollen und entweder in einer Leitbahn liegen oder über einen relevanten Kaltluftvolumenstrom verfügen.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Auch für diese Maßnahme lässt sich der Stadtteil Vauban als positives Beispiel für eine gezielte Gebäudeausrichtung heranziehen. Die in dem Stadtteil umgesetzten Grünspangen dienen nicht nur als Aufenthalts- und Spielraum für Groß und Klein, sondern auch der Belüftung des Stadtteils bei nächtlichen Fallwinden vom Schönberg/Hexental.



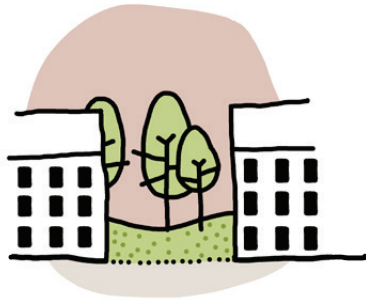
Durchlässige Bebauung am Hang, bei der auch die Talströmung nicht behindert wird (links) und Barrieren-Bebauung am Hang (rechts)



Grün- und Freiflächenplan des Vauban mit den drei Grünspangen

Synergien	Herausforderungen
Biotopschutz/-vernetzung	Siedlungsdruck
Erholungsräume für Anwohner	Lärmschutz

Synergien und Herausforderungen



K 8

ÖFFNUNG ZU FREIRÄUMEN OPTIMIEREN

Was ist damit gemeint?

Damit die auf Grün- und Freiflächen produzierte Kaltluft auch in die umliegende Bebauung eindringen kann, sollte der Übergang von der Freifläche zu dem bebauten Bereich möglichst offen gestaltet sein.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Öffnung zu Freiräumen bedeutet vor allem den Verzicht auf eine riegelhafte Bebauung, wie schon in Maßnahme K7 detaillierter beschrieben, allerdings bezieht es sich nicht nur auf die großen Kaltluftschneisen einer Stadt, sondern sollte auch bei größeren Parks, die eigenbütig Kaltluft produzieren, bedacht werden. Ist die angrenzende Bebauung an einem Park offen gestaltet, kann die Kaltluft im Idealfall nicht nur die direkt angrenzenden Wohnungen entlasten, sondern auch in Hinterhöfe und zu Häusern in zweiter oder dritter Reihe vordringen.

Neben der Baustruktur ist es auch wichtig, die Grünstruktur optimal für das Ausströmen der Kaltluft zu gestalten (vgl. K5). Die Grenze zwischen Freiraum und Bebauung sollte nicht von dichter Vegetation geprägt sein, da diese die Kaltluft fast ebenso effektiv wie eine dichte Bebauung ausbremsen kann. Sinnvoller ist es die Randbereiche von Grünflächen offen zu der Bebauung zu gestalten. So wird gleichzeitig auch eine einladende Wirkung der Grünfläche erzielt.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Der im Jahr 2012 fertig gestellte Stadtteil Rieselfeld ist an den Grenzbereichen zu großflächigen Freiräumen weitestgehend offen gestaltet (Abb. S. 109 oben). Auch im Innenbereich liegen teilweise sehr großzügige Grünstrukturen („grüne Trittsteine“), welche das Eindringen der Frisch- und Kaltluft in die Bebauung unterstützen und damit den klimatischen Einwirkungsbereich vergrößern.



Offen gestaltete Bebauung im Grenzbereich zu den umliegenden Freiräumen inkl. „grüner Trittsteine“ in Rieselfeld



Die offene Gestaltung einer Grünfläche ermöglicht eine Kaltluftströmung in den Siedlungsbereich (links), während eine dichte Vegetation im Randbereich diese unterbindet (rechts)

Synergien	Herausforderungen
Biotopschutz/-vernetzung	Siedlungsdruck
Erholungsräume für Anwohner	Lärmschutz

Synergien und Herausforderungen



K 9

RÜCKBAU UND ENTDICHTUNG UMSETZEN

Was ist damit gemeint?

Durch den Rückbau von Gebäuden werden die Bebauungsdichte und das Bauvolumen verringert, wodurch wiederum der Wärmeinseleffekt lokal reduziert wird.

Details und Wirkung der Maßnahme

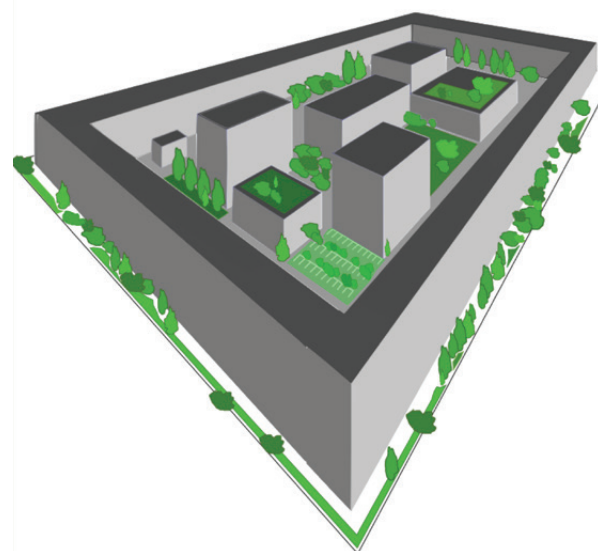
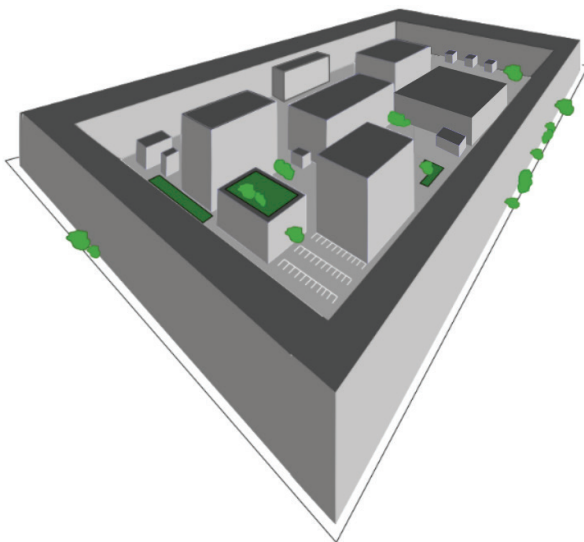
Werden Flächen rückgebaut, können klimatische Entlastungsgebiete entstehen (z.B. Pocket Parks). Die geringere Bebauung führt zu einer Verbesserung der Durchlüftung. Der erhöhte Vegetationsanteil senkt die umgebende Lufttemperatur und es kommt zu einer Verringerung des Regenwasserabflusses. Die Siedlung gewinnt an Ästhetik und bietet Erholungsmöglichkeiten vor Ort, die im Idealfall mit weiteren vernetzt werden können. Zudem entstehen neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Da Freiburg zu den sogenannten „Schwarmstädten“ gehört und ein großes Bevölkerungswachstum aufweist, ist das Potenzial für die Maßnahme „Rückbau/Entdichtung“ gering. Großflächiger Rückbau erscheint daher für Freiburg keine Option. Im kleineren Rahmen auf Quartiersebene ist ein Rückbau allerdings denkbar. Dies betrifft vor allem Anbauten, Garagen oder Schuppen stark verdichteter Innenhofbereiche.



Beispiel einer innerstädtischen Rückbaumaßnahme in Zuffenhausen



Verdichteter Innenbereich einer Blockrandbebauung (links) und vereinzelt umgesetzte Rückbaumaßnahmen und Entsiegelung (rechts)

Synergien	Herausforderungen
Biotopschutz/-vernetzung	Siedlungsdruck
Erholungsräume für Anwohner	Bevölkerungszuwachs

Synergien und Herausforderungen



K 10

INNEN- UND HINTERHÖFE BEGRÜNEN

Was ist damit gemeint?

Begrünte Innenhöfe können von ausgestalteten Park- oder Gartenflächen bis zu entsiegelten Parkplätzen mit Rasengittersteinen und schattenspendenden Bäumen ganz verschiedene Ausprägungen aufweisen. Je höher und vielfältiger die Grünausstattung ist, desto größer ist die klimaaufwertende Wirkung.

Details und Wirkung der Maßnahme

Das Ziel von Innen- und Hinterhofbegrünungen liegt in der Verbesserung des Mikroklimas direkt am Ort des Eingriffs. Dabei steht die Verbesserung der Tagsituation durch die Bereitstellung von Schattenflächen im Fokus. In Kombination mit einer Entsiegelung und einer Verschattung von sonnenexponierten Gebäudeseiten kann auch eine unmittelbare Verbesserung der thermischen Situation im Gebäudeinneren - insbesondere auch für die Nachtsituation - erreicht werden. Die Wirkung bezieht sich fast ausschließlich auf den Hof selbst und entfaltet keine Fernwirkung. Sie verbessert aber wesentlich die Aufenthaltsqualität in dem Hofraum und trägt unter anderem auch zu der Verbesserung von Sozialkontakten bei.

Ein begrünter Innenhof sollte je nach Platzangebot möglichst vielfältig gestaltet sein. Neben Rasenflächen, die nachts besonders stark auskühlen und so die Tempera-

tur senken können, sollten schattenspendende Bäume und Sträucher vorhanden sein. Das Anlegen einer beschatteten Sitzecke fördert zudem das Zusammenleben aller Bewohnerinnen und Bewohner der angrenzenden Häuser. Auch die Anlage von kleinen Wasserflächen (z.B. Teiche) kann sinnvoll sein. Allerdings muss hierbei auf eine ausreichende Größe des Innenhofs und eine gute Belüftung geachtet werden, da eine Wasserfläche durch die erhöhte Verdunstung und die damit einhergehende Schwüle sonst das Klima vor allem nachts auch negativ beeinflussen kann.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg bieten sich insbesondere diejenigen belasteten Flächentypen für die Umsetzung der Maßnahme an, die auch über Innen- oder Hinterhöfe verfügen und nicht bereits entkernt worden sind oder einer anderen Nutzung (z.B. Nachverdichtung) zugeführt werden sollen.



Begrünter und beschatteter Innenhof der Freiburger Universität



Grüner Hinterhof in dem Freiburger Stadtteil Vauban

Synergien	Herausforderungen
Erholungsraum für Anwohner	Nutzungskonflikte

Synergien und Herausforderungen



K 11

OBERFLÄCHEN ENTSIEGELN

Was ist damit gemeint?

Unter Entsiegelung wird der Austausch von komplett versiegelten Flächen zugunsten von teilversiegelnden Oberflächenmaterialien (z.B. Rasengittersteine, Fugenpflaster, Sickerpflaster) verstanden. Auch eine Komplettentsiegelung mit anschließender Begrünung ist möglich (Sieker 2014).

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Energieumsätze an den städtischen Oberflächen hängen sehr stark von der Beschaffenheit der Oberflächen ab. Zum einen bestimmen sie die Reflexionseigenschaften, zum anderen aber auch die potentielle Verdunstung beziehungsweise Evapotranspiration. In den Städten sind die Oberflächen insbesondere in den Innenstädten und Gewerbegebieten sehr stark versiegelt und erreichen dort fast einen Versiegelungsgrad von 100 %. Regenwasser läuft schnell in die Kanalisation ab und steht somit nicht mehr zu der Verdunstung (Verdunstungskühlung) zur Verfügung. Eine Maßnahme für den Abbau der Überwärmung ist es deshalb, den Anteil der versiegelten Flächen zu reduzieren. Möglichkeiten bieten sich bei Stadtsanierungs- und Stadtumbaumaßnahmen besonders an.

Die Vorteile der Entsiegelung sind unter anderem zu sehen in:

- > Reduktion des Regenwasserabflusses
- > Erhöhte Verdunstung des Bodens
- > Geringere Oberflächentemperaturen
- > Reduktion der thermischen Belastung
- > Wasserspeicherung im Boden
- > Grundwasserneubildung

Das Ziel der Maßnahme ist die (teilweise) Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen. Aus klimatischer Sicht sind vor allem die Effekte einer reduzierten Wärmespeicherung sowie einer erhöhten Verdunstungskühlung von Bedeutung.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg ist eine Entsiegelung insbesondere auf Gehwegen, Parkplätzen, wenig befahrenen Straßen sowie Innen-, Hinter- und Betriebshöfen umsetzbar.



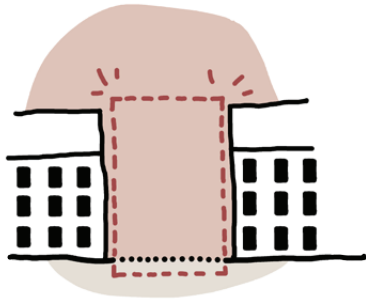
Teilversiegelung eines Gehweges in Freiburg



Versickerungsfähiger Fußweg in Berlin Schöneberg

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Nutzungskonflikte
Bodenschutz	

Synergien und Herausforderungen



K 12

BEI NEUPLANUNGEN VERSIEGELUNGSGRAD GERING HALTEN

Was ist damit gemeint?

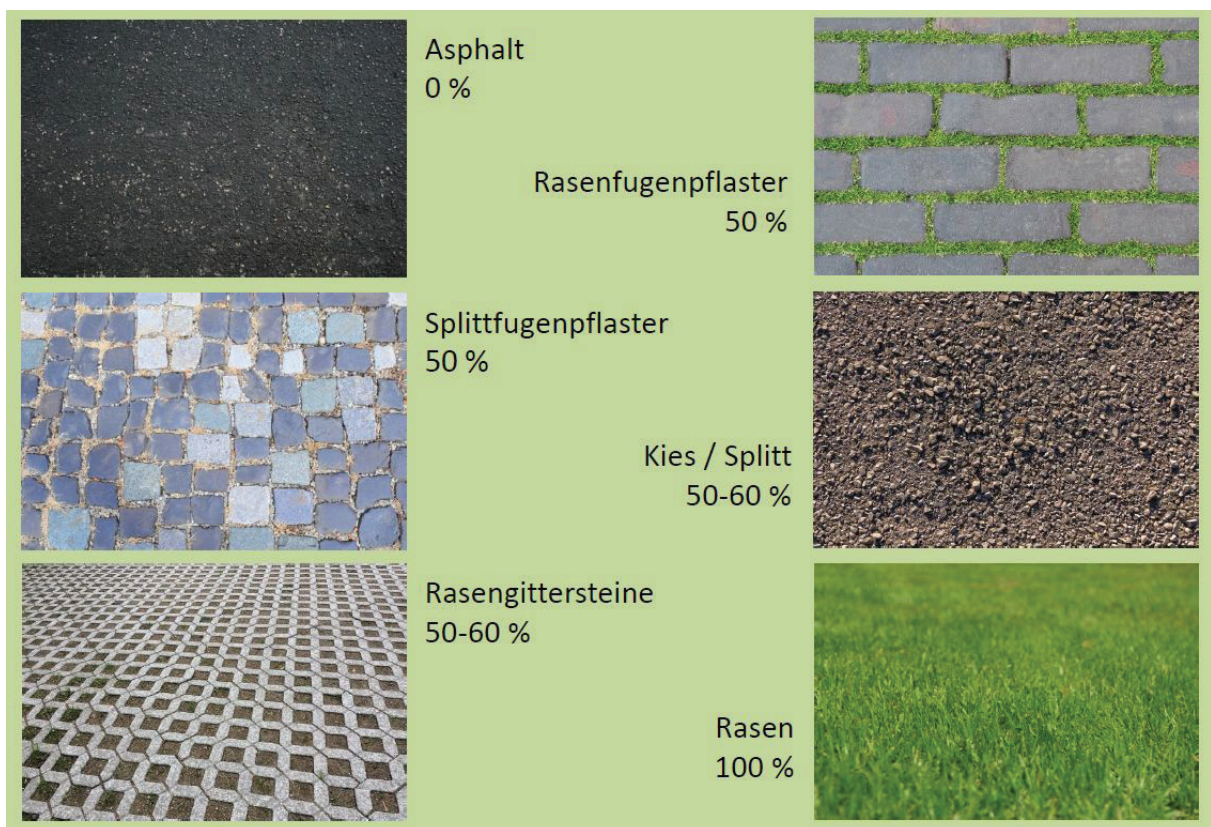
Bereits bei der Neuplanung eines Quartiers sollte ein geringer Versiegelungsgrad angestrebt werden.

Details und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme korrespondiert mit Maßnahme K11. Die Vorteile eines geringen Versiegelungsgrads sind dort bereits beschrieben. Bei der Planung von neuen Siedlungen aber auch Industriegebieten sollte daher von Beginn an auf einen möglichst geringen Versiegelungsgrad geachtet werden. So sollten beispielsweise Parkplatzflächen mit Rasengittersteinen geplant werden und Fußwege mit einem versickerungsfähigen Belag ausgestattet werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Die Minimierung der Versiegelung im öffentlichen und privaten Bereich war ein wesentliches Merkmal des Bodenkonzepes für den Stadtteil Rieselfeld.



Verschiedene Versiegelungsarten mit unterschiedlicher Wasserdurchlässigkeit



Privatparkplatz mit Rasengittersteinen in der Unterwiehre

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Siedlungsdruck
Bodenschutz	Nutzungskonflikte

Synergien und Herausforderungen



G 1 DACHBEGRÜNUNG

Was ist damit gemeint?

Es gibt grundsätzlich zwei Formen von Dachbegrünungen: Extensive Dachbegrünungen haben eine dünne Substratschicht und eine rasenartige Vegetation. Sie besteht oft aus Sukkulenten und niederen Gräsern. Es wird zumeist lediglich eine Initialpflanzung vorgenommen, Pflegemaßnahmen sind nicht oder in nur geringem Umfang notwendig. Intensive Dachbegrünungen hingegen zeichnen sich durch mehrere Substratschichten und höhere Vegetation aus. Sie können je nach Platzverfügbarkeit eine Gartenlandschaft mit Bäumen, Teichen, Sumpfbzonen und Wegen darstellen und bedürfen im Regelfall einer Pflege, sowie ggf. einer Bewässerung und Düngung (FLL 2002, DDV 2011).

Details und Wirkung der Maßnahme

Ein Problem in Städten ist die große Versiegelung der Oberflächen. Eine Möglichkeit mehr Grün in die Stadt zu bringen, ist die Begrünung von Flachdächern. Nach § 9 Absatz 1 Nummer 25 Baugesetzbuch (BauGB) können die Gemeinden in Bebauungsplänen eine Dachbegrünung festsetzen. Die Dachbegrünung reduziert stadtklimatische Defizite in Bezug auf Feuchtigkeitshaushalt und thermischer Belastung. Über die Verdunstungsleistung kühlen sich dachnahe Luftmassen daher stärker ab. Die Form der extensiven Dachbegrünungen wird mit anspruchsloser Vegetation bepflanzt oder dem spontanen Bewuchs überlassen. Intensive Dachbegrünungen umfassen einen stärkeren Bewuchs wie beispielswei-

se Bäume und Sträucher und können sogar Teiche und Sumpfbzonen besitzen (blaugrünes Dach). Der größte Kühlungseffekt wird demnach bei einer intensiven Dachbegrünung erreicht.

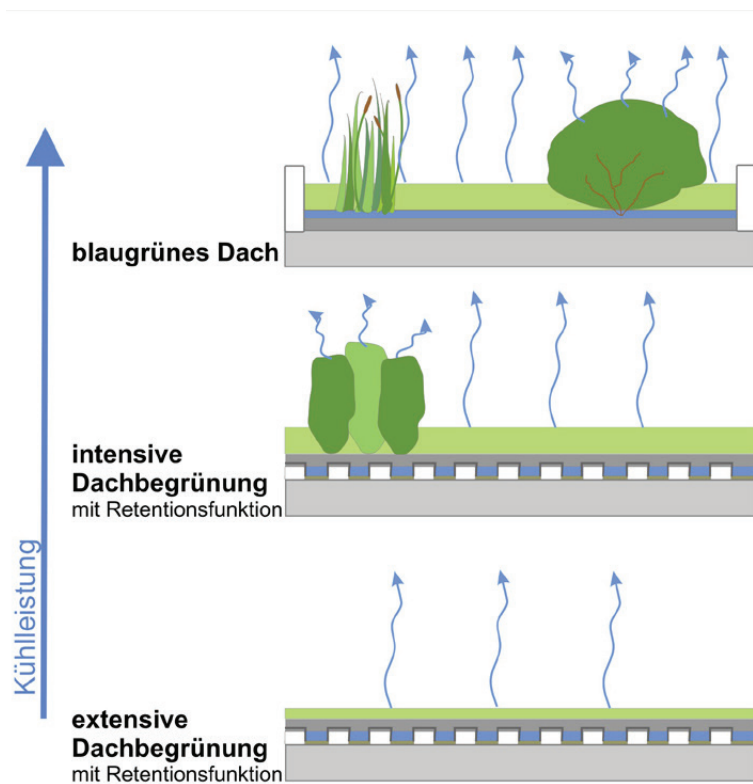
Hinzu kommen bauphysikalische Vorteile für das Dach und den Energieverbrauch. Im Bestand kann durch städtische Förderprogramme die nachträgliche Begrünung von Flachdächern unterstützt werden.

Die kühlende Wirkung einzelner Dachbegrünungen beschränkt sich auf die Luftmassen direkt über der Dachoberfläche, der öffentliche Stadtraum wird nicht oder sehr begrenzt erreicht. Mit der Maßnahme lässt sich also vor allem das Innenraumklima in den darunter liegenden Dachgeschosswohnungen verbessern (Groß 2012). Es kann allerdings begründet angenommen werden, dass eine intensive Begrünung vieler Dächer auch einen signifikanten Effekt auf die gesamtstädtische Wärmeinsel aufweist. Intensive Gründächer können zudem begangen werden und bieten damit auch unmittelbar eine thermische Komfortzone (Pfoser et al. 2013).

Alle Dachbauweisen bis ca. 45° sind für Begrünungen grundsätzlich geeignet. Eine Prüfung der statischen Verhältnisse ist dabei erforderlich. Vor allem für die intensive Begrünung ist eine massive Baukonstruktion unabdingbar. Außerdem muss das Dach wasserdicht sein und gegen Durchwurzelung geschützt werden (FLL 2008).

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Die Sporthalle der Clara-Grunwald-Schule in Rieselfeld besitzt ein mit Rasen begrüntes Dach. Dieses dient als Verbindungsbrücke zwischen dem zentralen Platz und den angrenzenden Grünbereichen.



Verschiedene Arten eines Dachaufbaus und deren Kühlleistung



Gründach der Sporthalle der Clara-Grünwald-Schule in Rieselfeld

Synergien	Herausforderungen
Biodiversität	Denkmalschutz
Regenwasserversickerung	Statische Anforderungen
Lärminderung	Photovoltaikanlagen

Synergien und Herausforderungen



G 2 FASSADENBEGRÜNUNG

Was ist damit gemeint?

Der planmäßige und kontrollierte Bewuchs geeigneter oder speziell vorgerichteter Fassaden mit Pflanzen wird als Fassadenbegrünung bezeichnet (vgl. Abb. S. 121 Mitte). Es wird zwischen erd- und fassadengebundenen Systemen unterschieden.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Grünfassade wirkt dämmend auf das Gebäude und führt zu einer Abmilderung der Innentemperaturextreme im Tages- und Jahresverlauf. Das schattenwerfende Blattwerk, die Luftschicht zwischen Vegetation und Hauswand sowie die Evapotranspiration verringern die Oberflächentemperatur der Gebäudehülle und erhöhen den thermischen Komfort im Gebäudeinneren und im unmittelbar angrenzenden Außenklima (Abb. S. 121 oben).

Die Wahl der Fassadenbegrünung hängt hauptsächlich von den Bauwerkseigenschaften ab. Um eventuelle Schäden am Gebäude oder der Begrünung zu vermeiden sind sowohl der Aufbau (Pflanzenart, Befestigungsart und die entstehende Last) als auch die pflegerischen Maßnahmen (Bewässerung, Pflanzenschnitt) zu berücksichtigen (FLL 2000).

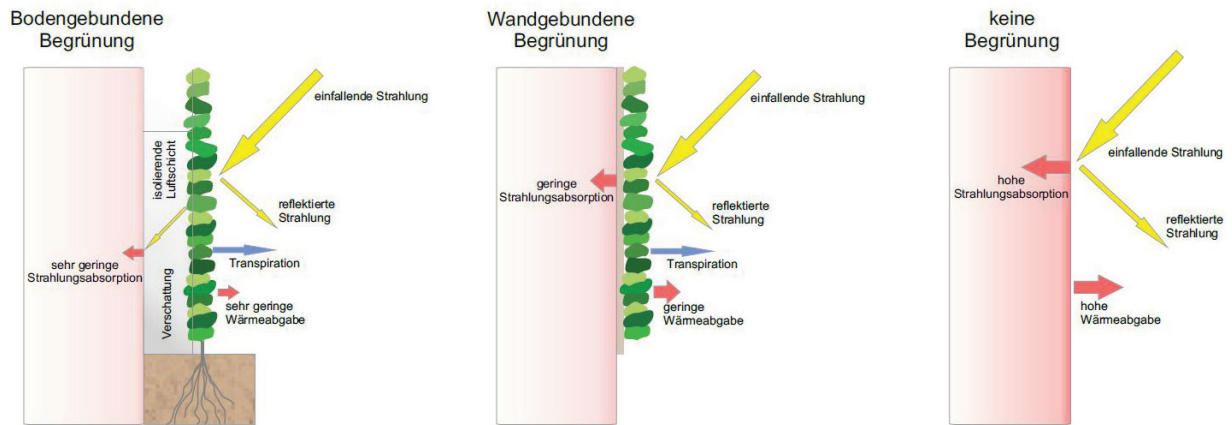
Die Gemeinden können Fassadenbegrünungen in den Bebauungsplänen nach § 9 Absatz 1 Nummer 25 Baugesetzbuch (BauGB) ebenso rechtsverbindlich festsetzen wie Dachbegrünungen. Die Maßnahme der Fassadenbe-

grünung sollte insbesondere bei der Stadtsanierung eine wichtige Rolle spielen, da in den dicht bebauten Stadtteilen oft keine anderen Flächen für eine Begrünung vorhanden sind.

Über Förderprogramme können für Hauseigentümer finanzielle Anreize geschaffen werden, um die Maßnahme der Fassadenbegrünung im Bestand gezielt zu fördern. Das Potenzial der Fassadenbegrünung ist in Freiburg enorm und besteht grundsätzlich in allen thermisch belasteten Siedlungsräumen. Aufgrund seiner umfassenden humanbioklimatischen Wirkung und seiner Multieffektivität in Bezug zu anderen Schutzgütern kann die Maßnahme vor allem im Bestand, wo wenig Platz für andere Maßnahmen ist, als absolut prioritär bezeichnet werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In dem Quartier Vauban wurde die Südfassade des Stadthauses „M1“ mit Rank- und Kletterpflanzen ausgestattet (Abb. S. 121 Mitte). Sie sorgen im Sommer durch Schattenwurf und Verdunstung für eine natürliche Gebäudekühlung. Durch die Verwendung sommergrüner Kletterpflanzen, welche im Herbst das Laub abwerfen, kann im Winter die Sonnenstrahlung bis zu der Gebäudeaußenwand durchdringen und diese aufheizen. Für die Begrünung wurden vom Boden bis zur Dachkante reichende Edelstahlseile als Rankhilfe installiert.



Wirkung von Fassadenbegrünungen



Fassadenbegrünung in dem Freiburger Stadtteil Vauban

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Denkmalschutz
Regenwasserversickerung	Brandschutz
Lärminderung	Insekten im Bereich der Fenster
Biodiversität	Photovoltaikanlagen

Synergien und Herausforderungen



G 3 GEBÄUDEVERSCHATTUNG

Was ist damit gemeint?

Gebäude können durch Bäume oder Gebäudebegrünung oder auch durch bautechnische Maßnahmen, wie beispielsweise Fenster- und Schiebeläden, Markisen, Jalousien oder auch Vordächer und Vorbauten sowie vorgehängte hinterlüftete Photovoltaikmodulen verschattet werden.

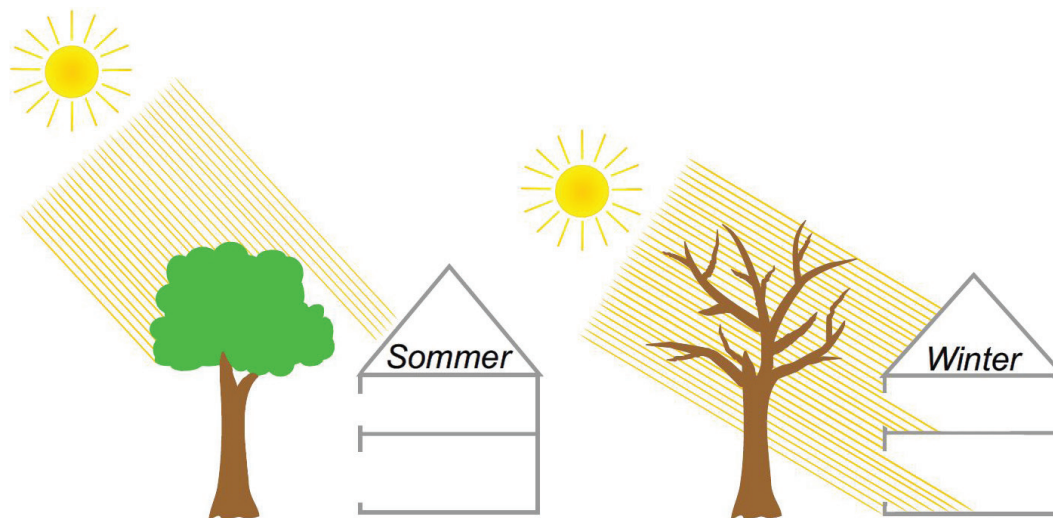
Details und Wirkung der Maßnahme

Das primäre Ziel ist es, die direkte Aufheizung sowie die Wärmespeicherung der Gebäude über die Gebäudehülle (Dach, Fassade, Fenster) zu verringern. Sonnenexponierte Gebäudeseiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Großkronige Laubbäume sind gegenüber Nadelbäumen zu bevorzugen, da sie im Winter einen vergleichsweise geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch weniger zu einer Erhöhung von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Eine Gebäudeverschattung mittels Bäume wird in Freiburg bereits in vielen Quartieren umgesetzt. Dies betrifft vorwiegend Areale mit Zeilenbebauung, wie beispielsweise in dem Wohngebiet nördlich der Joseph-Brandl-Anlage im Haslacher Stadtteil. Hierbei bieten die großzügigen Abstandsflächen zwischen den Gebäuden den Bäumen genügend Kronen- und Wurzelraum.

Des Weiteren profitieren vor allem Baukörper entlang von Alleen, wie beispielsweise an der Goethestraße, von der Schattenwirkung umliegender Straßenbäume.



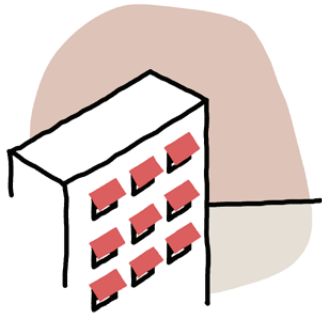
Schematische Darstellung einer Gebäuderverschattung durch Bäume



Gebäuderverschattung auf Mallorca

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Denkmalschutz
Lärminderung	Brandschutz
Biodiversität	Sichtminderung für Bewohner
Hochwasserschutz (Speicherung von Niederschlagswasser)	Auswahl geeigneter Baumarten
	Photovoltaikanlagen

Synergien und Herausforderungen



G 4

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ AN GEBÄUDEN

Was ist damit gemeint?

Der Überhitzung von Räumen vorzubeugen ist das wesentliche Ziel des sommerlichen Wärmeschutzes. Dabei geht es darum, ein behagliches Innenraumklima während der Sommermonate sicherzustellen und gleichzeitig den Energieverbrauch für die Kühlung möglichst gering zu halten.

Details und Wirkung der Maßnahme

Der Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz ist in der EnEV geregelt und für neu zu errichtende Wohngebäude und Nichtwohngebäude verpflichtend (EnEV 2013 in Verbindung mit DIN 4108-2 2005). Auch für die Höhe der Raumtemperatur in Arbeitsstätten gibt es Technische Regeln (ASTA 2010).

Folgende Faktoren beeinflussen das sommerliche Wärmeverhalten von Gebäuden (Baunetz 2015):

- > Standort
- > Ausrichtung des Gebäudes nach Himmelsrichtungen
- > Bauweise
- > Art des Sonnenschutzes und der Verglasung
- > Lüftung und Nutzerverhalten

Effektive Maßnahmen um möglichst wenig Wärme in das Gebäude zu lassen, beziehen sich vor allem auf Fenster- und sonstige Glasflächen. Hier sind insbesondere außen

liegende Sonnenschutzelemente wie Jalousien, Vertikallamellen und Fensterläden aber auch Markisen und Sonnensegel zu nennen. Eine weitere Möglichkeit stellt reflektierendes oder absorbierendes Sonnenschutzglas oder -folie dar. Innen liegende Elemente sind zwar deutlich weniger effektiv, allerdings beispielsweise bei bestimmten Vorgaben des Denkmalschutzes eine gute Alternative (Baudialog 2015).

Neben der Verglasung sind aber auch die verwendeten Baumaterialien entscheidend. Je geringer ihre Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit sind, desto weniger tragen sie zu einer Aufheizung des Innenraums bei beziehungsweise unterstützen dessen nächtliche Auskühlung. Dieser Effekt wird durch Beschattung der Gebäudehülle unterstützt. Zu dem sommerlichen Wärmeschutz gehört ebenfalls eine geeignete Raumlüftung durch die Bewohnerinnen und -bewohner. Sie sollte nur dann erfolgen, wenn die Temperatur der Außenluft unter derjenigen der Innenraumluft liegt, also in den Nacht- oder frühen Morgenstunden. Tagsüber kann eine Lüftung hingegen zu einer zusätzlichen Erwärmung der Räume führen (Baunetz 2015).

Auch wenn der gesetzlich geregelte sommerliche Wärmeschutz speziell für Neubauten gilt, besteht das weitaus größere Potenzial im Bestand. Hier sind vor allem jegliche Ansätze, die in Verbindung mit der Verglasung stehen, von Relevanz.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In Freiburg findet eine Vielzahl von Sonnenschutzelementen an Gebäuden Anwendung. Dies betrifft vor allem Neubauten und reicht von Sonnenschutzgläsern über Jalousien, Markisen und Fensterläden bis hin zu Vertikallamellen und Überbauten. Im Bestand besteht weiterhin Verbesserungspotenzial.



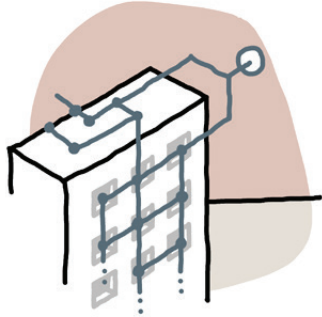
Markisen an den Fenstern vermindern die Aufheizung im Gebäudeinnern



Wärmeschutz in dem Freiburger Stadtteil Vauban mittels Holzlamellen

Synergien	Herausforderungen
Senkung des Energiebedarfs zur Gebäudekühlung	Denkmalschutz
	Brandschutz

Synergien und Herausforderungen



G 5 TECHNISCHE GEBÄUDEKÜHLUNG

Was ist damit gemeint?

Technische Gebäudekühlung dient der Reduktion der Wärmebelastung in Innenräumen, in denen passive Maßnahmen nicht oder nicht ausreichend angewendet werden können. Aktuell werden nur rund 1 - 2 % der Wohngebäude aber 50 % aller Büro- und Verwaltungsgebäude in Deutschland technisch gekühlt (Bettgenhäuser et al. 2011). Dies erfolgt auf der Basis der DIN 13779.

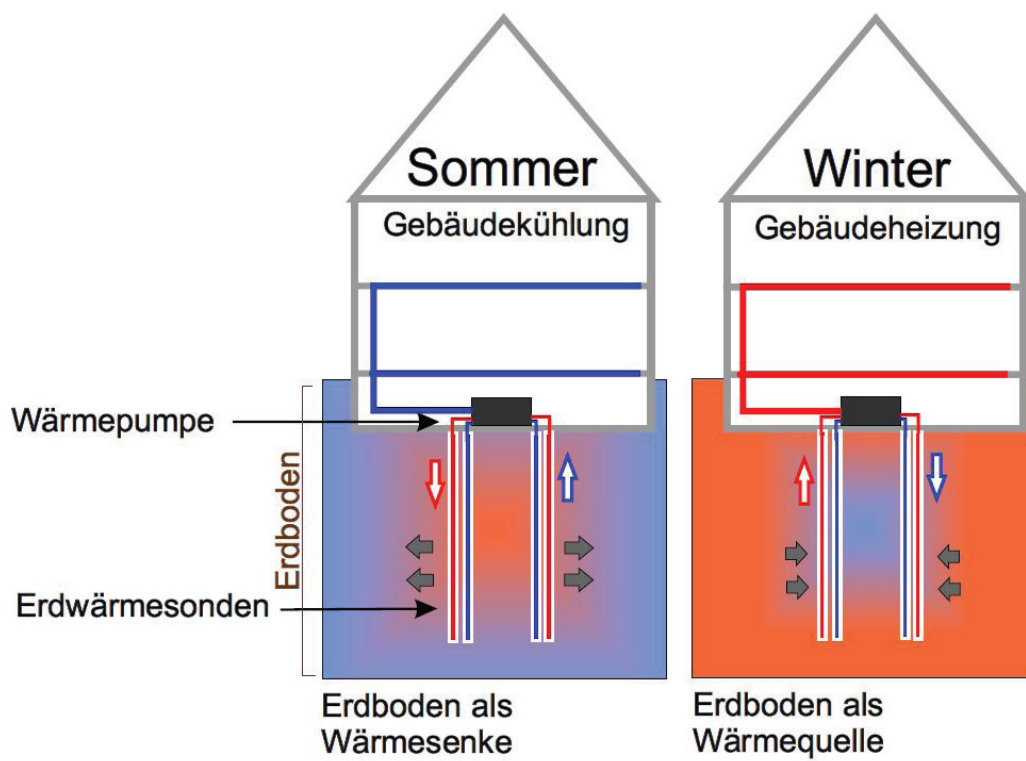
Details und Wirkung der Maßnahme

Klassische Klimaanlage weisen aufgrund ihres hohen Energiebedarfs sowie ihrer klimaschädlichen Kältemittel eine schlechte Ökobilanz auf (UBA 2015). Ressourcenschonende Lösungen sind die Erdkältenutzung oder die adiabate Abluftkühlung, in der Regenwasser genutzt wird. Auch Adsorptionskältemaschinen, die durch solare Energie oder KWK-Abwärme angetrieben werden, werden derzeit erprobt und weiterentwickelt (SenStadtUm Berlin 2010).

Um das Klima zu schützen und gleichzeitig der nötigen Klimaanpassung nachzukommen, ist eine Umrüstung auf effektiv arbeitende Klimaanlagen ein wichtiger Anteil der Klimaanpassung.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Die im Herbst 2015 nach abgeschlossener Sanierung neu eröffnete Universitätsbibliothek verfügt über ein Heiz-Kühlungssystem mittels Betonkerntemperierung. Hierfür wurde ein knapp 100 km langes Leitungsnetz in die Betondecken integriert und zusätzlich ein Heiz-Kühlsegel im Deckenrandbereich installiert. Die Gebäudekühlung erfolgt durch die Kälte der Brunnenwassernutzung eines Tiefenbrunnens, die Heizung durch Fernwärme (Universität Freiburg).



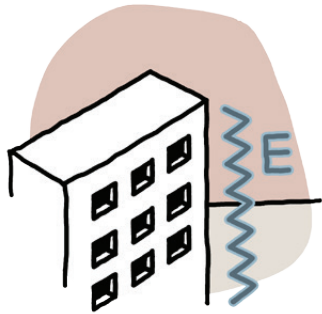
Funktionsweise der Gebäudekühlung mittels Wärmepumpe



Die Freiburger Universitätsbibliothek verfügt über ein Heiz- & Kühlsystem mittels Betonkerntemperierung

Synergien	Herausforderungen
Senkung des Energiebedarfs zur Regulierung der Gebäudeinnentemperatur	Klimaschutz

Synergien und Herausforderungen



G 6

ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG

Was ist damit gemeint?

Die energetische Gebäudesanierung ist in erster Linie eine Klimaschutzmaßnahme, die durch technische und bauliche Maßnahmen den (Heiz-)Energiebedarf der zu sanierenden Gebäude verringern soll. Allerdings weisen die gängigen Dämmmaterialien auch einen geringeren Wärmedurchgang von außen nach innen auf, so dass im Sommer auch der thermische Komfort im Innenraum verbessert wird.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Energieeinsparverordnung (EnEV 2013) regelt die einzuhaltende Qualität der Dämmstoffe. Durch die üblicherweise stattfindende Wärmedämmung an den Gebäuden wird indirekt auch das Außenklima beeinflusst. Die energetische Sanierung wird durch die KfW durch Darlehen gefördert (www.bmvi.de). Folgende Sanierungsmaßnahmen sind sinnvoll:

- > Außenwanddämmung
- > Dachdämmung
- > Dämmung der Keller-Außenwände
- > Fenstersanierung
- > Heizungssanierung (z.B. Niedertemperaturkessel, Brennwertkessel, Mikro-KWK, Wärmepumpe, Strahlungsheizung)
- > Kellerdeckendämmung

- > Solarthermie zur Warmwasser- und/oder Heizungsunterstützung
- > Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

Beispiele und Potenziale in Freiburg

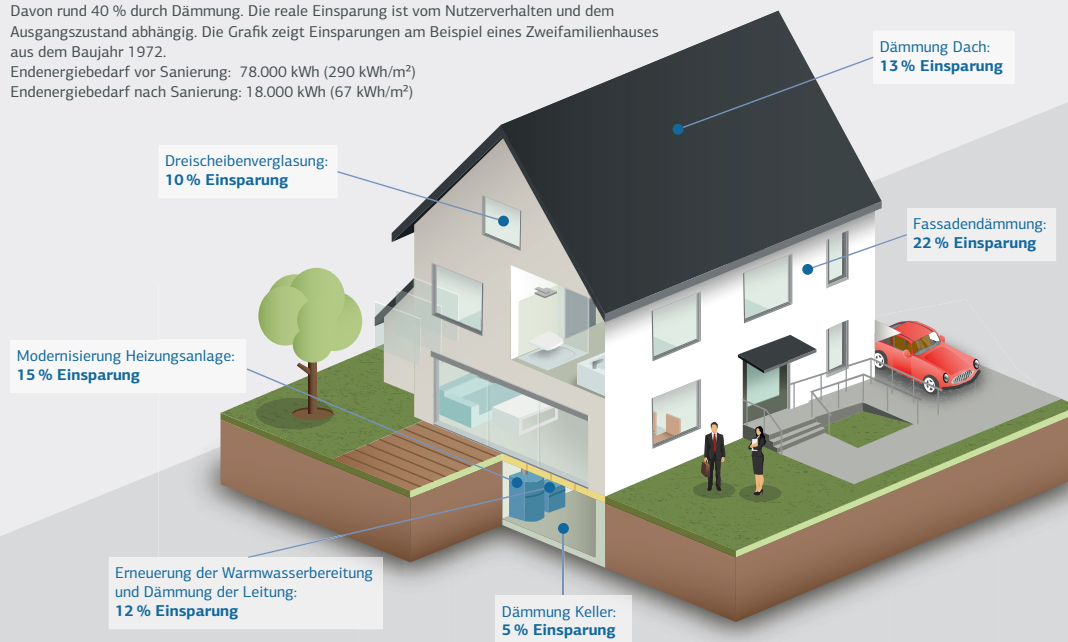
Die Stadt Freiburg hat sich zum Ziel gesetzt die jährliche Sanierungsquote auf 2% zu erhöhen, da ein großer Sanierungsbedarf in der Stadt vorhanden ist. Hierzu hat sie ein Förderprogramm ins Leben gerufen, das Hausbesitzer bei der energetischen Gebäudesanierung sowohl finanziell als auch beratend unterstützt (Stadt Freiburg 2017).

Das Gründerzeithaus in Freiburg (Baujahr 1906) wurde 2009/2010 saniert (Abb. S.129). Für das EG wurde eine Kellerdeckendämmung und teilweise eine Innendämmung aufgebracht. Die Räume zur Straße erhielten zudem eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Im ersten Obergeschoss wurden die Fensteranschlüsse überarbeitet und alle Rollladenkästen gedämmt. Die historische Fassade erhielt in den Wohnräumen eine Innendämmung aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Dachsanierung wurde unter Erhalt der ehemaligen Sparrenkonstruktion auf KfW-Niveau ebenfalls mit nachwachsenden Rohstoffen ausgeführt. Für das sparsame und weitgehend autarke Energiekonzept wurde im 2. OG bis 2. DG über 3 Stockwerke eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Zudem wurden sämtliche Fenster durch 3-fach verglaste Holzfenster ersetzt. Zur Warmwasserversorgung sind für die oberen Etagen ca. 4.500 KWh über die Solaranlage und 6.300 KWh (3 Ster Hartholz) im Jahr notwendig. Der tatsächliche Gasverbrauch konnte von über 50.000 KWh im Jahr 2003 auf ca. 14.000 KWh um 72% gesenkt werden (Urs Dischler).

Einsparpotenzial durch energetische Sanierung

Um bis zu 80 % kann der Endenergieverbrauch durch eine energetische Sanierung reduziert werden. Davon rund 40 % durch Dämmung. Die reale Einsparung ist vom Nutzerverhalten und dem Ausgangszustand abhängig. Die Grafik zeigt Einsparungen am Beispiel eines Zweifamilienhauses aus dem Baujahr 1972.

Endenergiebedarf vor Sanierung: 78.000 kWh (290 kWh/m²)
Endenergiebedarf nach Sanierung: 18.000 kWh (67 kWh/m²)



© KfW 2015

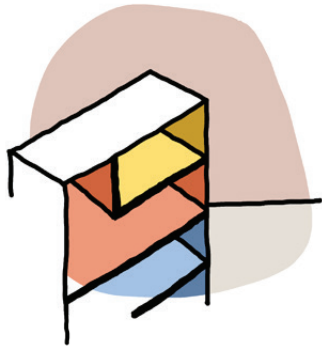
Energetische Gebäudesanierung



Saniertes Gründerzeithaus in der Erwinstraße

Synergien	Herausforderungen
Lärminderung	Denkmalschutz
	Brandschutz

Synergien und Herausforderungen



G 7

ANPASSUNG DES RAUMNUTZUNGSKONZEPTS

Was ist damit gemeint?

Eine gezielte Nutzung der Wohnräume nach ihrer Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen kann zu einer Hitzeentlastung der Bewohnerinnen und -bewohner führen. Vor allem für das Schlafen ist es sinnvoll den kühlssten Raum mit einer Nordausrichtung zu wählen.

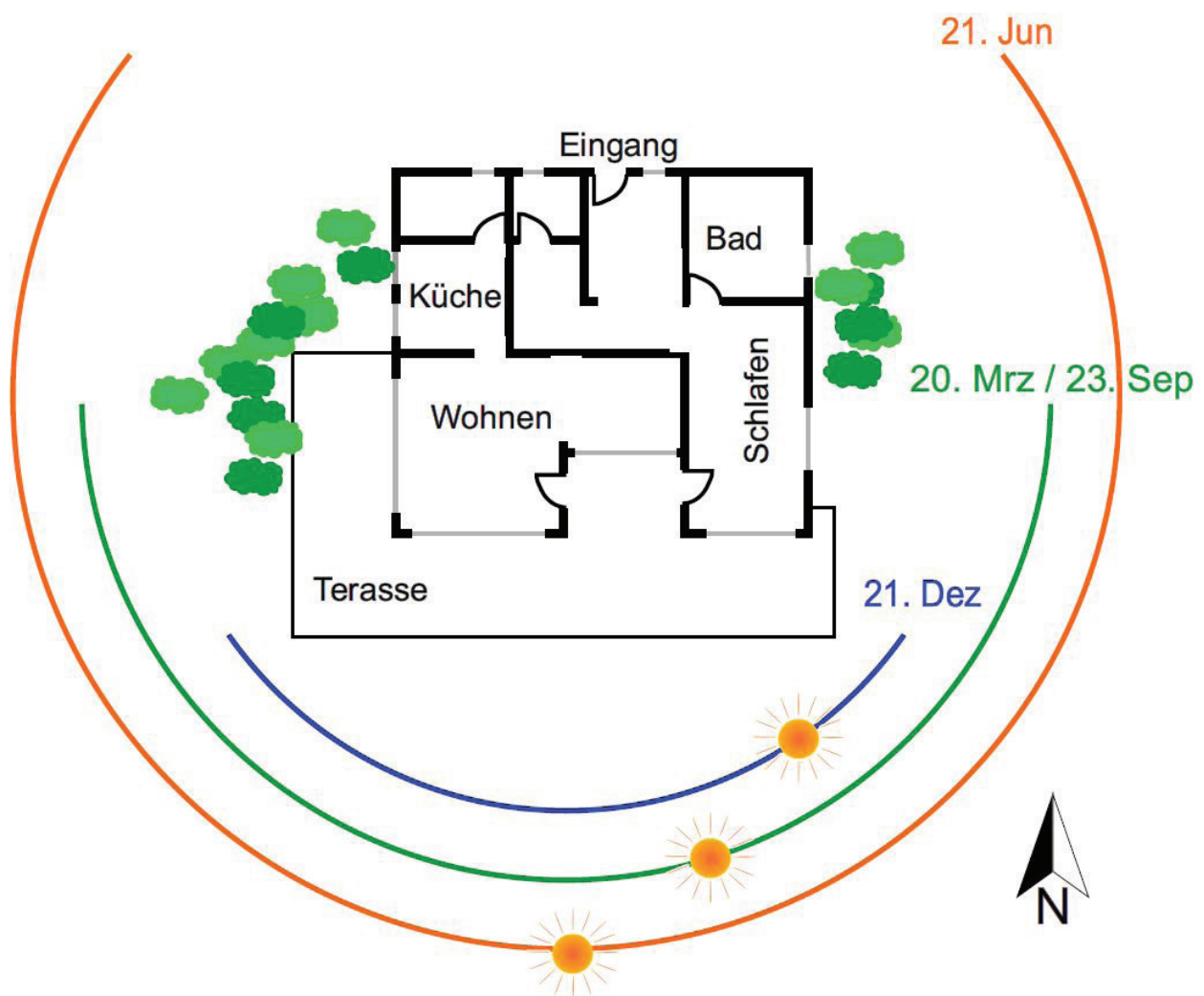
Details und Wirkung der Maßnahme

Innerhalb von Wohngebäuden sind Schlafräume, Kinderzimmer und Arbeitszimmer als besonders hitzeschutzbedürftig einzustufen. In Büroräumen soll die Temperatur 26 °C nicht übersteigen (ASTA 2010). Bei klimasensiblen Gebäudenutzungen sollte grundsätzlich in von den Risikogruppen genutzten Zimmern ein angenehmes – oder zumindest nicht belastendes – Raumklima herrschen. In Krankenhäusern gilt dies ganz besonders für die Säuglings- und Kinderstation sowie für die Kardiologie.

Neben Maßnahmen, die zu einer unmittelbaren Verringerung der Lufttemperatur im Innenraum führen, stellt die Anpassung des Raumnutzungskonzeptes in Bestandsgebäuden beziehungsweise die Optimierung des Grundrisses bei Neubauten eine weitere Option zu der Verringerung von thermischem Stress dar. Dies bedeutet vor allem, dass – sofern möglich – sensible Räume (s.o.) nach den Himmelsrichtungen zwischen Norden und Osten (N, NNO, NO, ONO und O) ausgerichtet werden und damit nicht dauerhaft einer unmittelbaren Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

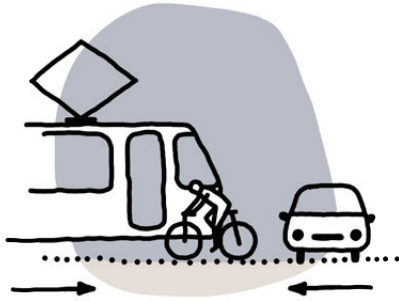
Eine Anpassung der Wohnraumnutzung in Bezug auf die Himmelsrichtungen und folglich der Sonneneinstrahlung besitzt in Freiburg ein grundsätzlich sehr hohes Potenzial und eine gute Umsetzbarkeit. Die Maßnahme kann sowohl in Bestandsgebäuden als auch in Neubauten angewandt werden. Andere Umwelteinflüsse wie beispielsweise Lärm und Geruch sollten hierbei nicht außer Acht gelassen werden.



Gezielte Ausrichtung der Wohnräume nach Nutzung und Sonnenverlauf

Synergien	Herausforderungen
Senkung des Energiebedarfs zur Regulierung der Gebäudeinnentemperatur	Nutzungskonflikt

Synergien und Herausforderungen



K 13

FLÄCHENSPARENDE MOBILITÄTSINFRASTRUKTUR MIT GERINGER VERSIEGELUNG HERSTELLEN

Was ist damit gemeint?

Straßen aber auch Gleisareale von Zügen und Straßenbahnen haben einen großen Anteil an dem Flächenverbrauch in unseren Städten. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Infrastruktur möglichst flächensparend und effektiv zu planen.

Details und Wirkung der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist es, den Flächenverbrauch für Mobilitätsinfrastrukturanlagen möglichst gering zu halten. Dort wo es möglich ist, sollte auf einen geringen Versiegelungsgrad geachtet werden. Dies betrifft insbesondere die Parkplatzflächen, aber auch Gleisareale und Fußwege können wasserdurchlässig geplant werden. Diese Maßnahme ist also vor allem bei Neuplanungen einzubeziehen, aber auch bei Sanierungsmaßnahmen von Straßen oder Gleisen kann sie mindestens teilweise umgesetzt werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Im Rahmen der in 2015 begonnenen Umgestaltung des Rotteckrings und dem Bau der neuen Stadtbahnlinie Rotteckring wurde die vierspurige Kronenstraße zu einer zweispurigen Straße umgebaut. In der Mitte der Fahrbahn wurde zudem ein Rasengleis integriert.



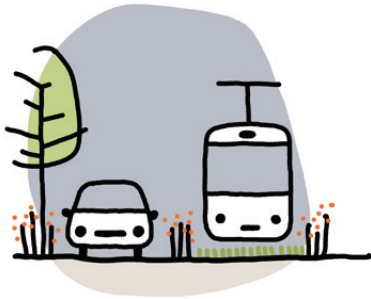
Grünleise in Freiburg



Umgestaltung des Rotteckrings mit Reduzierung der Fahrspuren, Integration eines Grünleises, Neupflanzung von Bäumen und Neuanlage eines Bächles

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	

Synergien und Herausforderungen



K 14 GRÜNANTEIL IN VER- KEHRSRÄUMEN ERHÖHEN (INKL. GRÜNGLEISE TRAM)

Was ist damit gemeint?

Der Grünanteil in Verkehrsräumen wird nicht nur aus Straßenbäumen gestellt. Auch mit Wiese oder Büschen bestandene Verkehrsinseln oder Seitenstreifen sowie Grüngleise zählen hierzu.

Details und Wirkung der Maßnahme

Begrünte Straßen und Gleise können einen wichtigen Beitrag zu einem positiven Stadtklima leisten. Straßenbäume sorgen durch die Verschattung für eine geringere Aufheizung von Straßen, Gehwegen und Häuserfassaden. Auch die Luftschicht unter den Bäumen erwärmt sich weniger stark als bei einer direkten Einstrahlung. Außerdem verbessern Bäume auf Grund ihrer Filterwirkung die lufthygienische Situation im Straßenraum. Zu dichtes Blattwerk kann aber unter Umständen zu einer schlechteren Durchlüftung des Straßenzugs führen und dadurch trotz der Filterwirkung des Grüns erhöhte Schadstoffkonzentrationen hervorrufen.

Neben Bäumen können auch grüne Mittel- und Seitenstreifen mit Wiesen- oder Buschvegetation Teil des Straßenbegleitgrüns sein. Hier spielt die Schattenwirkung zwar eine untergeordnete Rolle, aber durch die Verdunstungskühlung der Evapotranspiration der Pflanzen und die geringere Wärmespeicherung im Boden kommt es auch hier zu einem verbesserten Mikroklima. Dies gilt auch für die Begrünung von Gleisen.

Durch eine „grüne Ausgestaltung“ des Straßen- und Gleisraums kann dieser nachts auch besser als Teil einer Leitbahn fungieren und kühlere Luft aus dem Umland bis in überwärmte Stadtgebiete transportieren, da der Kaltlufttransport optimiert wird. Gleichzeitig wird ein Fahrzeug, das unter einer Baumallee entlang fährt, weniger stark aufgeheizt und bietet den Fahrgästen daher auch ohne Klimaanlage ein besseres Innenraumklima.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Auf dem neuen Streckenabschnitt Kronenstraße/ Rotteckring/Siegesdenkmal entsteht eine neue, 1,9 km lange Stadtbahnstrecke. Davon sollen 1,2 km als Rasenbahnkörper gestaltet werden.



Grüngleise in dem Freiburger Stadtteil Vauban



Grüne Verkehrsinseln in Hannover

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Einsatz geeigneter Arten
Lärminderung	Pflege und Instandhaltung
Biodiversität	

Synergien und Herausforderungen



K 15

FUSS- UND RADWEGENETZE DURCHGÄNGIG VERSCHATTEN

Was ist damit gemeint?

Die Aufenthaltsqualität im Freien kann im Sommer durch die Beschattung mit Bäumen oder anderen technischen Hilfsmitteln gesteigert werden. Fahrrad- und Fußwege sollten von der direkten Sonneneinstrahlung verschont sein, was den nicht motorisierten Verkehr aus bioklimatischer und gesundheitlicher Sicht attraktiver macht. Besonders wichtig sind Bäume entlang häufig genutzter Wege und solcher, die eine Verbindung der Quartiere mit den Entlastungsräumen darstellen. Insbesondere für vulnerable Bevölkerungsgruppen ist eine durchgängige Beschattung ihrer Lauf- und Fahrwege von großer Bedeutung.

Details und Wirkung der Maßnahme

Unter den Kronendächern ist die Lufttemperatur an sonnigen Tagen um ein paar Kelvin niedriger als über offenen Flächen. Die Beschattung beugt der Aufheizung der Wege und Plätze und somit der nächtlichen Wärmeabstrahlung vor. Die beste Lösung bieten in jedem Fall Bäume, die im Gegensatz zu künstlichen Elementen, wie zum Beispiel Sonnensegeln, zusätzlich über die Fähigkeit zur Transpirationskühlung verfügen. Die Begrünung der Wege führt zu einer Vernetzung der Grünflächen untereinander und einer Verbesserung des Kaltlufttransports. Weitere Vorteile ergeben sich aus der Luft reinigenden Wirkung der Bäume, dem steigenden Erholungspotenzial und dem Aspekt des Naturschutzes (v.a. des Biotopverbunds).

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Freiburg zählt laut einer Umfrage des ADFCs (Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e.V.) zu den fahrradfreundlichsten Städten Deutschlands (2016). Mit dem in 2013 beschlossenen Radverkehrskonzept 2020 wurde der Grundstein für die Ausweitung und Verbesserung des Freiburger Radwegenetzes gelegt. Der Anteil der Radfahrer im Gesamtverkehr hat sich seitdem auf knapp 34 % erhöht (Stadt Freiburg 2016). Viele dieser Wege sind bereits verschattet, doch besteht weiterhin Verbesserungspotenzial, vor allem im Innenstadtbereich.



Mit Bäumen verschatteter Fußweg in Freiburg



Durchgängig verschatteter Fuß- und Radweg in Freiburg

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Einsatz geeigneter Arten
Lärminderung	Pflege und Instandhaltung
Biodiversität	

Synergien und Herausforderungen



K 16

HALTESTELLEN UND WARTEBEREICHE BEGRÜNEN UND BESCHATTEN

Was ist damit gemeint?

Haltestellen und Wartebereiche sind häufig stark frequentiert und zudem Orte, an denen sich Menschen auch über längere Zeiträume aufhalten (müssen). Aus diesem Grund ist es besonders wichtig in diesen Bereichen ein möglichst optimales Klima zu schaffen und die Hitzebelastung der Wartenden möglichst gering zu halten.

Details und Wirkung der Maßnahme

Idealerweise besteht so ein Haltestellen- und Wartebereich deshalb nicht nur aus einem kleinen Wartehäuschen an der Straße, sondern weist auch noch andere Elemente auf, die die klimatische Belastung senken. Ist das Platzangebot etwas größer sollte eine Beschattung der Fläche im Idealfall durch Bäume und Büsche gegeben sein und genügend Schattenplätze für alle Wartenden bieten, am besten mit Sitzmöglichkeiten in Form von Bänken. Der Bereich kann dann ähnlich wie ein Pocket Park gestaltet werden. Die Nutzung von Vegetation zur Beschattung hat gleichzeitig den Vorteil, dass auch die Verdunstungskühle einen Beitrag zur Senkung der Temperaturen leistet. Wird diese Art der Beschattung mit Elementen der technischen Beschattung kombiniert bietet sich zugleich auch ein effektiver Regenschutz.

Durch die Begrünung und Beschattung wird nicht nur die Hitzebelastung für Wartende reduziert, auch der gesamte Straßenzug heizt sich durch die verminderte Einstrahlung weniger auf, was einen Beitrag zur Reduktion der städtischen Hitzeinsel in der Nacht leistet. Begrünte Haltestellen und Wartebereiche fügen sich zusätzlich gut in den begrünten Straßenraum ein und bieten somit einen Trittstein für einfließende Kaltluft.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Die in Freiburg meist in der Mitte von Fahrbahnen angelegten Stadtbahngleise sind häufig ausschließlich mit Wartehäuschen ausgestattet und bieten ein sehr hohes Begrünungs- und Verschattungspotenzial. Dagegen profitieren aufgrund der günstigeren Straßenrandlage Bushaltestellen von den bereits im Straßenbegleitgrün enthaltenen Verschattungselementen.



Beschattete Haltestelle und Wartebereich in Freiburg



Schattenspendender Baum an einem Ampelübergang in Hannover

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Einsatz geeigneter Arten
Lärminderung	Pflege und Instandhaltung
Biodiversität	

Synergien und Herausforderungen



K 17

PARKPLÄTZE BEGRÜNEN UND VERSCHATTEN

Was ist damit gemeint?

Die Beschattung und Begrünung von Parkplätzen sorgt für ein besseres Lokalklima in diesen Bereichen. Davon profitieren nicht nur die geparkten Autos, sondern auch die umliegend wohnende Bevölkerung.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die zumeist ungehinderte Einstrahlung auf Parkplätzen führt tagsüber zu einer hohen Wärmebelastung auf der Fläche. Die hohe Wärmespeicherkapazität des Bodenbelags (Asphalt, Beton, Schotter) kann darüber hinaus auch die Abkühlung in den angrenzenden Wohngebieten verringern.

Der Einsatz von Vegetation kann diese Effekte reduzieren. Zusätzlich wird die Wärmeemission der an- und abfahrenden Kraftfahrzeuge durch Verschattung und Verdunstungskühlung kompensiert und gleichzeitig der Aufheizung der PKW-Innenräume vorgebeugt. Alternativ oder ergänzend können Überdachungen, Sonnensegel oder ähnliche Schatten spendende Vorrichtungen eingesetzt werden. Bei entsprechender Eignung können solche baulichen Verschattungsvorrichtungen mit Photovoltaikmodulen ausgestattet werden und dadurch zusätzlich einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Aufgrund der fehlenden Verdunstung, ist ihre Wirkung im Vergleich zu Bepflanzungen jedoch herabgesetzt. Darüber hinaus übernehmen Bäume und Sträucher im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoff-

fen und verbessern dadurch die Luftqualität. Durch die Begrünung wird das Gelände ästhetisch aufgewertet.

Eine weitere Möglichkeit die klimatische Situation auf Parkplatzflächen zu verbessern ist die Entsiegelung und Erhöhung des Rasenanteils. Für die Gestaltung der Parkflächen gibt es viele Möglichkeiten, wie Pflasterrasen, Rasengittersteine, Schotterrassen etc. Die Ausgestaltung hängt im Einzelfall von der jeweiligen Nutzung und Belegung der Stellplätze ab. Der höhere Grünanteil und die erhöhte Verdunstung führen zu einer geringeren Aufheizung des Bodens und verbessern so das Mikroklima auf dem Parkplatz und in der unmittelbaren Umgebung.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Das Potenzial zur Verschattung und Begrünung von Parkplätzen ist in Freiburg sehr hoch und besteht grundsätzlich für alle thermisch belasteten Flächentypen. Insbesondere Parkplatzflächen von Industrie- und Gewerbegebieten sind bisweilen sehr stark versiegelt und nur gering bis nicht begrünt oder verschattet. In dem Gewerbegebiet der Unterwiehre wurde beispielsweise ein Parkplatz nachträglich mit Rasengittersteinen versehen und mit Bäumen bepflanzt.



Verschattung eines Parkplatzes in Freiburg



Umgestaltung eines Parkplatzes mit Rasengittersteinen und Baumpflanzung in dem Gewerbegebiet Unterwihre

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität	Genügend Kronen- und Wurzelraum
Hochwasserschutz/Regenwasserversickerung	Einsatz geeigneter Arten
Biodiversität	Pflege und Instandhaltung
	Verkehrssicherheit

Synergien und Herausforderungen



K 18

UNTERBAUUNG VON GRÜN- FLÄCHEN BEGRENZEN ODER KLIMAGERECHT GESTALTEN

Was ist damit gemeint?

Eine Unterbauung von Grünflächen zum Beispiel in Innenhöfen, ist immer ein Eingriff in den Bodenhaushalt und hat damit auch Einfluss auf das Mikroklima in diesem Bereich. Ist eine Unterbauung der Flächen nicht zu vermeiden, sollte auf einen möglichst naturnahen Dachaufbau geachtet werden.

Details und Wirkung der Maßnahme

Die Unterbauung von Grünflächen oder Hinterhöfen, meist in Form von Tiefgaragen, führt zu einer zusätzlichen Versiegelung von klimatisch wirksamen Flächen. Durch diese Unterbauung werden die natürlichen Bodenfunktionen insofern eingeschränkt, dass das Retentionsvermögen des Bodens bei Niederschlagsereignissen herabgesetzt und die Grundwasserneubildung verhindert wird. Des Weiteren wird ein schneller oberflächlicher Abfluss des Niederschlags mit seinen negativen Folgen wie Hochwässern und Erosion begünstigt. Das durch die fehlende Wasserspeicherung reduzierte Verdunstungspotenzial am Boden und hohe Oberflächentemperaturen führen zu einer Zunahme der thermischen Belastung.

Entsprechend wichtig ist es, solche Unterkellerungen sofern möglich zu vermeiden oder zumindest durch eine Begrünung der Überdachung von Tiefgaragen klimagerecht zu gestalten. Dies lässt sich mit einem Bodenaufbau über dem Dach von mindestens 60 cm bewerkstel-

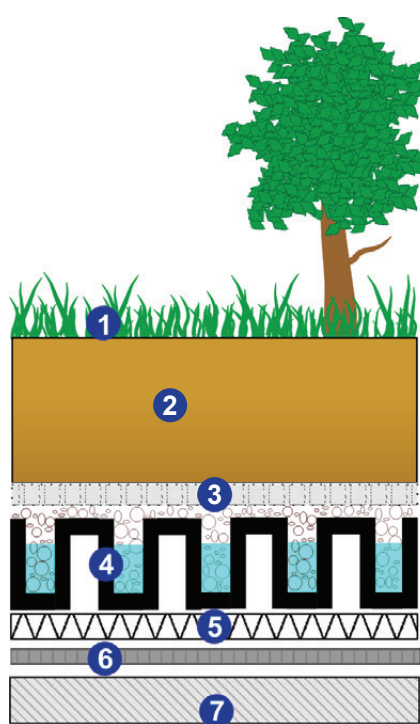
ligen, sodass eine intensive Begrünung und die Nutzung von anfallendem Niederschlagswasser für eine Bewässerung bei Hitze möglich sind. Eine Bepflanzung mit schattenspendenden großkronigen Bäumen ist bei solch einer geringen Substratschicht nicht möglich. Hierfür müssen im Bereich der Tiefgaragen Areale mit Bodenanschluss ausgegrenzt werden. Ein Hof sollte daher möglichst nicht vollflächig unterbaut werden.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Im Rahmen von Neubauprojekten mit Tiefgaragen werden zu den Bebauungsplänen in der Stadt Freiburg regelmäßig textliche Festsetzungen zu deren Begrünung erlassen. In einem Neubaugebiet an der Richard-Ku- enzer-Straße in der Wiehre beispielsweise wurde eine Begrünung der Tiefgaragendächer mit einer Substratschicht von 40 cm festgesetzt, so dass die darüber liegenden Gärten begrünt werden konnten. In dem Baugebiet Gutleutmatten wurde mit einer Substratschicht von 50 cm und im Bereich von Baumpflanzungen von 80 cm eine intensive Begrünung aller Tiefgaragendächer inklusive Drainage festgesetzt.



Tiefgarage mit Gartendach in Kaarst



Schema einer Tiefgaragenbegrünung

- ① Vegetation
(Gräser, Stauden, Sträucher, Bäume)
- ② Bodensubstrat
- ③ Filtervlies
- ④ Drän- und Wasserspeicherelement
- ⑤ Schutz- und Speichervlies
- ⑥ Wurzelfeste Abdichtung
- ⑦ Tragkonstruktion

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz/Re- genwasserversickerung	Einsatz geeigneter Arten
Verbesserung der Luft- qualität	Pflege und Instandhal- tung
Biodiversität	Nutzungskonflikte
Erholungsraum für An- wohner	

Synergien und Herausforderungen



K 19

ANLAGE VON ERLEB- UND NUTZBAREN BEWEGTEN WASSERELEMENTEN IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Was ist damit gemeint?

Erleb- und nutzbare Wasserelemente können ganz unterschiedlich ausgestaltet sein. Es gibt die klassischen Brunnen, Wasserspiele oder Fontänen, die häufig in Innenstädten zu finden sind. Teiche (mit Stegen), Bäche oder Rinnen sowie Wasserspielplätze gehören ebenfalls dazu, wie Regenrückhaltebecken oder künstliche Wasserfälle. Das Erleben gestaltet sich dementsprechend unterschiedlich von dem direkten Kontakt bis zu dem Betrachten oder „Begehen“.

Details und Wirkung der Maßnahme

Offene Wasserflächen weisen eine positive Wirkung auf die thermische Situation auf. Dies gilt insbesondere für die Tagsituation. Hier findet Verdunstung statt, die Energie in Form von Wärme aus der umgebenden Luft benötigt und diese dadurch abkühlt („Verdunstungskühlung“). Je größer die Wasseroberfläche, desto stärker ist die kühlende Wirkung. Bewegtes Wasser erzielt eine stärkere kühlende Wirkung als stehendes Gewässer, da die verdunstungsfähige Oberfläche bei der Bewegung vergrößert wird (Xue et al. 2014). In Sommernächten verbessern insbesondere stehende Wasserflächen aufgrund ihrer hohen spezifischen Wärmekapazität hingegen eher nicht den thermischen Komfort. Während langer Wärmeperioden können sie in den Nachtstunden sogar wärmer werden als die umgebende Luft und somit deren Abkühlung verringern (Kuttler 2013).

Werden die Wasserelemente als erlebbare Spielbereiche im öffentlichen Raum umgesetzt, können sie an heißen Tagen durch den direkten Kontakt mit dem Wasser zusätzlich zu einer Kühlung der Nutzer beitragen.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

Das bekannteste Beispiel für erlebbare bewegte Wasserelemente sind die Freiburger Bächle. Der überwiegende Teil, der in der Altstadt befindlichen kleinen Wasserstraßen verläuft oberirdisch. Sie werden von dem kühlen Wasser aus der Dreisam gespeist und tragen zu der Verbesserung des Stadtklimas bei. Während anhaltender Hitzeperioden fallen die Bächle allerdings aufgrund der Niedrigwasserstände der Dreisam regelmäßig trocken, wodurch der kühlende Effekt der Bächle ausbleibt. Wasserspiele auf neu angelegten Plätzen, wie dem Platz der Alten Synagoge in der Innenstadt und dem Maria-von-Rudloff-Platz in dem Stadtteil Rieselfeld, sorgen für Erfrischung.

Weitere Abkühlungsmöglichkeiten bestehen an, für die Bevölkerung zugänglich gemachten, Bachlauf-Abschnitten. Beispiele hierfür sind der Haslacher Dorfbach, der Dorfbach in dem Stadtteil Vauban und die Dreisam an den Kartauswiesen.



Wasserspiel auf dem Platz der Alten Synagoge in Freiburg



Brunnen in Freiburg

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz (Speicherung von Niederschlagswasser)	Siedlungsdruck/Platzbedarf
Biodiversität	Erhöhung der Umgebungstemperaturen nachts

Synergien und Herausforderungen



K 20

ENTWÄSSERUNGSKONZEPTE IMPLEMENTIEREN (VERSICKERUNG, SPEICHE- RUNG USW.)

Was ist damit gemeint?

Dezentrale Entwässerungssysteme für Regenwasser bieten die Möglichkeit, das anfallende Niederschlagswasser über offene Systeme zu versickern. Mit innovativen Entwässerungslösungen wie Versickerungsmulden, Mulden-Rigolen-Systemen, Mulden-Rigolen-Tiefbeeten oder Baum-Rigolen lässt sich Niederschlagswasser von Dächern und Straßen sammeln, gezielt zwischenspeichern, versickern und über die Vegetation verdunsten. Gleichzeitig wird die Kanalisation entlastet.

Details und Wirkung der Maßnahme

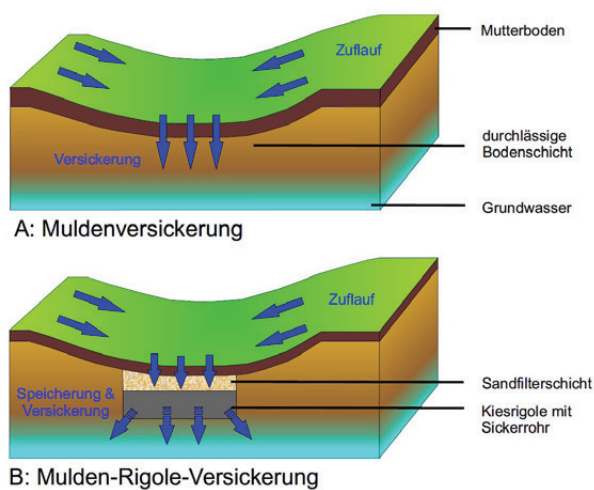
Die Entwässerungsflächen stehen als Grünflächen zur Verfügung und können über die große Verdunstung in diesem Bereich durch die Verdunstungskühlung zu einer Optimierung des Stadtklimas beitragen. Oft können Teile des Versickerungssystem auch als Erholungsraum (in Trockenphasen) dienen und zum Teil sinnvoll in Parks oder Spielplätze integriert werden. So bietet die Umsetzung von alternativen Entwässerungskonzepten einen vielfältigen Nutzen für das Stadtklima und die Stadtbevölkerung.

Beispiele und Potenziale in Freiburg

In dem Stadtteil Vauban findet ein Mulden-Rigolen-System Verwendung. Da aufgrund der Bodenverhältnisse das Regenwasser hier nur schlecht versickern kann, wird es über größtenteils offene Rinnen zu zwei großen Sammelgräben geführt, welche mit einem Rigolensystem ausgestattet sind. Das Wasser wird zwischengespeichert und in den Untergrund versickert oder gedrosselt dem Vorfluter (St. Georgener Dorfbach) zugeführt.



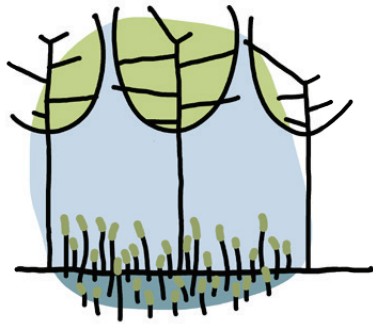
Muldenversickerung in dem Stadtteil Vauban



Schema eine Mulden- und Mulden-Rigolen-Versickerung

Synergien	Herausforderungen
Verbesserung der Luftqualität Hochwasserschutz (Speicherung von Niederschlagswasser) Biodiversität	Platzbedarf/Nutzungskonflikte Pflege und Instandhaltung

Synergien und Herausforderungen



K 21

INTEGRIERTE BEWÄSSE- RUNGSKONZEPTE FÜR GRÜN- FLÄCHEN IMPLEMENTIEREN

Was ist damit gemeint?

Mit Hilfe integrierter Bewässerungskonzepte lässt sich das überschüssige Regenwasser von Dächern oder Straßen in Zisternen sammeln und steht so in Trockenzeiten für die Bewässerung von Grün- und Parkflächen zur Verfügung. Alternativ können auch Regenrückhaltebecken oder Seen das Regenwasser auffangen. Über Pumpsysteme kann das Wasser auf die entsprechenden Flächen gelangen. Verschmutztes und verunreinigtes Wasser muss separat behandelt werden und zum Beispiel über Schilfkläranlagen oder Retentionsbodenfilter gereinigt werden.

Details und Wirkung der Maßnahme

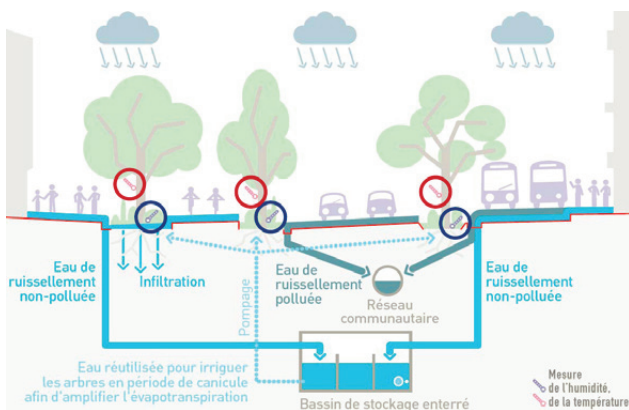
In Zeiten der steigenden Hitzebelastung sind viele innerstädtische Grünflächen auf eine Bewässerung angewiesen. Außerdem können sie ihre volle bioklimatische Wirkung nur bei ausreichender Wasserversorgung entfalten. Gleichzeitig kommt es aufgrund des Klimawandels immer häufiger zu Starkniederschlägen, die über die Speichersysteme abgefangen und zwischengespeichert werden können.

Beispiele und Potenziale

In der Rue Garibaldi in Lyon, Frankreich, wurde ein Bewässerungssystem integriert, bei welchem Regenwasser von Fuß- und Radwegen über Grünstreifen versickert. Überschüssiges Wasser wird hierbei in unterirdische Zisternen abgeleitet und gespeichert. Mittels der in den Grünstreifen installierten Feuchtigkeitssensoren wird die Bewässerung bedarfsgerecht gesteuert.



Regenwasserkonzept am Potsdamer Platz in Berlin



Umbau der Rue Garibaldi mit Versickerungs- und Bewässerungsmanagementsystem in Lyon

Synergien	Herausforderungen
Hochwasserschutz (Speicherung von Niederschlagswasser)	Pflege und Instandhaltung
Biodiversität	

Synergien und Herausforderungen



Schrägluftbild der Stadt Freiburg

5.3 Hinweise zur Umsetzung

Entscheidend für die zukünftige Wirksamkeit des Klimaanpassungskonzepts wird es sein, die richtigen Ansatzpunkte und Hebel für die Umsetzung der räumlichen Maßnahmen und für die Aktivierung der Beteiligten und Betroffenen zu identifizieren und gezielt anzuwenden. Dabei können mit **Prozess, Instrumente** und **Akteure** drei grundsätzliche Ebenen angesprochen werden. Im Folgenden werden diese Ebenen kurz skizziert und mögliche Ansätze stichpunktartig zusammengefasst.

Die **Prozessebene** fokussiert Vorgehensweisen oder Haltungen, die einen positiven und zukünftig selbstverständlichen Umgang mit dem Thema Klimaanpassung fördern. Sie umfasst insbesondere die Integration klimarelevanter Aspekte in politische, verwaltungsinterne oder interdisziplinäre planerische Abläufe, aber auch die gezielte Nutzung von Synergien und sogenannten „Huckepack-Verfahren“, bei denen klimarelevante Maßnahmen an andere, ohnehin laufende Verfahren mit meist nur geringen Mehrkosten „angehängt“ werden und damit viel Wirkung entfalten können.

Auf Ebene der **Instrumente** kann die Umsetzung des Klimaanpassungskonzepts in den verschiedenen formellen und informellen Instrumenten der räumlichen und der Fachplanung verankert werden. Zu den formellen Instrumenten zählt dabei insbesondere die Bauleitplanung mit Flächennutzungsplan und Bebauungsplänen. Aber auch über Satzungen oder gar den Denkmalschutz lassen sich Maßnahmen der Klimaanpassung realisieren. Informelle Instrumente, wie beispielsweise Leitbilder oder

Masterpläne eignen sich besonders gut für die Integration von relevanten Inhalten zur Hitzeminderung. Auch in den Instrumenten der Fachplanung, etwa in Plänen und Programmen von Tiefbau, Stadtentwässerung oder Umwelt- und Naturschutz, können hitzemindernde Belange meist Mehrwert generierend implementiert werden.

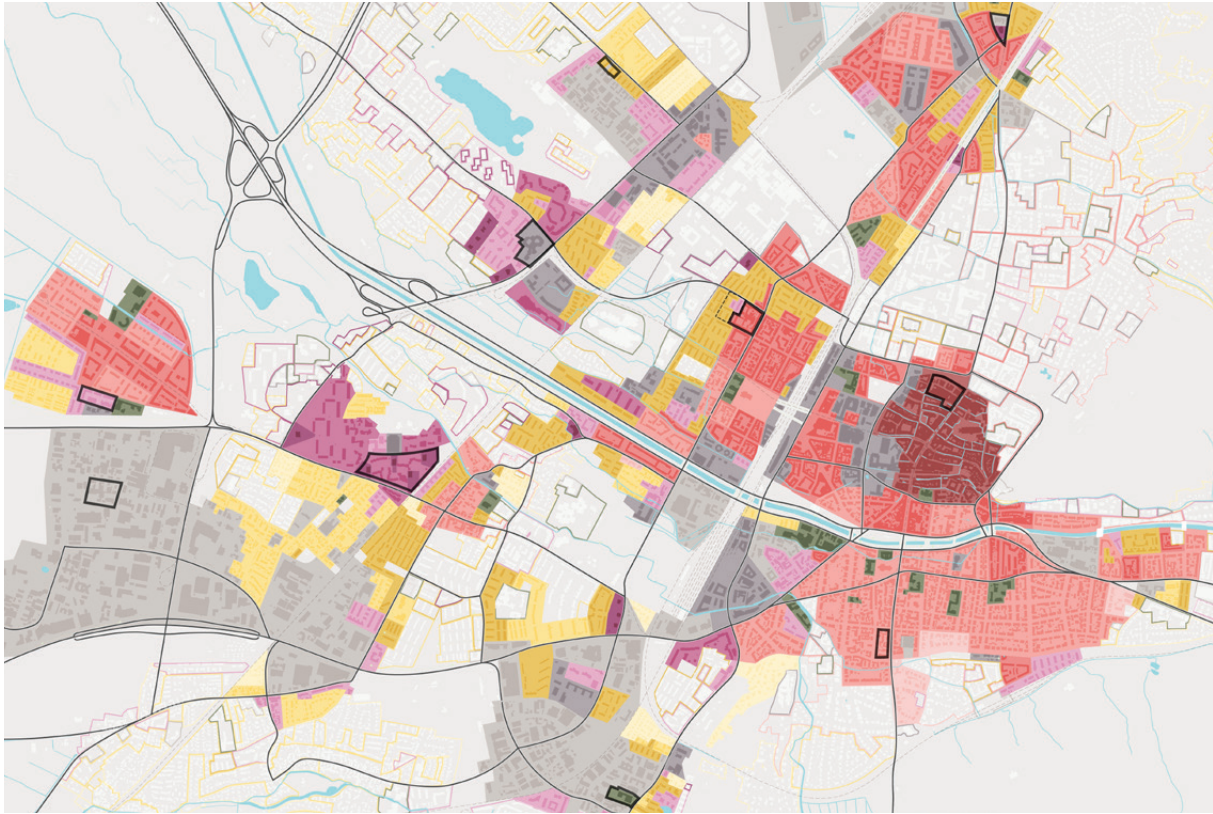
Die **Akteursebene** enthält diejenigen Ansätze, die zur Aktivierung bestimmter Akteursgruppen förderlich sein können und reicht von der gezielten Kooperation der öffentlichen Hand mit Eigentümern, deren Beratung und (auch finanziellen) Förderung bis hin zu dem wichtigen Punkt Sensibilisierung und Wissensvermittlung, der sich auf vielfältige Weise an die unterschiedlichsten Gruppen der Stadtgesellschaft wenden kann - von der Grundschule bis zum Seniorenbeirat. Einen proaktiven und sehr sichtbaren Ansatz stellt zudem das vorbildliche Handeln der Stadt auf eigenen Flächen und an eigenen Liegenschaften dar, mit dem beispielhaft gezeigt werden kann, was möglich ist, um Interessierte anzuziehen und Nachahmer zu finden.

Mit einer kontinuierlichen und konsequenten Einbindung in diese Ebenen kann die Anpassung an den Klimawandel weiter ihren Weg ins Denken und Handeln der Stadtentwicklung Freiburgs finden und so im städtischen Raum erleb- und spürbar werden.

PROZESS	
Politische Verankerung	Verankerung des Themas Hitzeanpassung auf politischer Ebene, z.B. in Schwerpunktprogramm; Klärung von Verantwortlichkeiten
Koordination und Integration	integriertes Vorgehen als fachübergreifendes Querschnittsthema; Klärung der Zuständigkeit; Einrichtung einer Koordinationsstelle
Integration in planerische Prozesse	Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses für Ziel der Klimaanpassung auf allen Ebenen
Synergien & „Huckepack-Verfahren“	gezielte Nutzung von Synergien mit anderen (Fach-) Planungen; Ankoppeln von Anpassungsmaßnahmen an ohnehin stattfindende Projekte zu geringem Mehraufwand

INSTRUMENTE	
<i>Formelle Instrumente</i>	
Darstellungen im Flächennutzungsplan/Landschaftsplan	z.B. Grün-, Wasser-, Abstands-, Ausgleichsflächen, ...
Festsetzungen in Bebauungsplänen	z.B. Art und Maß der baulichen Nutzung, Abstandsflächen, Grünflächen, Bäume, Wasser, Ausgleichsmaßnahmen, Pflanzbindungen, ...
Landesbauordnung	z.B. Abstandsflächen, Entwässerung, ...
Städtebauliche Verträge	
Satzungen	z.B. Gestaltungssatzung
ggf. auch Denkmalschutz	z.B. Boden- oder Gartendenkmale oder in Einzelfällen sogar Baudenkmale
<i>Informelle Instrumente</i>	
Gesamtheitliche oder fachbezogene Leitbilder, Strategien oder Masterpläne	z.B. Räumliches Leitbild, „Masterplan 2050“, Infrastrukturstrategien; Mobilitätskonzepte, ...
Städtebauliche Rahmenplanung	
Städtebauliche Wettbewerbe	Integration von Klimaanpassungszielen und -maßnahmen in Wettbewerbsprogramm und Aufgabenstellung
Fachplanungen und -konzepte	z.B. Grünplanung, Umweltplanung, ...
Standortsuchen	

AKTEURE	
Kooperation mit Eigentümern	frühzeitige Kontaktaufnahme zu Grundeigentümern, insb. in Hot-Spot-Bereichen; auch Sicherung öffentlicher Mehrwerte für Klimaanpassung
Partizipation der Betroffenen und diese so zu Akteuren machen	Einbeziehung der Bevölkerung, z.B. gemeinsame Erarbeitung von Ideen für Quartiere und deren gemeinsame Umsetzung
Beratung und (finanzielle) Förderung	z.B. wirkungsorientierte Bauherrenberatung; Aufzeigen von Handlungsmöglichkeiten; Einforderung projektspezifischer Aussagen zum Umgang mit Hitze; z.B. Anreize zur Erreichung von Qualitätszielen auf privaten Flächen wie Dachbegrünungsstrategie, aber auch Auszeichnungen für vorbildliche Projekte
Sensibilisierung und Wissensvermittlung	z.B. Kommunikationsstrategie; gezielte Kampagnen; Klima-Führungen; Schulklassen-Wettbewerbe; Medienstrategie; spielerisches Herangehen
Bei eigenen Flächen und Gebäuden vorbildlich umsetzen und aktiv Ergebnisse zeigen	z.B. Hitzeminderungsmaßnahmen an eigenen Gebäuden, in Straßenräumen, auf Plätzen oder Grünräumen implementieren und damit aktiv an die Öffentlichkeit gehen



Die Stadtstrukturtypen Freiburgs und ihre jeweiligen Fokusgebiete

5.4 Maßnahmenpakete für Stadtstrukturtypen (SST) anhand Fokusgebiete

Jedem von dem Hitzestress betroffenen Stadtstrukturtyp lässt sich jetzt ein eigenes passendes Paket aus dem Katalog der strategischen Leitsätze und konkreten Maßnahmen zuordnen. Die nebenstehende Matrix zeigt eine entsprechende Übersicht der Pakete. Die meisten Maßnahmen tauchen dabei in vielen Strukturtypen auf, andere eher vereinzelt.

Die Stadtstrukturtypen 01 [freistehende Einfamilienhäuser], 02 [kompakte Reihenhäuser] und 04 [Stadt villen] tauchen hier nicht auf, da sie in dem Planungszeitraum nicht betroffen sind. Selbstverständlich können jedoch auch dort Anpassungsmaßnahmen wirkungsvoll umgesetzt werden.

Anhand der in Kapitel 4 festgelegten Fokusgebiete wird eine individuelle und räumlich konkrete Maßnahmenumsetzung exemplarisch vorgenommen und verständlich visualisiert, um Möglichkeiten und Machbarkeiten aufzuzeigen.

Die Fokusgebiete als beispielhafte Stellvertreter ihres Stadtstrukturtyps werden einschließlich der spezifischen Maßnahmenumsetzung auf den folgenden Doppelseiten steckbriefartig vorgestellt. Die Beschreibung gliedert sich dabei in drei Abschnitte:

- › Die **Charakterisierung** des Stadtstrukturtyps zeigt die wesentlichen Merkmale bezogen auf die Bebauungs-, Freiraum- und Nutzungsstruktur auf und nimmt eine stadtklimatische Einschätzung vor.
- › Das typspezifische **Maßnahmenpaket** geht auf die relevantesten Maßnahmen für die Stadt- und Gebäudestruktur, das Grün- und Freiraumsystem, die Mobilität und das Thema Wasser ein.
- › Schließlich erfolgen eine Einschätzung der **Übertragbarkeit** der Maßnahmen, der Spannweite der Diversität sowie stadtklimatische Empfehlungen.

Die auf die Fokusgebiete bezogenen Maßnahmenpakete sind zwar raumkonkret und individuell auf den jeweiligen Standort zugeschnitten. Sie sind aber exemplarisch gemeint und damit im Prinzip auch auf alle anderen Quartiere desselben Stadtstrukturtyps übertragbar.

Farbig hinterlegt: 1.1 angewandte Maßnahmen; Grau hinterlegt: 1.1 nicht angewandte Maßnahmen

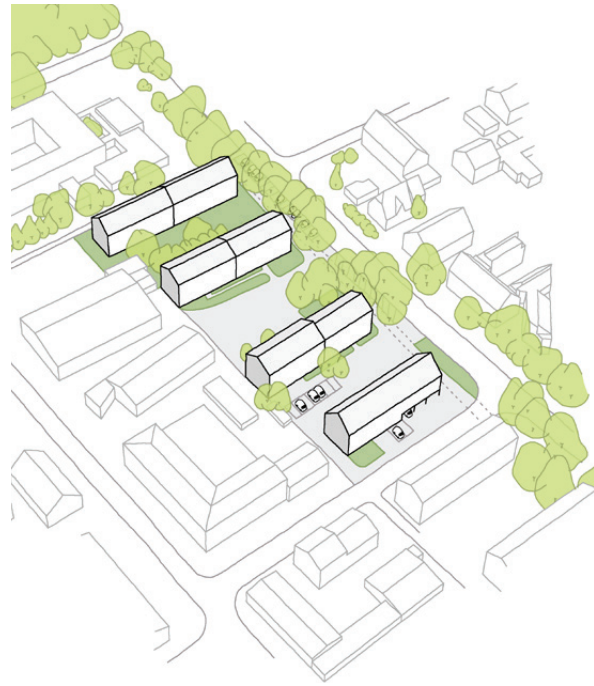
Legende II Maßnahmen: siehe S. 206

SST 03	SST 05	SST 06	SST 07	SST 08	SST 09 und 10	SST 11	SST 12	SST 13	SST ÖR	
1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	Strategische Leitsätze
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	
3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	
4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	Konkrete lokale Maßnahmen
K2	K2	K2	K2	K2	K2	K2	K2	K2	K2	
K3	K3	K3	K3	K3	K3	K3	K3	K3	K3	
K4	K4	K4	K4	K4	K4	K4	K4	K4	K4	
K5	K5	K5	K5	K5	K5	K5	K5	K5	K5	
K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	
K7	K7	K7	K7	K7	K7	K7	K7	K7	K7	
K8	K8	K8	K8	K8	K8	K8	K8	K8	K8	
K9	K9	K9	K9	K9	K9	K9	K9	K9	K9	
K10	K10	K10	K10	K10	K10	K10	K10	K10	K10	
K11	K11	K11	K11	K11	K11	K11	K11	K11	K11	
K12	K12	K12	K12	K12	K12	K12	K12	K12	K12	
K13	K13	K13	K13	K13	K13	K13	K13	K13	K13	
K14	K14	K14	K14	K14	K14	K14	K14	K14	K14	
K15	K15	K15	K15	K15	K15	K15	K15	K15	K15	
K16	K16	K16	K16	K16	K16	K16	K16	K16	K16	
K17	K17	K17	K17	K17	K17	K17	K17	K17	K17	
K18	K18	K18	K18	K18	K18	K18	K18	K18	K18	
K19	K19	K19	K19	K19	K19	K19	K19	K19	K19	
K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20	
K21	K21	K21	K21	K21	K21	K21	K21	K21	K21	
G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	Gebäudemassnahmen
G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	G2	
G3	G3	G3	G3	G3	G3	G3	G3	G3	G3	
G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	
G5	G5	G5	G5	G5	G5	G5	G5	G5	G5	
G6	G6	G6	G6	G6	G6	G6	G6	G6	G6	
G7	G7	G7	G7	G7	G7	G7	G7	G7	G7	

Maßnahmenmatrix



Zeilenbebauung in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 03: Zeilenbebauung in Mooswald Ost

SST 03 „ZEILENBEBAUUNG“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › Bebauungsstruktur: Zusammenhängende zeilenförmige Gebäudetypen, die meist mehrere Einzelgebäude in Geschosswohnungsbauweise verketteten. Sie sind oft als größere Einheiten geplant und zwischen 3- und 6-geschossig. Meistens stehen die Gebäude parallel zueinander und giebelständig zur Straße hin, vereinzelt positionieren sie sich jedoch auch hofbildend.
- › Freiraumstruktur: Die Erschließung erfolgt meistens über Fußwege. Geparkt wird an der Straße, auf Gebäude zugehörigen, kleineren Parkplatzflächen oder vereinzelt auch in Sammelgaragen. Zwischen den Gebäuden sind großzügige Abstandsflächen vorhanden, die gemeinschaftlich genutzt werden und auf denen oft viele Bäume vorzufinden sind.
- › Nutzungsstruktur: Überwiegende Wohnbebauung mit eingestreuten Garagen und vereinzelt eingestreuten Läden und Geschäften.
- › Stadtklimatische Einschätzung: Die Zeilenbebauung wird meist von relativ vielen Grünflächen umgeben, die sich durch den Abstand zwischen den Gebäudekörpern ergeben. Sind die Gebäude parallel zu der Fließrichtung der Frisch- und Kaltluft ausgerichtet, begünstigt dieser Stadtstrukturtyp, dass der Siedlungsraum durchlüftet wird. Bei entsprechender Flächengröße können die Grünflächen und Freiräume zu der lokalen Kaltluftentstehung beitragen.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Zeilenbebauung“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Die Potenziale des Stadtstrukturtyps liegen hierbei bei der Aktivierung der Abstandsflächen und einer klimagerechten Gebäudeoptimierung.

- › Grün- und Freiraumsystem:
 - Luftleitbahnen für eine optimale Luftzirkulation schützen und schaffen (K1)
 - Freiflächen anlegen und verschatten, dabei auf die Wahl von Flächenmaterialien mit geringen Wärmeleit- und Speicherkapazitäten achten (K2, K4, K6)
- › Stadt- und Gebäudestruktur:
 - Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte optimieren und Öffnung zu Freiräumen für eine bessere Durchlässigkeit von Frischluft beachten (K7, K8)
 - Bei Bedarf Entdichtung vornehmen, um Flächen zu begrünen oder zu entsiegeln (K9, K10, K11)
 - Gebäude verschatten und klimagerecht optimieren (G3, G4, G6)
- › Mobilität:
 - Ruhenden Verkehr durch grüne Parkierung und eine flächensparende Mobilitätsinfrastruktur klimagerecht gestalten (K13, K17, K18)
 - Grünanteil in Verkehrsräumen erhöhen, somit auch Fuß- und Radwegenetze sowie Haltebereiche verschatten (K14, K15, K16)



Fokusgebiet SST 03: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

> Wasser:

- Be- und Entwässerungskonzepte für grüne Freiräume einrichten, um neue Grünflächen langfristig zu erhalten (K20, K21)

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Die Beispiele der Freiburger Zeilenbebauung unterscheiden sich insoweit, dass die Gebäude verschieden lang und jeweils unterschiedlich angeordnet sind. Die Abstandsflächen können in ihrer Oberfläche, Ausstattung sowie Bepflanzung variieren. Da sich die Zeilenbebauungen aber grundsätzlich ähneln, lässt sich das Stadtstrukturtyp spezifische Maßnahmenpaket gut übertragen.

Aus stadtklimatischer Sicht ist die Zeilenbebauung als städtebauliche Form bei Neuentwicklungen gut geeignet, da sie von sich aus bereits viele Grünflächen aufweist. Wichtig ist, dass diese grünen Abstandsflächen mit ausreichend Pflanzen und beispielsweise Wasserelementen ausgestattet sind, um sie klimawirksam zu gestalten und für Bewohnerinnen und Bewohner nutzbar zu machen. Zudem sind die Bodenbeläge der Parkplatzflächen möglichst offen zu halten. Richtet man die Gebäude entlang der Luftströme aus, können sie die Umgebung kühlen.

Beispiele der „Zeilenbebauung“



Mooswald Ost

- > versiegelte und begrünte Abstandsflächen
- > lineare Bebauung



Haslach

- > langegezogene Baukörper
- > gemeinschaftlich nutzbare Grünflächen



Stühlinger

- > Hofbildende Anordnung
- > Vielfältige Freiflächennutzung



Offener Blockrand in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 05: Blockrand in Mittelwähre

SST 05 „OFFENER BLOCKRAND“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › **Bebauungsstruktur:** An Innenstadträndern vorkommender Blockrand, der an mehreren Seiten mit Öffnungen versehen ist. Die Hauptgebäude sind meist an den Blockecken positioniert und umschließen mit den anderen, einzeln oder in Gruppen stehenden Gebäuden einen Innenhof. Der offene Blockrand bildet eine durchlässige Typologie, die in Freiburg meistens 3 - 4 Vollgeschosse und eine abnehmende Körnung mit zunehmendem Abstand zum Zentrum aufweist.
- › **Freiraumstruktur:** Die offene Blockrandbebauung ist von allen Seiten durch unterschiedlich stark mit Bäumen bestandenen Straßenraum umschlossen. In Freiburg gibt es sowohl leicht bis stark baulich verdichtete Höfe als auch solche, die begrünt sind und über einen guten Baumbestand verfügen. Die Innenhofbereiche werden privat und/oder gemeinschaftlich genutzt.
- › **Nutzungsstruktur:** Die überwiegende Wohnbebauung wird teilweise durch gewerbliche Nutzungen ergänzt. Innen liegend finden sich eingestreute Garagen sowie Wohn- und Geschäftsgebäude.
- › **Stadtklimatische Einschätzung:** Im Gegensatz zu der geschlossenen Blockrandbebauung stellt die lockere Bebauung in aufgelösten Blockformen (je nach Ausrichtung) ein geringeres Austauschhindernis dar und lässt die nächtliche Luftzirkulation innerhalb des Quartiers im Wesentlichen zu. Grundsätzlich

speichert die hohe Baumasse viel Wärme und gibt diese in der Nacht an die umgebende Luft ab. Je bebauter und versiegelter die Innenhofbereiche sind, desto stärker wird die Wärmebelastung. Große grüne Inseln kühlen die Innenhöfe.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Offener Blockrand“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Dabei geht es darum, die vorhandenen Beton- und Steinflächen mit Pflanzen zu begrünen sowie die Gebäude klimawirksam anzupassen.

- › **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Freiflächen erhalten, neu anlegen und verschatten - im Blockinneren sowie im öffentlichen Raum - und somit lokale Erholungsräume schaffen (K2, K4)
 - Nahegelegene Wald- und Grünflächen besser vernetzen und erreichbar machen (K3)
- › **Stadt- und Gebäudestruktur:**
 - Gebäudestruktur klimagerecht optimieren (G1, G2, G3, G4, G6)
 - Vorhandene Innenhofbegrünung fortführen und Oberflächen entsiegeln (K10, K11)
 - Bäume pflanzen und damit Gebäude und Flächen verschatten (G3)
 - Neu- und Umbauten klimaoptimiert ausrichten und mögliche Gebäude rückbauen, um Innenhöfe zu öffnen (K7, K9)



Fokusgebiet SST 05: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2													
Konkrete lokale Maßnahmen	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	
Gebäudemaßnahmen	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7															

> Mobilität:

- Parkplatzflächen im Blockinneren begrünen (K17)
- Wartebereiche von Haltestellen verschatten und begrünen (K16)
- Fußgängern und Radfahrern ermöglichen, sich in durchgängig verschatteten Räumen aufzuhalten und zu bewegen (K15)

> Wasser:

- Be- und Entwässerungskonzepte für grüne Freiräume einrichten, um neue Grünflächen langfristig zu erhalten (K20, K21)

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Das Maßnahmenpaket für die offene Blockrandbebauung kann gut auf die verschiedenen Freiburger Beispiele dieses Typs übertragen werden. Die Baublöcke variieren vor allem darin, wie begrünt und dicht bebaut die Innenhöfe sind.

Der Stadtstrukturtyp kann als städtebauliche Form für Neuentwicklungen empfohlen werden, wenn die Blockrandbebauung entsprechend der Strömungsrichtung mit ausreichend großen Öffnungen versehen ist, um eine Durchlüftung und Kühlung von außen eindringen zu lassen. Auch sollten die Innenhöfe so wenig wie möglich bebaut, sondern möglichst zusammenhängend durchgrünt sein. Zudem helfen Bäume dabei die Umgebung zu verschatten und den Betroffenen Erholung zu bieten.

Beispiele des „Offenen Blockrands“



Mittelwähre

- > durchlässige Blockrandbebauung
- > hausgemeinschaftlich nutzbarer, begrünter Innenhof



Mittelwähre

- > dicht bebauter Innenhof
- > hoher Versiegelungsgrad

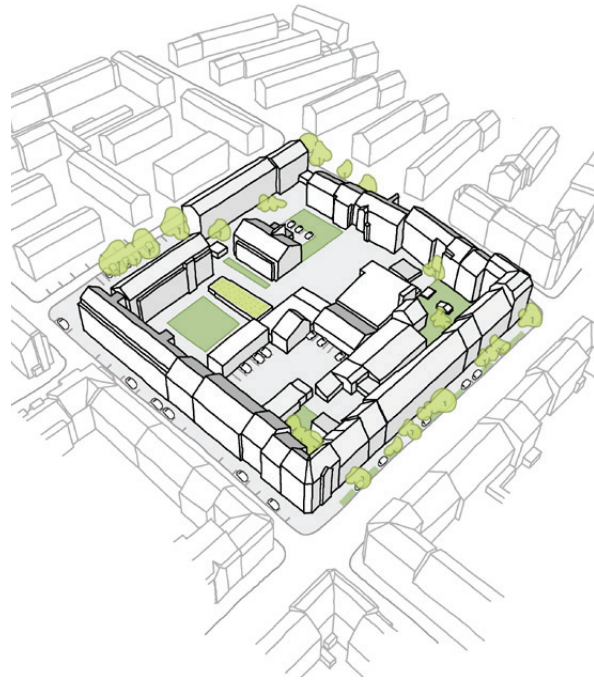


Rieselfeld

- > begrünter Innenhof
- > private und gemeinschaftliche Freiräume



Geschlossener Blockrand in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 06: Blockrand im Stühlinger

SST 06 „GESCHLOSSENER BLOCKRAND“

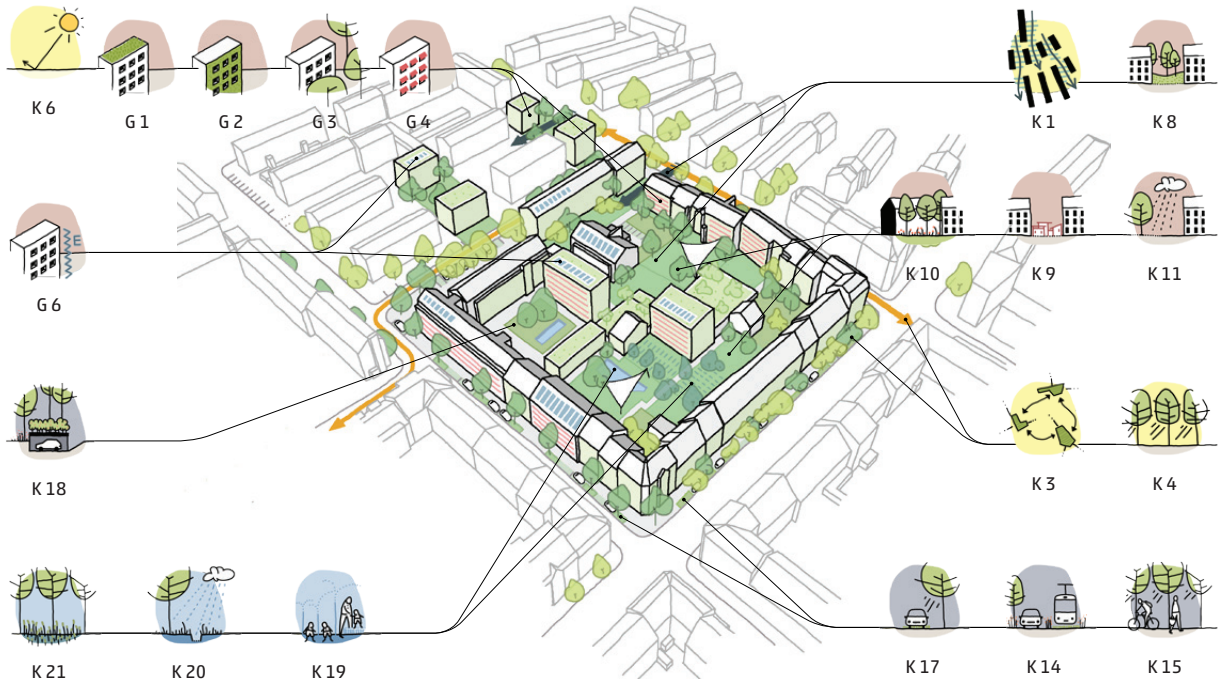
Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › **Bebauungsstruktur:** Alle Seiten eines Blocks sind weitgehend durch Gebäude geschlossen, die einen Innenhof einschließen und aus mehrgeschossigen Stadt-, Miets-, Wohn- und Geschäftshäusern bestehen. Die Typologie kommt vor allem im Zentrum vor. Die Gebäude haben überwiegend vier Vollgeschosse mit Dachaufbau.
- › **Freiraumstruktur:** Die Straßenräume sind hier weniger mit Bäumen gesäumt als bei der offenen Blockrandbebauung. Es wird überwiegend auf der Straße geparkt. Die Innenhöfe sind unterschiedlich stark verdichtet. Hier variiert es von großen, begrünten und luftigen Innenhöfen über stark versiegelte, teils gewerblich genutzte Flächen bis hin zu sehr verdichteten und engen Innenhöfen.
- › **Nutzungsstruktur:** Wohnbebauung mit Wohn-, Geschäfts- und in zentraler Lage liegenden Verwaltungsgebäuden. Blockinnenhöfe sind oft mit kleinen Betrieben, Garagen und Schuppen verdichtet.
- › **Stadtklimatische Einschätzung:** Die dicht bebaute und häufig auch stark versiegelte Siedlungsfläche reduziert das Luftaustauschvermögen. Da es an Kaltluft- und Frischluftzufuhr fehlt, führt dies tendenziell dazu, dass sich dieser Stadtstrukturtyp überhitzt. Je nachdem wie die Innenhöfe gestaltet sind, wird der Block thermisch entlastet oder bioklimatisch verschlechtert. Mikroklimatisch vielfältige Grünstrukturen können die Wärmebelastung, vor allem am Tag, reduzieren.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Geschlossener Blockrand“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Im Fokus steht die klimagerechte Optimierung von Flächen in den Blockinnenbereichen.

- › **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Freiflächen erhalten und anlegen und die Erreichbarkeit dieser zu (anderen) Wald- und Grünflächen verbessern (K2, K3)
 - Klimageeignete Flächenmaterialien einsetzen und die Verschattung im öffentlichen Raum erhöhen (K4, K6)
- › **Stadt- und Gebäudestruktur:**
 - Innen- und Hinterhöfe durch entsiegeln, begrünen und bei Bedarf entdichten abkühlen (K9, K10, K11)
 - Nach Möglichkeit Öffnungen zu Freiräumen für eine bessere Durchlüftung optimieren (K1, K8)
- › **Mobilität:**
 - Den Langsamverkehr durch einen erhöhten Grünanteil in den Verkehrsräumen, verschattete Rad- und Fußwegenetze sowie begrünte Wartebereich optimieren (K14, K15, K16)
 - Klimagerechte Gestaltung des ruhenden Verkehrs durch begrünte und entsiegelte Parkplätze (K17)
- › **Wasser:**
 - Stadtentwässerung und Stadtklima durch integrierte Be- und Entwässerung strategisch zusammendenken (K20, K21)



Fokusgebiet SST 06: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

- Erleb- und nutzbare Wasserelemente im öffentlichen Raum anlegen (K19)

Beispiele des „Geschlossenen Blockrands“

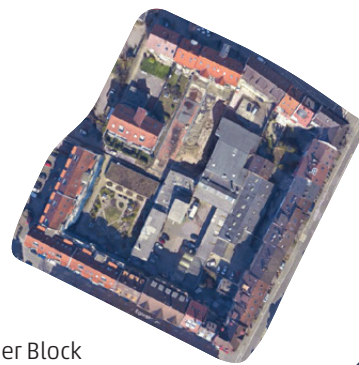
Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Dieser Stadtstrukturtyp weicht darin voneinander ab, dass die Blöcke verschieden groß und die Innenhöfe anders ausgeprägt sind. Besonders neuere Entwicklungen verfügen bereits über mehr Grünflächen und Bäume, weshalb diese Blöcke weniger klimatisch angepasst werden müssen. Das spezifische Maßnahmenpaket ist insofern übertragbar, dass alle Beispiele dieses Typs vor ähnlichen Herausforderungen stehen - jedoch unterschiedlich stark.

Der geschlossene Blockrand ist aus stadtklimatischer Sicht als städtebauliche Form für Neuentwicklungen nur bedingt geeignet, da die kompakte Bebauung nur schwer ausreichend zu entlasten ist. Wird darauf geachtet, das Blockinnere höchst klimawirksam zu gestalten - mithilfe von Entsiegelung, Begrünung und Verschattung - kann dieser Stadtstrukturtyp in Betracht gezogen werden. Ist es aus stadtgestalterischer Sicht vertretbar, sollte in besonders belasteten Bereichen der offene Blockrand vorgezogen werden, da die Durchlüftung günstiger und die klimatische Belastung geringer ist.

Stühlinger

- > weitläufiger Block
- > teils stark bebauter Innenhof



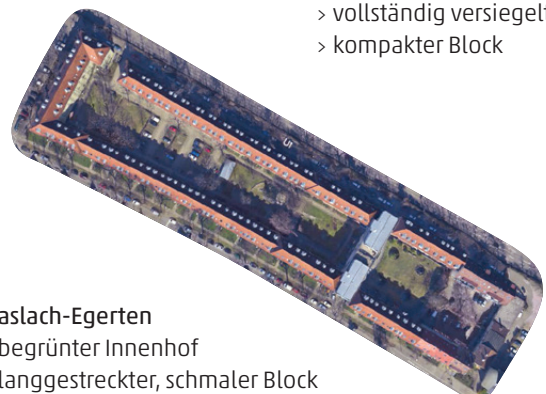
Altstadt

- > vollständig versiegelt
- > kompakter Block



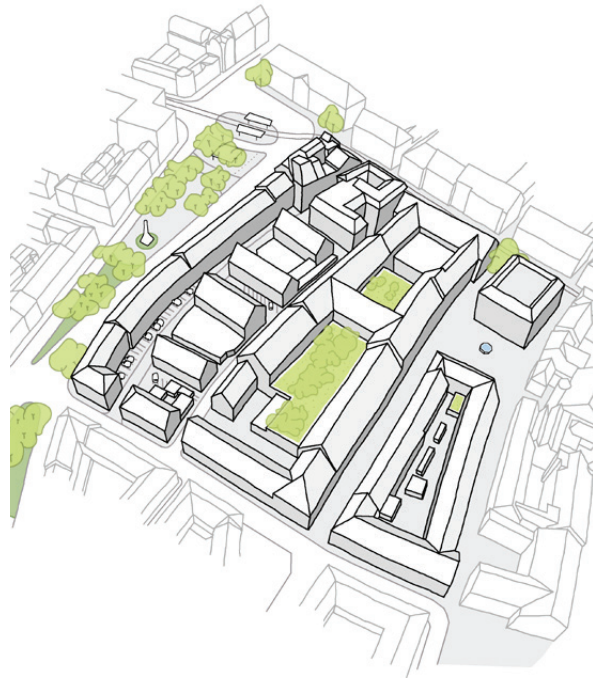
Haslach-Egerten

- > begrünter Innenhof
- > langgestreckter, schmaler Block





Kernstadtbereich/Altstadt in der Gesamtstadt
Freiburg



Fokusgebiet SST 07: Kernstadtbereich in der Altstadt

SST 07

„KERNSTADTBEREICH/ALTSTADT“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › **Bebauungsstruktur:** Der Freiburger Kern weist eine dichte, historisch gewachsene und kleinteilig parzellierte Bebauungsstruktur mit vorwiegend 3 bis 4, teilweise auch 5 und mehr Geschossen auf. Besonders prägen Gebäude mit vier Sichtgeschossen plus Dachaufbau das Stadtbild. Ein engmaschiges Straßennetz durchzieht die Baublöcke, das straßenbündig bebaut ist. Geschlossene Randbebauungen mit stark überbauten Innenhöfen dominieren.
- › **Freiraumstruktur:** Die öffentlichen Räume zeichnen sich durch gepflasterte Straßenräume ohne Bäume und einige wenige Plätze mit geringem Baumbestand aus. Die geschlossenen Randbebauungen sind in den Höfen überwiegend stark versiegelt und verdichtet. Vereinzelt finden sich jedoch Blockinnenhöfe mit einem guten Baumbestand.
- › **Nutzungsstruktur:** In der Freiburger Altstadt sind vor allem Wohn- und Geschäftsgebäude, viel Handel und vereinzelt Verwaltungsbauten vorhanden.
- › **Stadtklimatische Einschätzung:** Freiburgs Kernstadtbereich ist hochgradig bebaut und versiegelt. Zusammen mit meist sehr wenigen Grünflächen erwärmen sich hier, während sommerlicher Hitzeperioden, die Baumassen stark, was zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt in den Nachtstunden führt. Am Tag ist der Außenbereich meist moderat hitzebelastet, was darauf zurückzuführen ist, dass die Gebäude verschattet sind.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Der SST „Kernstadtbereich/Altstadt“ bezieht sich auf die Freiburger Altstadt und benötigt ein spezifisches Maßnahmenpaket, durch welches die bioklimatische Situation verbessert werden kann.

- › **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Wald- und Grünflächen optimal vernetzen und somit eine gute Erreichbarkeit aus den belasteten Gebieten gewährleisten (K3)
 - Nach Möglichkeit die Verschattung auf öffentlichen Plätzen erhöhen (K4)
- › **Stadt- und Gebäudestruktur:**
 - Begrünung und Entsiegelung geeigneter Flächen umsetzen (K9, K10, K11)
 - Flachdächer begrünen und durch Baumergänzung Gebäude verschatten (G1, G3)
 - In Abstimmung mit dem Denkmalschutz gebäudespezifische Maßnahmen umsetzen (G2, G4, G5, G6)
- › **Mobilität:**
 - Klimagerechte Gestaltung der Verkehrsräume durch eine Erhöhung des Grünanteils (K13, K17)
 - Unterbauung von Grünflächen begrenzen oder klimagerecht herstellen (K18)
- › **Wasser:**
 - Be- und Entwässerungskonzepte für grüne Freiräume einrichten (K20, K21)
 - Entlastung durch Anlegen und Fortführen von erleb-
baren Wasserelementen im öffentlichen Raum (K19)

Fokusgebiet SST 07: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Das Diagramm zeigt die Zuordnung von Maßnahmennummern zu drei Kategorien:

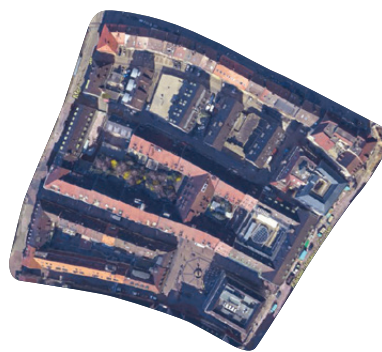
- Strategische Leitsätze:** 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
- Konkrete lokale Maßnahmen:** K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21
- Gebäudemassnahmen:** G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Das Maßnahmenpaket ist spezifisch auf einen Bereich der Freiburger Altstadt bezogen. Andere Bereiche weisen eine höhere bauliche Dichte sowie vollständig bebaute Innenblockbereiche auf. Da also nicht alle Maßnahmen überall in der Altstadt gleichermaßen umsetzbar sind, ist die Übertragbarkeit des Maßnahmenportfolios eingeschränkt.

Aus stadtklimatischer Sicht ist von dem Stadtstrukturtyp der Freiburger Altstadt für Neuentwicklungen abzuraten: Weil diese sehr dicht bebaut sowie stark versiegelt und gleichzeitig wenig durchgrünt ist, kann das Gebiet nachts nur schwer ausreichend entlastet werden. Die andererseits attraktive, intensive Nutzungsmischung ist mit den bioklimatisch ausgleichenden Anforderungen wenig vereinbar.

Beispiele „Kernstadtbereich/Altstadt“



Altstadt

- > hochgradig versiegelt
- > Innenhof mit Grünanteil

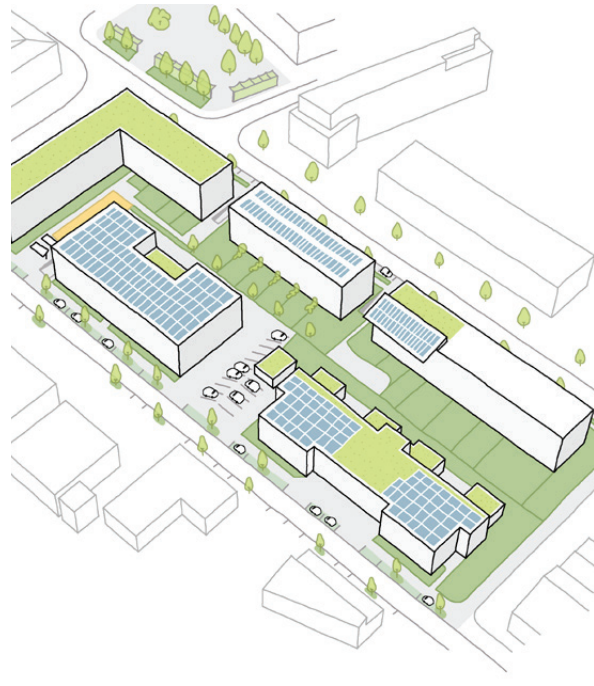


Altstadt

- > vollständig bebauter und versiegelter Block
- > sehr dichte Bebauung



Heterogener Geschosswohnungsbau in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 08: Heterogener Geschosswohnungsbau in Rieselfeld

SST 08

„HETEROGENER GESCHOSSWOHNUNGSBAU“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › Bebauungsstruktur: Gemischte 2- bis 6- und punktuell 7-geschossige Geschosswohnungsbauten unterschiedlicher Typologien (punktuell, linear), die mittel bis dicht bebaut sind. Im Westen und Süd-Westen gibt es großflächige einheitliche Siedlungstypen, die in einem Zug als Nachverdichtungsmaßnahmen entstanden sind. Ansonsten sind innerhalb des Stadtgefüges vereinzelt gemischte Strukturen unterschiedlicher Entstehungszeiten eingestreut, die sich städtebaulich in den bereits vorhandenen Kontext einfügen. Die Heterogenität der Baukörper und ihrer Anordnung auf einem Baublock ist bezeichnend für diesen Stadtstrukturtyp.
- › Freiraumstruktur: Die einheitlichen Siedlungstypen werden über ihr internes Siedlungsgeflecht erschlossen. Sie haben oftmals größere Parkplatzflächen und/oder Tiefgaragen. Die Grünräume sind unterschiedlich stark mit Bäumen bepflanzt und werden privat bis gemeinschaftlich genutzt. Bei den gemischten Strukturen verhält es sich prinzipiell ähnlich, außer dass die Erschließung nicht über speziell großflächig angelegte Wege, sondern meist über den bestehenden Straßenraum erfolgt.
- › Nutzungsstruktur: Neben reiner Wohnnutzung mit zugehörigen Garagen gibt es auch Wohn- und Geschäftshäuser beziehungsweise Wohn- und Bürogebäude, vereinzelt Verwaltung, eingestreut Betriebe und Hotellerie sowie Seniorenwohnhäuser.

- › Stadtklimatische Einschätzung: Das Wechselspiel zwischen viel versiegeltem Parkraum und begrünten Freiräumen führt zu ungleich ausgeprägten Temperaturen in diesem Stadtraum. Sind die Gebäude entsprechend ausgerichtet, werden sie mit nächtlicher Kalt- und Frischluft gut durchlüftet. Da viele der Geschosswohnungsbauten jedoch meist innerhalb von Siedlungsbereichen liegen, werden sie weniger gut durchlüftet.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Heterogener Geschosswohnungsbau“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Durch eine klimagerechte Gestaltung der Außenräume kann eine effektive Hitzeentlastung geleistet werden.

- › Grün- und Freiraumsystem:
 - Der Schutz von Luftleitbahnen ermöglicht eine optimale Luftzirkulation (K1)
 - Eine Verwendung von Materialien mit geringerer Wärmeleit- und Speicherkapazität verringert das Aufheizen von Flächen (K6)
- › Stadt- und Gebäudestruktur:
 - Begrünte Innen- und Hinterhöfe mit entsiegelten Flächen verringern die lokale Hitzebelastung (K10, K11)
 - Abkühlung durch Dach- und Fassadenbegrünungen sowie eine ausreichende Gebäudeverschattung durch Bäume (G1, G2, G3)

Fokusgebiet SST 08: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Das Diagramm zeigt die Zuordnung von Maßnahmennummern zu drei Kategorien:

- Strategische Leitsätze:** 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
- Konkrete lokale Maßnahmen:** K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21
- Gebäudemaßnahmen:** G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7

- Eine klimagerechte Gebäudeoptimierung durch energetische Gebäudesanierung und das Anbringen von sommerlichem Wärmeschutz sorgt für Entlastung (G4, G6)
- › Mobilität:
 - Für die Hitzeentlastung flächensparende Mobilitätsinfrastruktur mit geringer Versiegelung herstellen und die Unterbauung von Grünflächen klimagerecht gestalten (K13, K18)
 - Die Erreichbarkeit von Grünflächen durch verschattete Fuß- und Radwegenetze optimieren (K3, K15)
- › Wasser:
 - Integrierte Bewässerungskonzepte für Grünflächen implementieren (K21)
 - Erleb- und nutzbare bewegte Wasserelemente im öffentlichen Raum zur Hitzeentlastung anlegen (K19)

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Da sich die verschiedenen Geschosswohnungsbauten in ihren Grundzügen ähneln, ist das stadtstrukturtypspezifische Maßnahmenpaket gut übertragbar. Unterschiede gibt es in den Beispielen allerdings bei der Dichte sowie beim Versiegelungsgrad und Grünanteil.

Dieser Stadtstrukturtyp kann als städtebauliche Form bei Neuentwicklungen aus stadtklimatischer Sicht nur dann empfohlen werden, wenn die Gebäude so gestellt sind, dass Frischluft das Gebiet kühlen kann. Außerdem sollten Parkplatzflächen ein möglichst klimaverträgliches Boden-

Beispiele des „Heterogenen Geschosswohnungsbaus“





Großwohnsiedlung und Wohnhochhaus in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 09/10: Großwohnsiedlung und Wohnhochhaus in Weingarten/Haslach-Egerten

SST 09/10

„GROSSWOHNSIEDLUNG“ UND „WOHNHOCHHAUS“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

Großwohnsiedlung

- > **Bebauungsstruktur:** Großmaßstäblicher Geschosswohnungsbau aus den 70er Jahren als Mischung aus Scheiben-, Punkt- und Zeilengebäude, die meist in offenen Block- oder Kammstrukturen mit überwiegend 6 bis 8 Geschossen und 3- bis 4-geschossigen Anbauten vorkommen. Im Rahmen der Nachverdichtung finden sich Großwohnsiedlungen überwiegend an den Stadträndern Freiburgs, vor allem im Westen.
- > **Freiraumstruktur:** Der Freiraum ist geprägt von großen Rasenflächen in den Höfen und breitem Abstandsgrün zu den Straßen. Ebenso prägend sind großflächige Parkplatzflächen und Sammelgaragen.
- > **Nutzungsstruktur:** Überwiegendes Wohnen mit Wohn- und Geschäftshäusern, Garagen und vereinzelt Parkhäusern.
- > **Stadtklimatische Einschätzung:** Die Bebauung des Areals ist meist durchgrünt. Diese Grünflächen begünstigen, dass die Gebiete nachts durchlüftet werden und bei entsprechender Größe auch Kalt- und Frischluft produzieren können. Die teilweise ausgedehnten Parkplatzflächen hingegen erwärmen lokal die Siedlungsbereiche. Der Grad der Wärmebelastung hängt stark von Dichte und Größe des Gebiets ab.

Wohnhochhaus

- > **Bebauungsstruktur:** Ein relativ oft in Freiburg vorkommender Gebäudetyp, bestehend aus teils singulär angeordneten Punkt- oder Scheibenhochhäusern ab 8 Geschossen, die teilweise in Gruppen stehen. Überwiegend befinden diese sich in Gebieten heterogener Bebauungsstruktur und weisen bis zu 20 Geschosse auf.
- > **Freiraumstruktur:** Die Wohnhochhäuser sind oft in Freiräumen mit einem guten Baumbestand eingebettet. Wie bei den Großwohnsiedlungen finden sich auch hier große Abstandsflächen, bei denen teilweise Spielplätze vorzufinden sind. Geparkt wird hierbei oftmals in Tiefgaragen und angrenzenden größeren Parkplatzflächen.
- > **Nutzungsstruktur:** Vornehmlich Wohnnutzung mit vereinzelt Wohn- und Geschäftshäusern.
- > **Stadtklimatische Einschätzung:** Die ausgedehnten Grünflächen zwischen den Gebäuden, mit Rasen und Sträuchern oder teilweise vielen Bäumen, wirken sich klimaökologisch positiv aus. In den so zum Teil verschatteten Bereichen entsteht hohe Aufenthaltsqualität, insbesondere an Tagen hoher Sonneneinstrahlung.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Großwohnsiedlung“ und „Wohnhochhaus“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbes-



Fokusgebiet SST 09/10: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

sert werden kann. Die klimagerechte Gestaltung und Nutzbarkeit der Außenräume im Besonderen kann effektive Kühlzonen bilden.

> Grün- und Freiraumsystem:

- Durch optimale Luftzirkulation erreichen kühlende Winde die belasteten Gebiete (K1)
- Freiräume durch eine Verschattung im öffentlichen Raum klimaoptimiert entwickeln (K4)

> Stadt- und Gebäudestruktur:

- Gebäudeausrichtung und die Öffnung zu Freiräumen optimieren und somit für eine gute Durchlüftung in betroffenen Gebieten sorgen (K7, K8)
- Dachbegrünungen sorgen für Entlastung und schaffen gleichzeitig neue Aufenthaltsräume (G1)
- Sommerlicher Wärmeschutz und eine energetische Gebäudesanierung schützen die sonnenexponierten Gebäude (G4, G6)

> Mobilität:

- Hitzeentlastung wird durch eine flächensparende Mobilitätsinfrastruktur mit geringer Versiegelung gefördert
- Eine klimagerechte Gestaltung unterbauter Grünflächen schafft neue Aufenthaltsräume

> Wasser:

- Integrierte Be- und Entwässerungskonzepte implementieren und Grünflächen langfristig schützen (K20, K21)

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Beide Stadtstrukturtypen lassen sich gut auf die jeweils anderen Bereiche übertragen, wobei insbesondere Gebäudeform und -höhe variieren.

Aus stadtklimatischer Sicht ist die Großwohnsiedlung sowie das Wohnhochhaus für Neuentwicklungen geeignet, weil diese aufgrund der Stellung ihrer Baukörper eine hohe Durchgrünung zulassen. Bei zukünftigen Planungen gilt darauf zu achten, diesen hohen Grünanteil fortzuführen und ebenso auf Tiefgaragenunterbauungen und Dachflächen anzuwenden. Wird die Baumasse klimaoptimiert ausgerichtet und günstig verteilt, können Kaltluftströmungen das Gebiet kühlen. Zudem entstehen Öffnungen, die eine gute Durchlüftung ermöglichen.

Beispiele „Großwohnsiedlung“ und „Wohnhochhaus“



Haslach-Gartenstadt

- > punktförmige Bebauung
- > begrünte Abstandsflächen

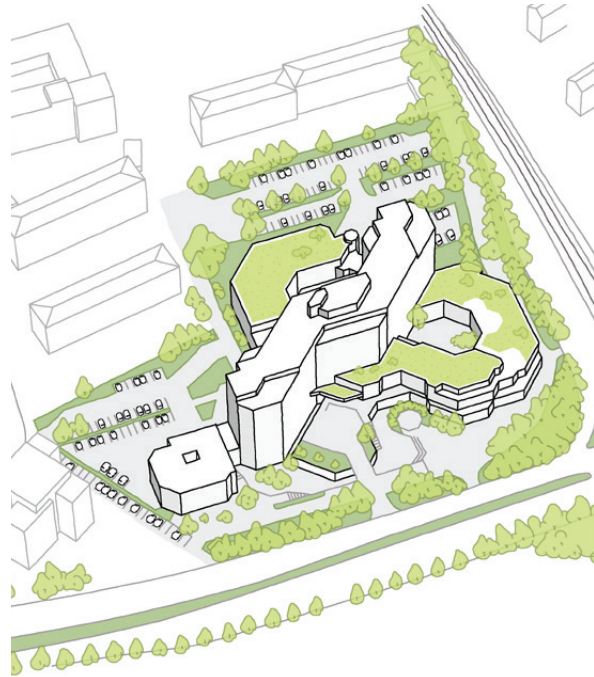


Betzenhausen

- > hofbildende Bebauung
- > gemeinschaftlich nutzbarer Grünraum



Großstrukturen in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 11: Großstruktur in Betzenhausen

SST 11 „GROSSSTRUKTUREN“

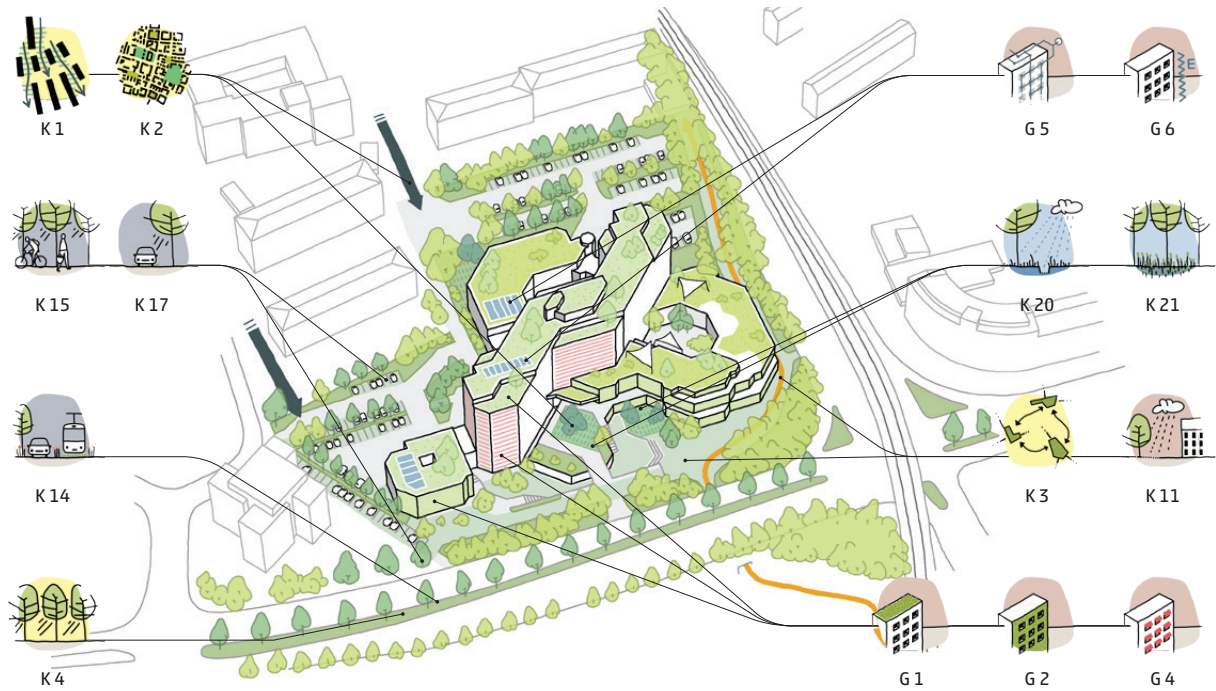
Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › **Bebauungsstruktur:** Je nach Nutzung finden sich bei diesem Typ sehr unterschiedliche Gebäudekomplexe mit teilweise großen Kubaturen. Verschiedene Gebäudehöhen und -tiefen mit verschiedenen Geschossigkeiten (überwiegend bis zu 5 und teilweise bis zu 7 Geschossen) prägen die Bebauungsstruktur. Die Gebäudeanordnung richtet sich nach der jeweiligen Funktion.
- › **Freiraumstruktur:** Die Freiraumstruktur variiert von relativ stark versiegelten Erschließungsflächen bis hin zu offenen und begrünten Flächen. Oft sind große Stellplatzflächen oder Tiefgaragen und Parkhäuser vorhanden.
- › **Nutzungsstruktur:** Unterschiedliche Nutzungen wie Hochschulgebäude, Forschungsinstitute, Verwaltungs- und Bürogebäude, Wohn- und Geschäftsgebäude, Betriebe, vereinzelt landschaftlich genutzte Gebäude, Veranstaltungsgebäude und Hotellerie.
- › **Stadtklimatische Einschätzung:** Die Gebäudestellung und kompakten Baumassen stellen häufig Strömungshindernisse dar, durch die die Frisch- und Kaltluft aus den angrenzenden Bereichen die Gebiete meist nicht ausreichend durchlüften und kühlen kann. Die vielen großflächig versiegelten Parkplatzflächen und Tiefgaragen begünstigen eine schnelle Erwärmung dieser Bebauungsform.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Großstrukturen“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Den größten Handlungsbedarf bilden hierbei die Begrünung, Entsiegelung und Verschattung von Flächen.

- › **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Eine erhöhte Verschattung im öffentlichen Raum sowie die Wahl klimagerechter Flächenmaterialien sorgen für eine bessere Abkühlung von aufgeheizten Flächen (K4, K6)
 - Über geschützte Luftleitbahnen dringen kühle Winde in belastete Gebiete (K1)
- › **Stadt- und Gebäudestruktur:**
 - Sonnenexponierte Oberflächen entsiegeln (K11)
 - Gebäude klimagerecht optimieren und durch Dachbegrünungen neue Aufenthaltsflächen schaffen (G1, G2, G4, G6)
- › **Mobilität:**
 - Reduktion der Oberflächentemperaturen durch eine klimagerechte Gestaltung des ruhenden Verkehrs (K13, K14, K17)
- › **Wasser:**
 - Integrierte Be- und Entwässerungskonzepte implementieren und Grünflächen langfristig schützen (K20, K21)



Fokusgebiet SST 11: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2													
Konkrete lokale Maßnahmen	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	
Gebäudemaßnahmen	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7															

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Die verschiedenen Großstrukturen Freiburgs unterscheiden sich nur geringfügig; meist lediglich in der Gebäudeform und dem Verhältnis von geschlossenen zu offenen Flächen. Daher können die Maßnahmen dieses Stadtstrukturtyps sehr gut auf all seine Beispiele übertragen werden.

Da dieser Stadtstrukturtyp sehr großflächig bebaut und gleichzeitig wenig durchgrünt ist, ist er nur schwer zu entlasten und damit bioklimatisch wenig verträglich. Damit sind Großstrukturen bei Neuentwicklungen aus stadtklimatischer Sicht nicht zu empfehlen. Wählt man dennoch diese städtebauliche Form sind folgende Bedingungen zu beachten: Umgebende Flächen müssen möglichst gering versiegelt und durchgrünt werden. Dächer und Tiefgaragen sollten ebenfalls begrünt und nach Möglichkeit zugänglich gemacht werden, um den Betroffenen Entlastungsräume zu bieten. Bei der Gebäudestellung sollten auf vorhandene Kaltluftströme geachtet und für eine gute Durchlüftung Öffnungen zwischen den Gebäudekörpern geplant werden.

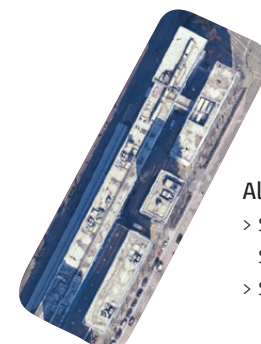
Beispiele der „Großstrukturen“



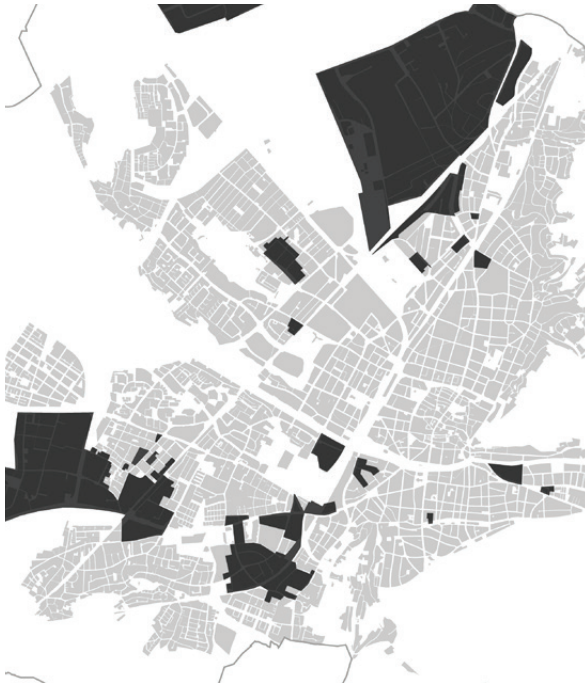
- Betzenhausen**
- > versiegelte Platzflächen
 - > teilweise begrünte Dächer



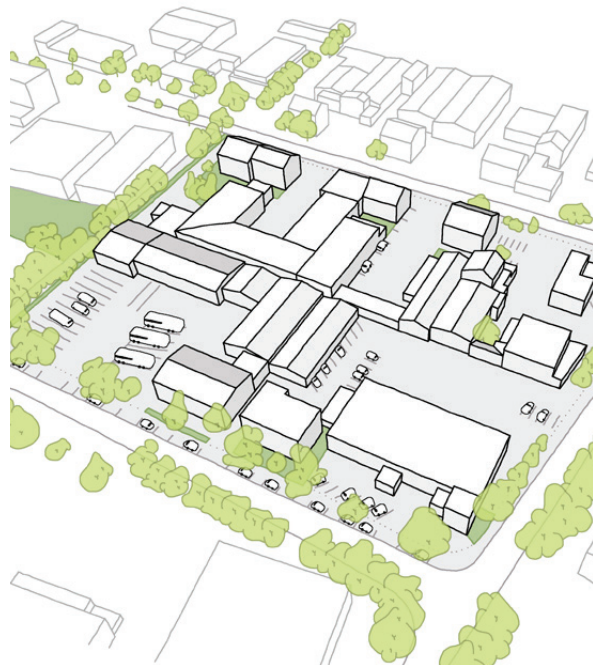
- Stühlinger**
- > bepflanzte Dächer
 - > begrünte Innenhöfe



- Altstadt**
- > sehr dichte und langgestreckte Bebauung
 - > sehr hohe Versiegelung



Gewerbe und Industrie in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 12: Gewerbe und Industrie in Haid

SST 12 „GEWERBE/INDUSTRIE“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › Bebauungsstruktur: Vorwiegend Gewerbe- und Industriebauten unterschiedlicher Größe und Form mit meist einem Geschoss und eingestreuten Wohn- oder Verwaltungsgebäuden bis zu 4 Geschossen. Bei diesem Stadtstrukturtyp sind viele großflächige Bauten (Hallen, Fabrikationsgebäude, Lager etc.) zu finden. Wie diese städtebaulich angeordnet sind, variiert entsprechend der Nutzungsform und unterschiedlichen äußeren Rahmenbedingungen.
- › Freiraumstruktur: Nutzungsbedingt benötigen Gewerbebetriebe viele Erschließungs- und Abstellflächen, weshalb diese Gebiete meist stark versiegelt sind. Es gibt nur wenige öffentliche Grünräume.
- › Nutzungsstruktur: Unterschiedlichste Nutzungen - Betriebe, Werkstätten, Verwaltung, Lagerhallen, Fabriken, teilweise Wohnen, Parkhäuser, Handel, Geschäfte und landwirtschaftliche Nutzungen.
- › Stadtklimatische Einschätzung: Die häufig großflächig versiegelten Flächen, die hallenartige Bebauung sowie fehlende Grünflächen und Verschattung führen in Industrie- und Gewerbegebieten tagsüber dazu, dass die Oberflächen sich erhitzen und die darüber lagernde Luft sich erwärmt. Auch in der Nacht ist der Wärmeinseleffekt stark ausgeprägt, da Beton und Asphalt die am Tag gespeicherte Wärme über einen längeren Zeitraum wieder an die Atmosphäre abgeben.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Gewerbe/Industrie“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Viel Potenzial steckt hierbei in der Entsiegelung und Verschattung von Flächen. Zudem kann, im Zuge von Umstrukturierungen, eine klimaoptimierte Gebäudeanordnung die Durchdringung des Gebiets mit Kaltluft verbessern.

- › Grün- und Freiraumsystem:
 - Erhöhte Verschattung, Entsiegelung und klimafreundliche Flächenmaterialien führen zu einer verminderten Oberflächentemperatur (K4, K6, K11)
- › Stadt- und Gebäudestruktur:
 - Eine effiziente Flächennutzung ermöglicht das Anlegen von Grünräumen innerhalb der Bebauungsstruktur (K9, K10)
 - Begrünte Dächer können als kühle Aufenthaltsräume genutzt werden (G1)
 - Bebauungsstruktur klimagerecht optimieren und verschatten (G3, G4, G5, G6)
- › Mobilität:
 - Parkplätze und Abstellflächen nach Möglichkeit entsiegeln, begrünen und verschatten und somit anthropogene Wärmeemissionen reduzieren (K14, K17)
- › Wasser:
 - Integrierte Be- und Entwässerungskonzepte zur Hitzeentlastung implementieren (K20, K21)



Fokusgebiet SST 12: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Das Maßnahmenpaket dieses Stadtstrukturtyps lässt sich sehr gut auf verschiedene Beispiele der Freiburger Gewerbe- und Industriezonen übertragen, da diese immer ähnlich aufgebaut und gestaltet sind.

Sollen Gewerbe- und Industriegebiete neu angelegt oder erweitert werden, so bedarf es aus stadtklimatischer Sicht, dass folgende Bedingungen erfüllt werden: möglichst viele Oberflächen - seien es Straßenräume, Abstellflächen oder Gebäude - sollten mit klimaverträglichen Materialien versehen werden. Außerdem sollten öffentliche klimawirksame Freiräume geschaffen werden, um für die Betroffenen Entlastungsräume anzubieten. Die Aufenthaltsbereiche im Freien sollten zu Zeiten der größten Hitzebelastung (mittags und am frühen Nachmittag) verschattet sein, sodass sie von den Arbeitenden zur Erholung genutzt werden können. Werden Industriegebiete neu angelegt oder erweitert, sollte die Bebauung entlang vorhandener Kaltluftströmungen angeordnet werden. Die so ermöglichte Durchlüftung kühlt die Gebiete. Um weniger wärmespeichernde Flächen zu erzeugen, können die Gewerbebauten nach Möglichkeit in die Höhe gebaut werden. Die entstandenen Freiflächen sollten möglichst geringfügig versiegelt werden.

Beispiele von „Gewerbe/Industrie“



Gewerbegebiet Haid
 > kleinteiligere Bebauung
 > hohe Versiegelung

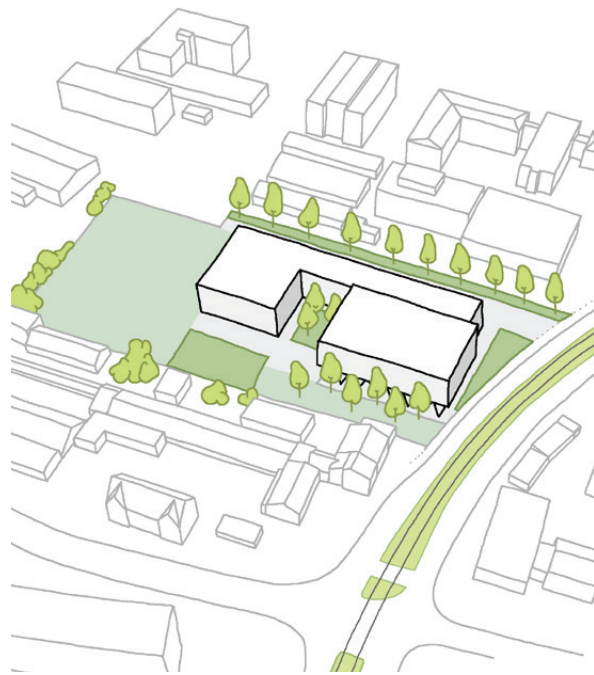
Industriegebiet Nord
 > mit Bäumen bepflanzter Parkplatz
 > teilweise umgebende Grünflächen



Gewerbegebiet Haid-Ost/Krummacker
 > großer und kompakter Baukörper
 > vollständig versiegelte Oberflächen



Schulareale in der Gesamtstadt Freiburg



Fokusgebiet SST 13: Schulareale in Unterwieshre Süd

SST 13 „SCHULAREALE“

Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- › **Bebauungsstruktur:** Schulgebäude mit angrenzenden Anlagen, die teilweise frei stehen und teilweise im Stadtgefüge und in der umgebenden Bebauung integriert sind.
- › **Freiraumstruktur:** Teilweise sind großzügige Sport- und Erholungsflächen und ein unterschiedlich guter Baumbestand vorzufinden.
- › **Nutzungsstruktur:** Die Schulen haben unterschiedlichste Größen und einen immer anderen städtebaulichen Kontext.
- › **Stadtklimatische Einschätzung:** Die an die Schulgebäude angrenzenden meist großflächigen Grün- und Sportflächen können, je nachdem wie sie beschaffen sind, die lokale Umgebung bioklimatisch entlasten.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Schulareale“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Potenzialräume des Stadtstrukturtyps sind vor allem die Außenanlagen, von denen bei einer klimaoptimierten Gestaltung alle Bewohnerinnen und Bewohner profitieren können.

- › **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Bildung eines wichtigen Erholungsraums durch die verbesserte Vernetzung mit Wald- und Grünflächen (K2, K3)

› Stadt- und Gebäudestruktur:

- Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte bei Um- und Neubau optimieren und Platz für Grünräume schaffen (K7, K10)
- Bei Neuplanungen den Versiegelungsgrad für eine niedrige Oberflächentemperatur gering halten (K12)
- Gebäudesubstanz durch Verschattung und eine klimagerechte Optimierung kühl halten (G1, G2, G3, G4, G5, G6)

› Mobilität:

- Fuß- und Radwegenetze sowie Haltestellen und Wartebereiche durchgängig verschatten (K15, K16)

› Wasser:

- Durch die Anlage von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen für Kühlung sorgen (K19)
- Be- und Entwässerungskonzepte für grüne Freiräume einrichten, um neue Grünflächen langfristig zu erhalten (K20, K21)



Fokusgebiet SST 13: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Die Beispiele der Freiburger Schulareale sind sehr unterschiedlich versiegelt beziehungsweise begrünt und auch die Gebäude variieren stark. Dennoch können die Maßnahmen dieses Stadtstrukturtyps gut übertragen werden, weil die Schulareale nutzungsbedingt ähnliche Anforderungen haben und daher vergleichbar sind.

Werden neue Schulareale gebaut oder bestehende Schulareale umstrukturiert, sollte aus stadtklimatischer Sicht darauf geachtet werden, dass weitläufige Dächer begrünt, ausreichend Grünflächen angelegt und Bäume für die Verschattung gepflanzt werden. Werden die Freiräume so klimawirksam gestaltet, dienen sie zum einen den möglicherweise betroffenen Kindern und Lehrern als Entlastungsfläche. Zum anderen kann auch die Temperatur der Umgebung gesenkt werden. In hitzebelasteten Gebieten, in denen es an Entlastungsräumen mangelt, können diese klimawirksam gestalteten Außenflächen als solche fungieren - sofern sie außerhalb der Schulnutzungszeiten zugänglich gemacht werden.

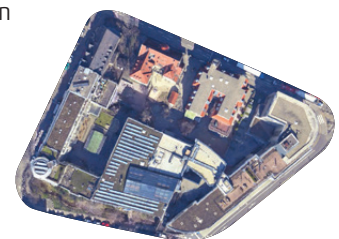
Beispiele der „Schulareale“



Unterwiesche Süd

- > kompakter Baukörper
- > potenziell erweiterbarer Schulbau
- > begrünte Freiräume

- #### Unterwiesche Nord
- > teilweise begrünte Dächer
 - > nutzbare Grünflächen
 - > hofbildende Gebäudeanordnung

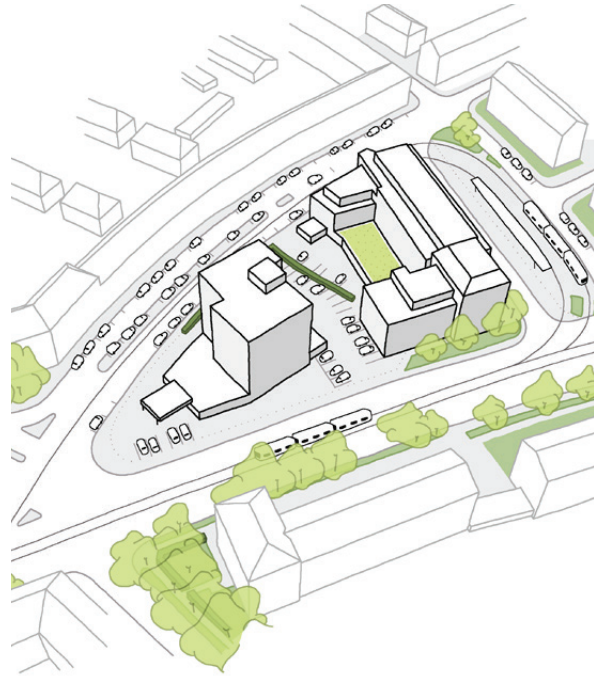


Altstadt

- > dichte Bebauung, teilweise im Blockinneren gelegenen
- > versiegelter Innenhof



Suchraum „Öffentlicher Raum“ in der Gesamtstadt



Fokusgebiet SST ÖR: Öffentlicher Raum in Brühl

SST ÖR „ÖFFENTLICHER RAUM“

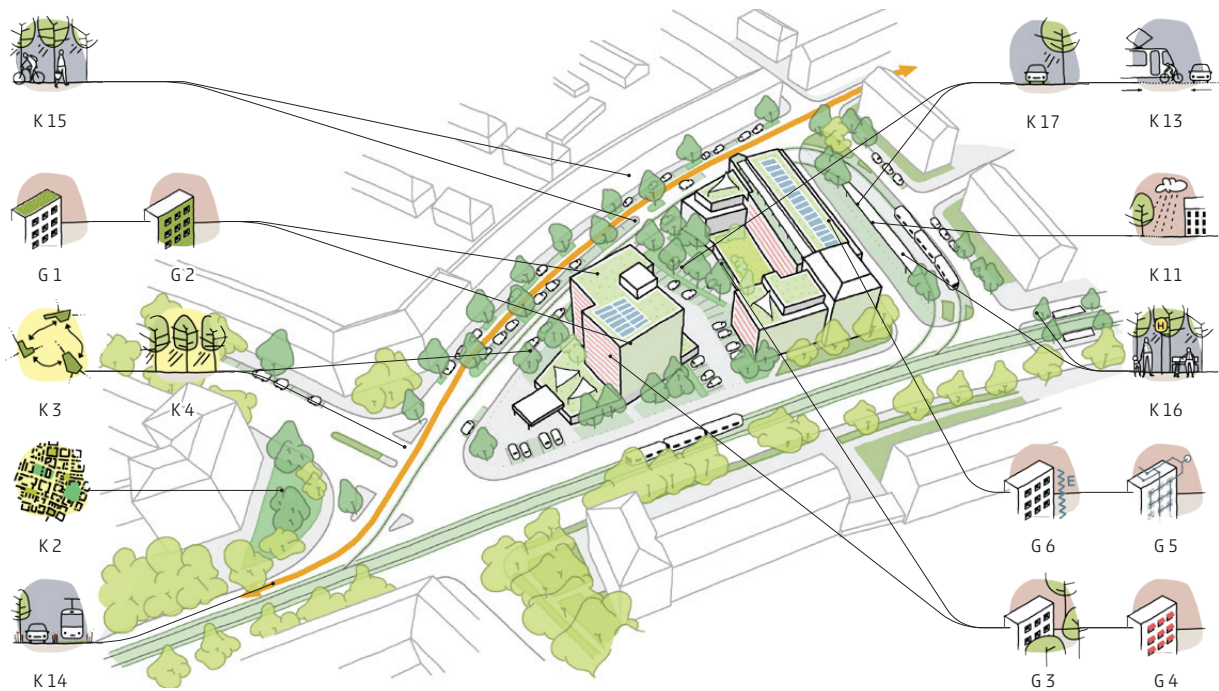
Charakterisierung des Stadtstrukturtyps

- > **Bebauungsstruktur:** Öffentlicher Raum wird von der Bebauungsstruktur eingefasst. Die umgebenden Gebäude können sich, was ihre Typologie, Höhe und Dichte angeht, stark unterscheiden.
- > **Freiraumstruktur:** Diese kann von flächendeckenden Grünräumen bis hin zu grauen Plätzen reichen. Dabei sind die Flächen unterschiedlich stark versiegelt. Daraus ergibt sich, dass die Beispiele dieses Stadtstrukturtyps jeweils verschieden viele geschlossene und offene Oberflächen aufweisen und auch die Anzahl der Bäume variiert.
- > **Nutzungsstruktur:** Öffentliche Räume dienen vielfältigen Zwecken wie zum Beispiel Fortbewegung, Handel, Naherholung, Sport oder auch als sozialer Treffpunkt oder für Veranstaltungen. Das bedeutet, dass diese Räume hinsichtlich Nutzung und Gestaltung sehr variabel sind. Öffentliche Räume sind für jedermann frei zugänglich und können in der Regel durchgängig, tagsüber wie nachts, genutzt werden.
- > **Stadtklimatische Einschätzung:** In Abhängigkeit der Gebäude, des Versiegelungsgrads der Oberflächen sowie der Art und Größe der Grünflächen kann sich dieser Stadtstrukturtyp sehr unterschiedlich stadtklimatisch auswirken. Beispielsweise je größer die Baukörper und je stärker die Böden versiegelt sind, desto höher ist die zu erwartende thermische Belastung.

Typspezifisches Maßnahmenpaket

Für den SST „Öffentlicher Raum“ werden im Folgenden beispielhafte Vorschläge gemacht, mit denen die bioklimatische Situation verbessert werden kann. Eine Verbesserung der Hitzebelastung erfolgt in erster Linie durch eine klimagerechte Anpassung des öffentlichen Raums.

- > **Grün- und Freiraumsystem:**
 - Zugänglichkeit und Erreichbarkeit zu grünen Entlastungsflächen durch verschattete Wege gewährleisten (K3, K4)
 - Flächenmaterialien mit geringerer Wärmeleit- und Speicherkapazität verwenden (K6)
- > **Stadt- und Gebäudestruktur:**
 - Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte bei Um- und Neubau und die Öffnung zu Freiräumen optimieren (K7, K8)
 - Optimierung der bestehenden Bebauungsstruktur durch Gebäudeverschattung, Dach- und Fassadenbegrünungen (G1, G2, G3, G4, G5, G6)
 - Bei Neuplanungen den Versiegelungsgrad für eine niedrige Oberflächentemperatur gering halten (K12)
- > **Mobilität:**
 - Flächensparende Mobilitätsinfrastruktur mit geringer Versiegelung und einem erhöhten Grünanteil in Verkehrsräumen sorgt für Entlastung (K13, K14)



Fokusgebiet SST ÖR: Umsetzung des Maßnahmenpakets mit darunterliegendem SST-spezifischen Maßnahmenportfolio

Strategische Leitsätze	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

- Entsiegelung und Begrünung von Parkplätzen und Abstandsflächen sowie eine klimagerechte Gestaltung von unterbauten Grünflächen reduziert die Oberflächentemperatur (K17, K18)

Übertragbarkeit der Maßnahmen, Spannweite der Diversität und stadtklimatische Empfehlung

Da die verschiedenen öffentlichen Räume sich stark unterscheiden - sei es in ihrer Bebauungs-, Freiraum- oder Nutzungsstruktur - ist das stadtstrukturtypspezifische Maßnahmenpaket nur bedingt übertragbar.

Als Orte des städtischen Miteinanders gilt es, neben den baulichen Stadtstrukturtypen, auch öffentliche Räume klimawirksam umzugestalten. Diese Anpassung sollte unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzung erfolgen. So können graue sowie grüne Freiräume den betroffenen Menschen, die sich hier aufhalten und bewegen, Erholung bieten. Zusätzlich werden die angrenzenden Gebäude von den Freiräumen gekühlt. Versiegelte Straßenräume können mit versickerungsfähigen Materialien versehen, begrünt und verschattet werden. Somit entstehen neue Kühlhasen. Bestehende Ausgleichsräume sollte man zu nutzbaren und zugänglichen Entlastungsräumen verändern, indem diese verschattet und Sitzmöglichkeiten angelegt werden. Wird die mikroklimatische Vielfalt der Grünräume erhöht, kann deren Fähigkeit die Hitzebelastung auszugleichen, verbessert werden. Um Grünflächen langfristig zu erhalten und darüber hinaus die Luft zu kühlen, sind Bewässerungskonzepte denkbar.

Beispiele des „Öffentlicher Raums“



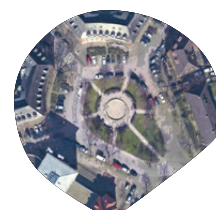
Brühl

- > großflächige Versiegelung
- > Verkehrs- und Parkplatzflächen



Rieselfeld

- > wenig Verschattung
- > versickerungsfähige Oberfläche



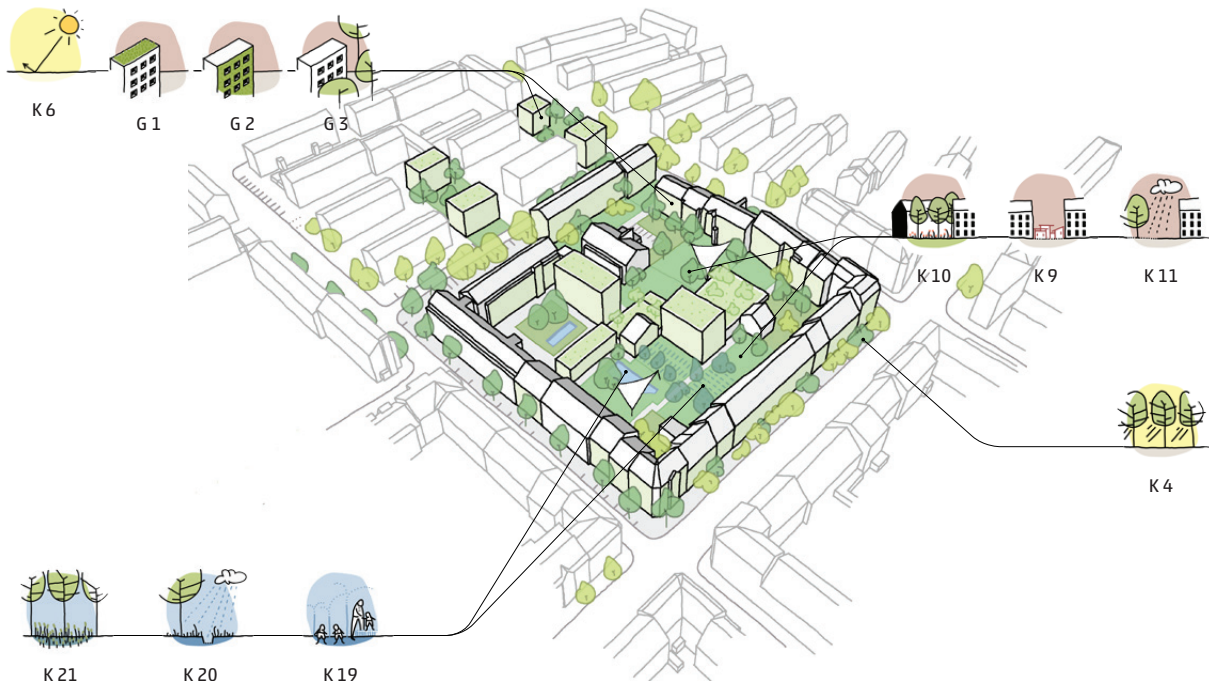
Brühl

- > durch Begrünung für Menschen nutzbar gemachte Verkehrsinsel
- > bewegtes Wasserelement

Altstadt

- > lineare und bepflanzte Grünfläche
- > (noch) nicht nutzbarer Freiraum





Fokusgebiet SST 06: Veranschaulichung der simulierten Maßnahmen für den Stadtstrukturtyp „Geschlossener Blockrand“

5.5 Wirkungsanalyse am Beispiel Stühlinger

Die beispielhafte mikroskalige Klimamodellierung für das Fokusgebiet in dem Stadtteil Stühlinger simuliert die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduzierung der Wärmebelastung am Tag innerhalb von Siedlungsflächen. Ziel ist es, die Wirksamkeit dieser Maßnahmen für eine Reduzierung der Wärmebelastung rechnerisch zu ermitteln und in ihrer Relation zueinander zu erfassen. Dabei kommt das mikroskalige Modell ASMUS Green (Ausbreitungs- und Strömungs-Modell für Urbane Strukturen und Begrünung) zum Einsatz, welches für komplexe urbane Untersuchungsgebiete mit sehr kleinen horizontalen Maschenweiten konzipiert ist. Unterschiedliche Bebauungsstrukturen können detailliert aufgelöst und ihre Auswirkungen auf das Strömungsfeld und den Wärmehaushalt im innerstädtischen Bereich simuliert werden (GROSS 2012a, GROSS 2012b).

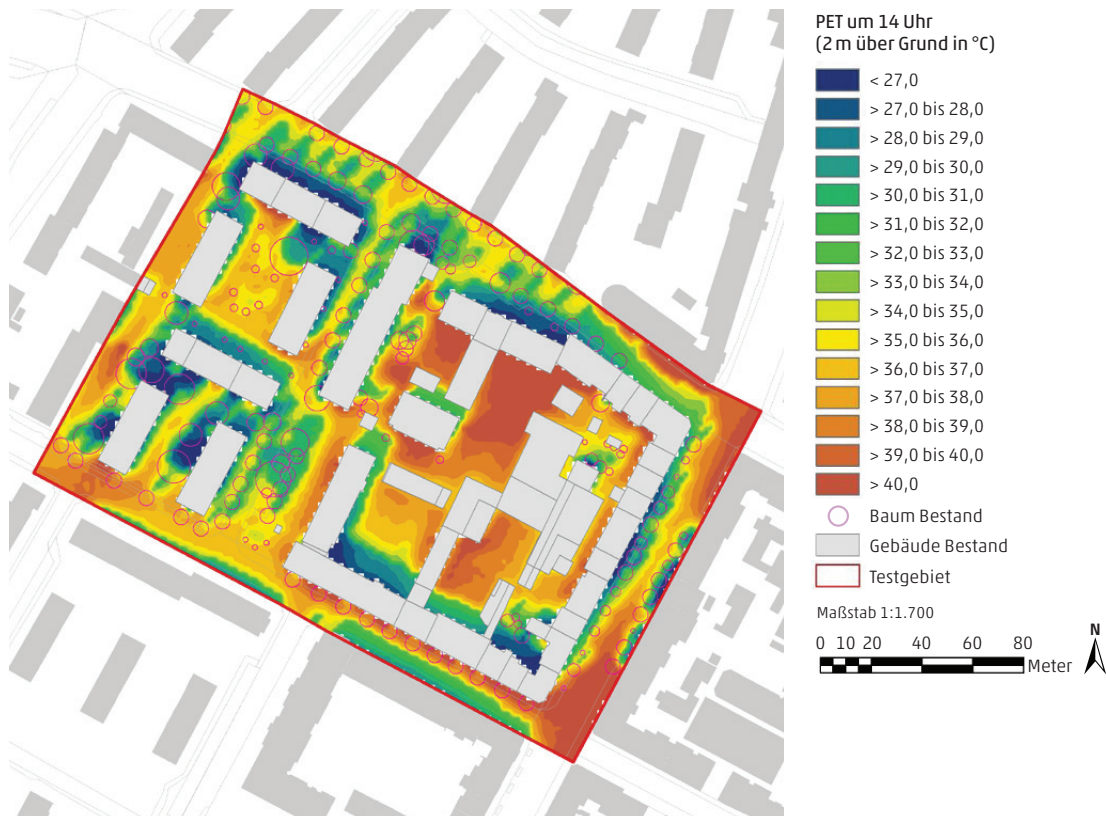
Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 2x2 m. Das Untersuchungsgebiet nimmt eine Fläche von vier Hektar ein. Ausgangssituation ist eine geschlossene Blockrandbebauung in dem Stadtteil Stühlinger mit vorwiegend fünf bis sechs Geschossen, welche von drei Straßenabschnitten umgeben ist. Der Innenhof ist zu einem Großteil versiegelt und mit Garagen, Werk- und Lagerhallen überbaut. Es sind vereinzelte Hinterhofbegrünungen und extensive Dach-

begrünungen vorzufinden. Im Zuge des Planbeispiels wurden folgende Szenarien simuliert:

- > Szenario 1 - Gebäuderück- und Neubau
- > Szenario 2 - Fassadenbegrünung/Albedo
- > Szenario 3 - Intensive Dachbegrünung
- > Szenario 4 - Beschattung durch Bäume und Pergolen
- > Szenario 5 - Entsiegelungen bzw. Teilentsiegelungen
- > Szenario 6 - Brunnenanlagen
- > Szenario 7 - Summenwirkung aller Einzelmaßnahmen

Es wurden sowohl die Lufttemperatur um 4 Uhr nachts als auch die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) um 14 Uhr simuliert. In diesem Abschnitt wird ausschließlich die PET betrachtet. Der vollständige Bericht zu der Wirkungsanalyse kann in dem Abschlussbericht zu der Klimaanalyse Freiburg i. Br. nachgeschlagen werden.

Auf dem vier Hektar großen Areal ist die Wärmebelastung am Tag schwach ($PET \leq 29^\circ\text{C}$) bis extrem ($PET > 41^\circ\text{C}$) ausgeprägt. Die Spannweite reicht von knapp 24°C bis auf lokal über 45°C . Die von Bäumen beschatteten Bereiche sind, genau wie die durch Gebäude beschatteten Flächen, die kühlestes Areal innerhalb des Untersuchungsgebiets. Während des Tages erhöhen sie die Aufenthaltsqualität und leisten einen wichtigen Beitrag



Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in dem Basisszenario mit Bestandsgebäuden um 14 Uhr in 2 m über Grund

für das individuelle Wohlbefinden. Die stärkste Wärmebelastung tritt im Straßenraum und innerhalb des stark versiegelten, sonnenexponierten Innenhofbereichs auf. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Basisszenario und der jeweiligen simulierten Maßnahme gibt Aufschluss über deren Wirksamkeit (vgl. Abb. S. 177 unten).

S1 - Gebäude Rück- und Neubau

Die Wirkung von, wie in Szenario 1 umgesetzt, Rückbaumaßnahmen kann aufgrund der fehlenden Referenztemperatur nicht simuliert werden. Das Bauvolumen wurde im Rahmen der Klimamodellierung um 20 % reduziert. Grundsätzlich ist durch die Reduzierung von Bauvolumen und somit Wärme speicherfähigem Material eine Abnahme der bodennahen Wärmebelastung zu erwarten, sofern zusätzliche Verschattungsmaßnahmen Anwendung finden. Durch den Neu- oder Anbau von Gebäuden werden zusätzliche Verschattungselemente geschaffen, welche zu einer Reduzierung der bodennahen Wärmebelastung am Tag führen. Dieser planbedingte Umbau bewirkt eine Verringerung der PET um bis zu 6 K.

S2 - Fassadenbegrünung/Albedo

Die in Szenario 2 angenommene Fassadenbegrünung und Erhöhung der Albedo der Gebäudefassaden stellen sich als sehr effektive Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung dar. Bei einer Fassadenbegrünung führen Verschattung der Fassadenoberfläche sowie Verdunstung zu einer lokalen Verringerung der Lufttemperatur im direkten Umfeld. Eine hohe Albedo reflektiert einen

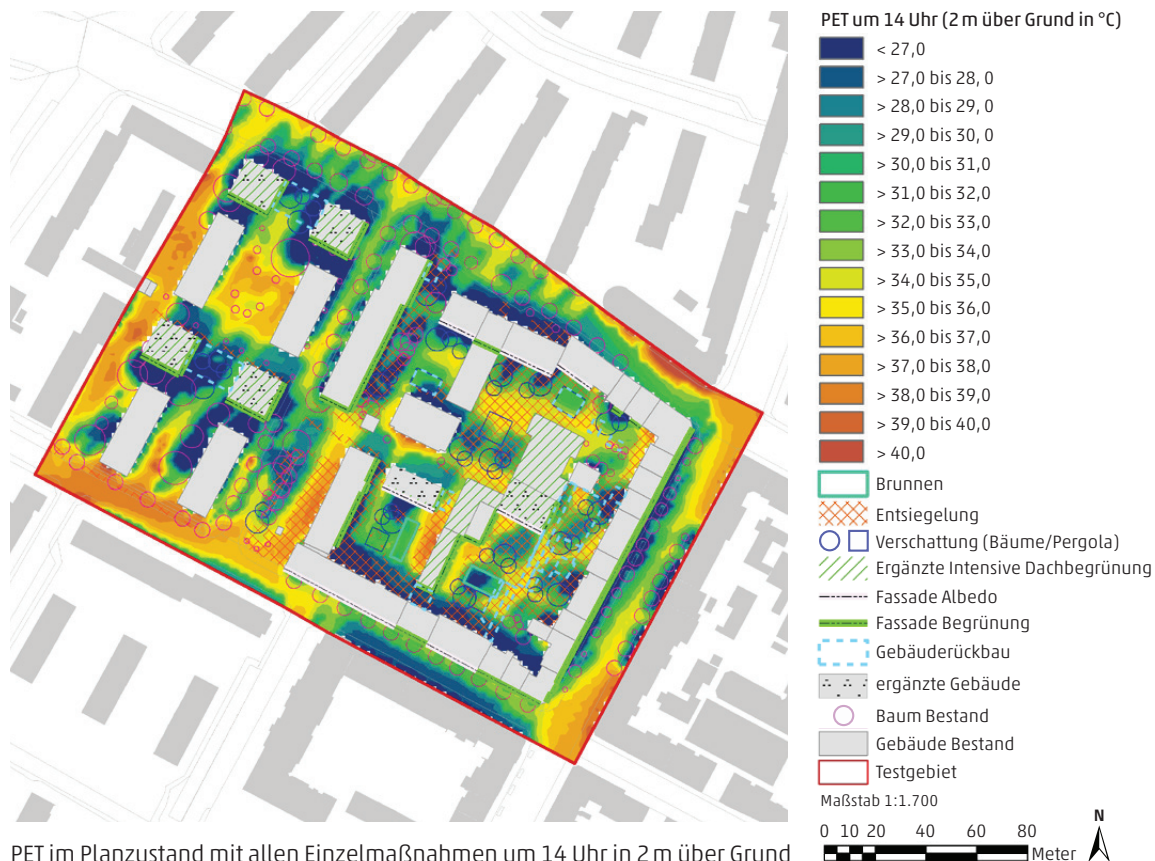
Großteil der einfallenden Sonnenstrahlung und verringert somit die Erwärmung an der Oberfläche. Gegenüber dem Basisszenario nimmt die PET um bis zu 8 K ab. Der Wirkungsbereich dieser Maßnahmen beträgt bis zu 15 m bei entsprechender Abnahme des Wirkungsgrades mit zunehmender Entfernung.

S3 - Intensive Dachbegrünung

Das Szenario 3 sieht als Einzelmaßnahme die intensive Begrünung der Flachdächer vor. Das Wertenniveau der PET im Planzustand entspricht im bodennahen Bereich weitestgehend der Ausgangssituation und führt nur vereinzelt zu einer Reduzierung der PET um bis zu 1 K. Grundsätzlich gilt: Je niedriger das Dachniveau desto größer die Wirksamkeit dieser Maßnahme im Aufenthaltsbereich des Menschen.

S4 - Bäume und Pergolen

Die größten Effekte zeigt, wie in Szenario 4 simuliert, die Beschattung durch Bäume. Diese verringern die PET in Abhängigkeit von der Stammhöhe und des Grünvolumens um bis zu 18 K. Dies ist vor allem auf die Schattenwirkung der Bäume zurückzuführen, wobei sich zugleich auch die Verdunstung von Wasser durch die Bäume reduzierend auf die Temperatur auswirkt. Die von den Bäumen ausgehende Reduktion der PET ist auch in dem näheren Umfeld eines Baumstandortes gegeben, wenngleich sie geringer ist als direkt unter einem Kronendach. Da in diesem Szenario die PET um 14 Uhr betrachtet wird und die Sonne nunmehr nicht im Zenit steht, verschiebt sich der Punkt



PET im Planzustand mit allen Einzelmaßnahmen um 14 Uhr in 2 m über Grund

der maximalen Abkühlung analog zum Schattenwurf einige Meter in Richtung Nordosten. Der Wirkungsbereich umfasst eine Distanz von bis zu 15 m.

S5 - Entsiegelungen/Teilentsiegelungen

Die in Szenario 5 angewandte Maßnahme der Entsiegelung und Teilentsiegelung von Oberflächen zeigt ein stark gedämpftes Temperaturniveau in 2 m über Grund und vermag die PET lokal um bis zu 4,5 K zu senken. Die geringere Oberflächenerwärmung ist bei vollständiger Entsiegelung am intensivsten. Auch die Verwendung von zum Beispiel Rasengittersteinen kann, großflächig eingesetzt, lokal die Lufttemperatur verringern. Der Wirkungsbereich dieser Maßnahme ist aufgrund der teils umfangreichen Entsiegelungen und der unmittelbar angrenzenden Gebäude nicht klar abzumessen.

S6 - Brunnenanlagen

An Sommertagen trägt diese wasserbauliche Maßnahme kleinräumig zu einer Kühlung der Luft bei, wobei die Wirkung nur lokal und nicht in dem gesamten Quartier verortet ist. Im 2-m-Niveau kühlen die Brunnenanlagen die Luft um bis zu 5,5 K am Tag. Zusätzlich dienen zugängliche Wasserelemente für eine direkte Erfrischung durch Nutzung des Wassers zur Abkühlung.

S7 – Summenwirkung aller Einzelmaßnahmen

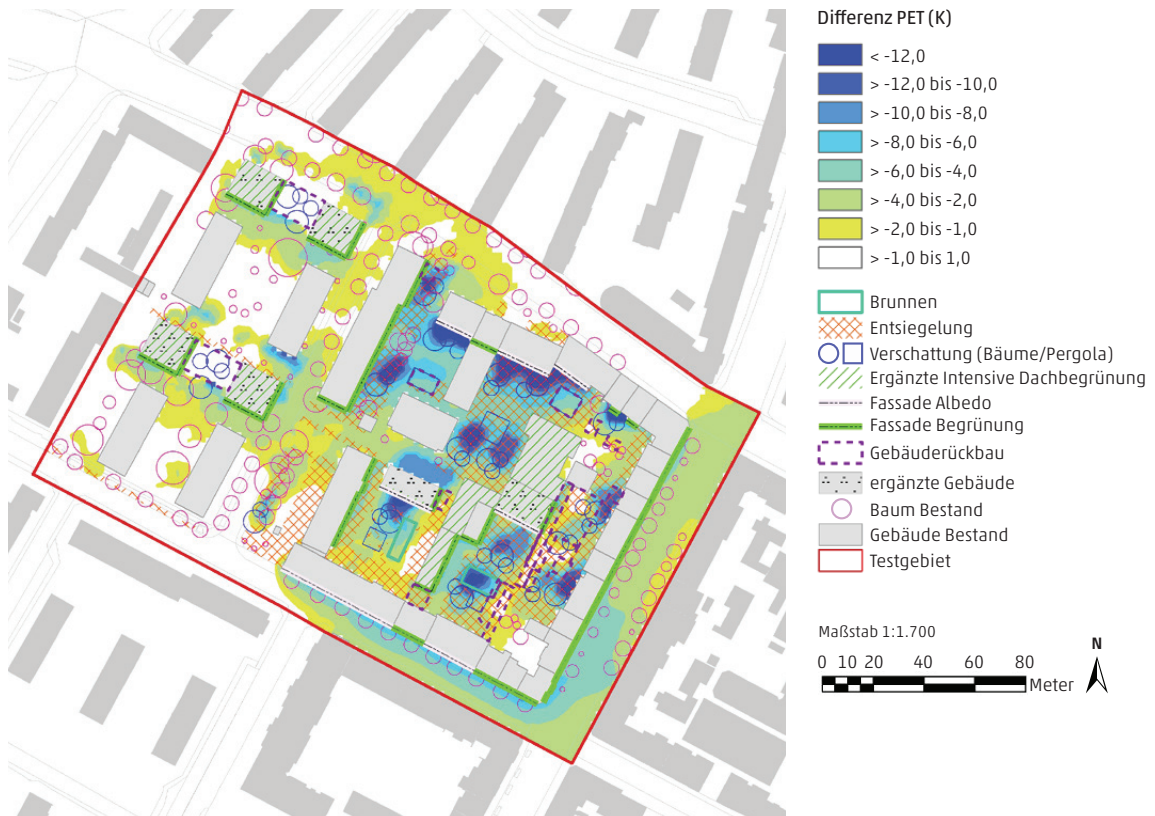
In dem Szenario 7 wurden die Maßnahmen 1 bis 6 zusammengefasst, welche in den Modellrechnungen einzeln

für sich betrachtet worden sind. Es schöpft somit den maximal möglichen Maßnahmenumfang aus. Damit ergibt sich die Möglichkeit, die Summenwirkung aller umsetzbaren Maßnahmen für den Untersuchungsraum zu ermitteln. Es zeigt sich, dass die bodennahen Temperaturen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau verbleiben, wobei Werte von mehr als 38 °C nur noch kleinräumig oder im direkt besonnten Straßenraum erreicht werden. In dem Blockinnenhof führen Entsiegelung sowie Schattenwirkung durch Bäume zu einer deutlichen Reduzierung um bis zu 24 K (Abb. S. 176).

Den Beitrag der zusammenfassenden Einzelmaßnahmen auf die Absenkung der PET zeigen die Differenzabbildungen (Abb. S. 177 oben). Dabei wird vor allem die Reduzierung der Wärmebelastung in dem Blockinnenhof deutlich, welche im Wesentlichen auf die Schattenwirkung und Verdunstungsleistung der Bäume und Fassadenbegrünung in Kombination mit Entsiegelungsmaßnahmen zurückzuführen ist.

Insgesamt lässt sich mit der Umsetzung aller aufgezeigten Maßnahmen die durchschnittliche Wärmebelastung in dem betrachteten Fokusgebiet um etwa 3 K reduzieren. Für eine größtmögliche Wirkung sollten so viele Maßnahmen wie möglich umgesetzt werden. Hierbei sollte nach Prüfung der Umsetzbarkeit die Priorisierung der einzelnen Maßnahmen vorrangig deren Wirksamkeit entsprechen.

Weiterführende Informationen und Beschreibungen zu den einzelnen Maßnahmen finden sich in Kapitel 5.



Temperaturdifferenz (PET) zwischen Basisszenario und Planbeispiel mitsamt allen Einzelmaßnahmen um 14 Uhr in 2 m über Grund

MASSNAHME	PET-DIFFERENZ [K]	WIRKBEREICH [M]
S1 Gebäuderück- und Neubau	bis -6	bis 10
S2 Fassadenbegrünung/Albedo	bis -8	bis 15
S3 Intensive Dachbegrünung	bis -1	bis 8
S5 Bäume und Pergolen	bis -18	bis 15
S6 Entsiegelung	bis -4,5	-
S7 Brunnenanlagen	bis -5,5	bis 3
S8 Kombination aus allen Maßnahmen	bis -24	-

Temperaturdifferenz [in K] und Wirkbereich [in m] der einzelnen Maßnahmen für das Fokusgebiet Stühlinger

6.

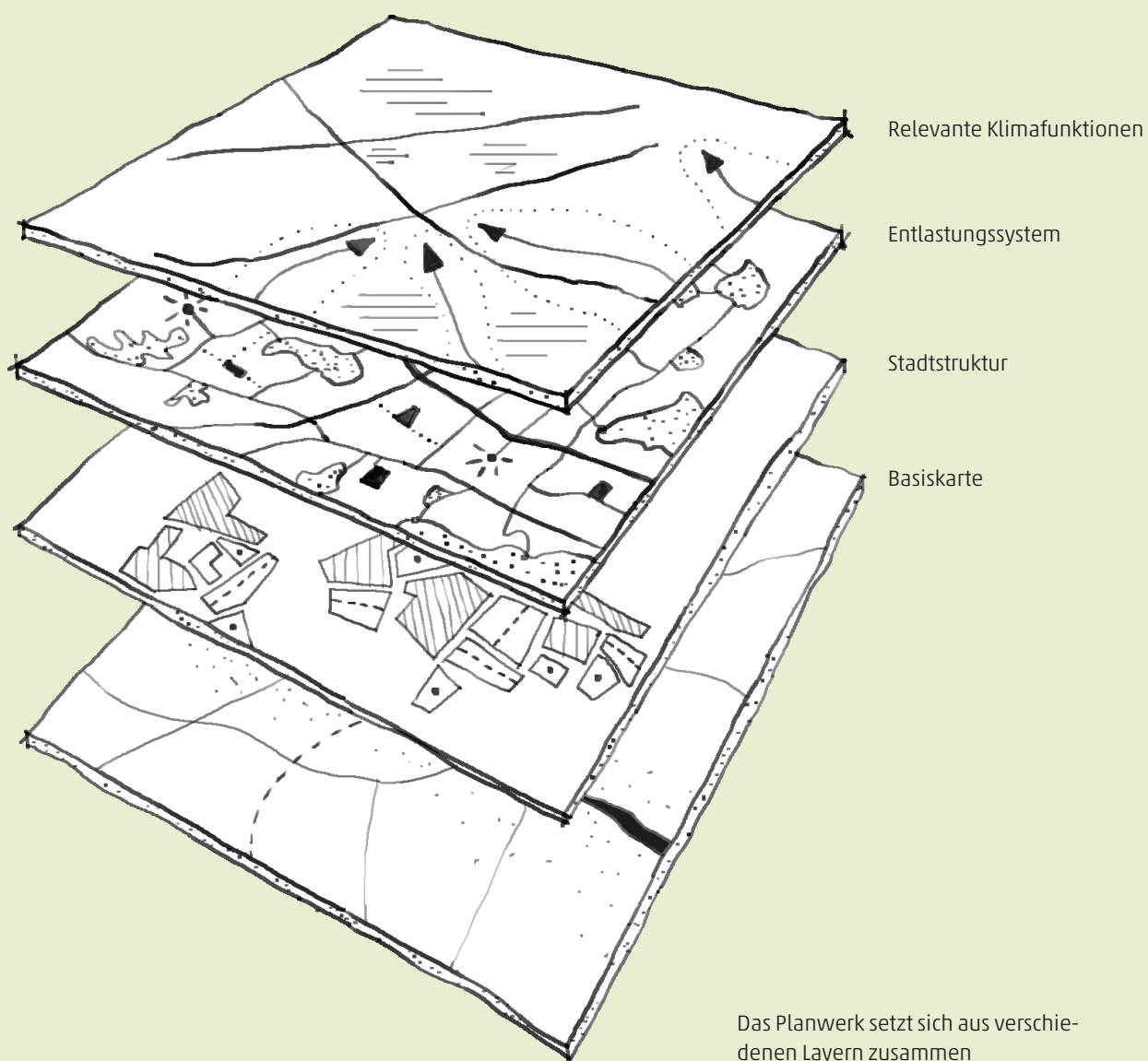
Das Planwerk zum Klimaanpassungskonzept

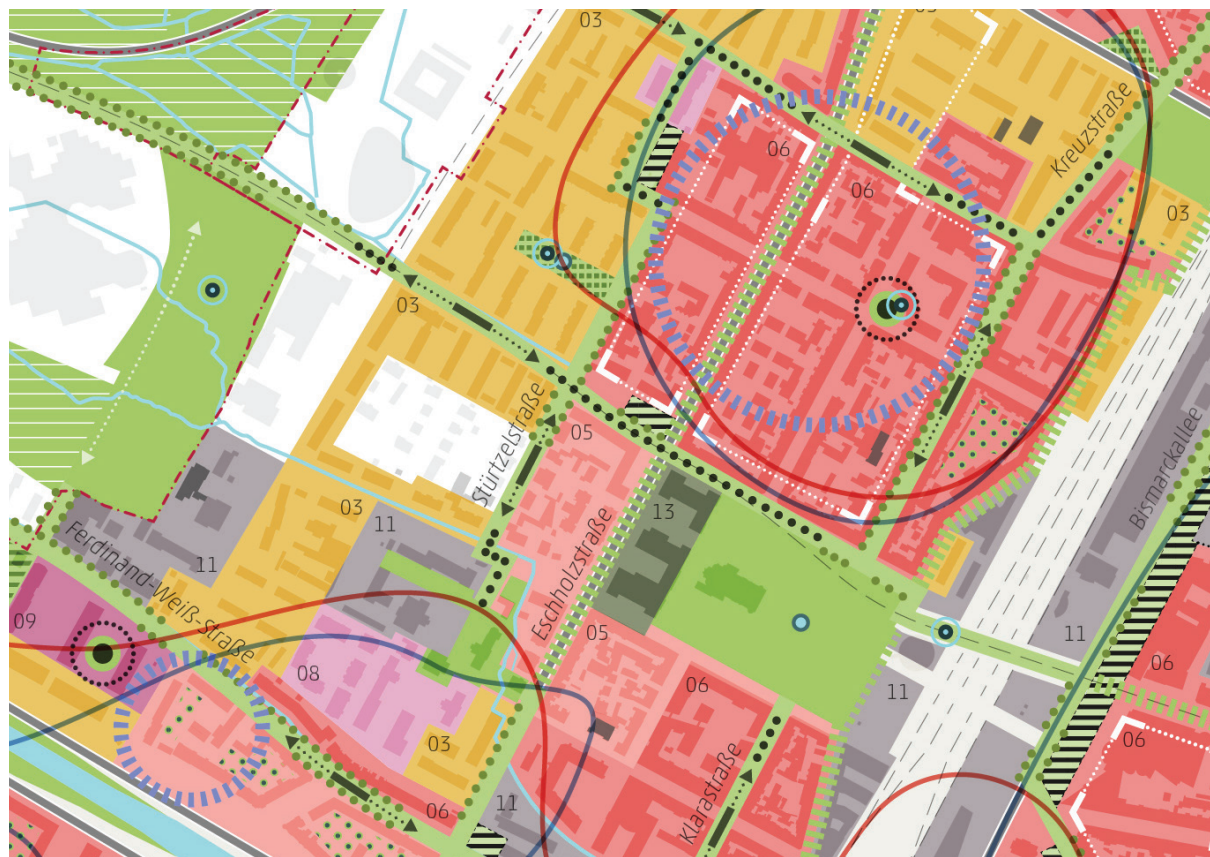
Das Planwerk zum Klimaanpassungskonzept führt alle relevanten konzeptionellen Aussagen für das gesamte Stadtgebiet räumlich konkret und visuell prägnant in Planungskarten zusammen. Das Planwerk und der Bericht sind zum Download unter www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept verfügbar.

Das Planwerk besteht zunächst aus dem Hauptplan, in dem alle konzeptionell relevanten Inhalte gut nachvollziehbar überlagert und dargestellt werden. Dieser Plan weist mehrere inhaltliche Ebenen auf, die sich auch in der Struktur der Legende niederschlagen (Abschn. 6.1). Auf Grundlage einer Basiskarte, die die wichtigsten Straßen und naturräumlichen Gegebenheiten zur Orientierung enthält, finden sich die Ebenen „Stadtstruktur“, „Entlastungssystem“, „Ergänzende Maßnahmen“ sowie „Wasser und Klimafunktionen“. Die Inhalte jeder Ebene greifen dabei unmittelbar ineinander und beziehen sich auf weitere Komponenten des Konzeptes, die in dem Kartenmaßstab nicht dargestellt werden könnten.

Die Farben und Ziffern der Ebene „Stadtstruktur“ entsprechen beispielsweise den jeweiligen Stadtstrukturtypen, die wiederum mit einem spezifischen Portfolio von Anpassungsmaßnahmen gekoppelt sind. Das Entlastungssystem besteht aus geeigneten Entlastungsflächen und einem Netz aus verschatteten Zuwegungen, damit die Bevölkerung der von Hitzebelastung betroffenen Stadträume die Entlastungsflächen auch erreichen kann.

Der Gesamtplan kann in den Teilplan Stadtstruktur und den Teilplan Entlastungssystem separiert werden. Die Teilpläne schaffen dabei eine gute Übersicht über das jeweilige System und klären die entsprechenden Zusammenhänge.





Ausschnitt aus dem Gesamtplan: Stühlinger

6.1 Der Maßnahmenplan als integrierter Gesamtplan

Bei dem Maßnahmenplan des Klimaanpassungskonzepts Freiburg handelt es sich um ein detailliertes und umfassendes Konzept, das für die aus der Vulnerabilitätsanalyse resultierenden betroffenen Stadtstrukturtypen systemisch-strukturelle und konkret-lokale Maßnahmen zur Linderung der Hitzebelastung erarbeitet und kleinräumig verortet. Der integrierte Ansatz des Plans bedingt eine hohe Inhaltsdichte. Dennoch ist der Plan einfach und gut lesbar aufgebaut, wenn man sich die Struktur einmal klargemacht hat. Aus diesem Grund wird der Plan hier mit Hilfe seines Legendenaufbaus vorgestellt.

Der Gesamtplan ist in drei miteinander korrespondierenden Ebenen gegliedert, die sich in der Legende widerspiegeln: Stadtstruktur, Bioklimatisches Entlastungssystem und Relevante Klimafunktionen, die im Folgenden in ihrer Lesart und Nutzbarkeit präsentiert werden.

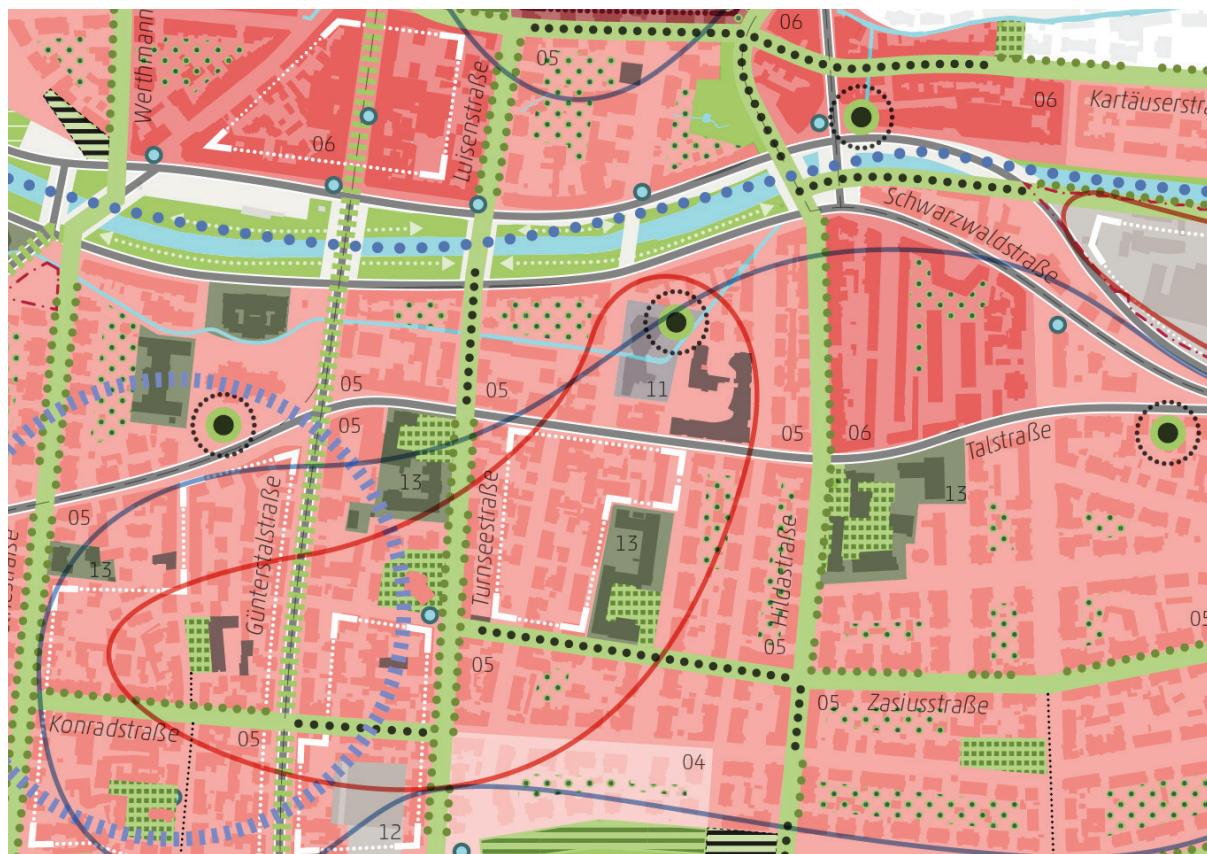
Stadtstruktur

Den Grundlayer des Klimaanpassungsplans bilden die 13 Freiburger Stadtstrukturtypen, die durch eine gesonderte Strukturanalyse des Stadtgebiets unter anderem nach Bebauungsstruktur und Nutzungsart identifiziert und kategorisiert wurden (siehe Legende rechts). In dem Gesamtplan werden hierbei nur die Stadtstrukturtypen abgebildet, die von Hitzebelastung betroffen sind.

BIS 2050 VON HITZEBELASTUNG BETROFFENE STADTSTRUKTURTYPEN | ABSCHNITT 5.4

-  SST 01 | freistehende Einfamilienhäuser
-  SST 02 | kompakte Reihenhäuser
-  SST 03 | Zeilenbebauung
-  SST 04 | Stadtvillen
-  SST 05 | offene Blockrandbebauung
-  SST 06 | geschlossene Blockrandbebauung
-  SST 07 | Kernstadtbereich/Altstadt
-  SST 08 | Heterogener Geschosswohnungsbau
-  SST 09 | Großwohnsiedlung
-  SST 10 | Wohnhochhäuser
-  SST 11 | Großstrukturen
-  SST 12 | Gewerbe/Industrie
-  SST 13 | Schulareale
-  Hot Spot am Tag
-  Hot Spot in der Nacht
-  B-Plan im Verfahren bzw. in Kraft getretener B-Plan
-  Baustuktur
-  sensible Nutzungen innerhalb betroffener Gebiete

Legende „Stadtstruktur“



Ausschnitt aus dem Gesamtplan: Mittel-/Oberwähre

Die Stadtstrukturtypen sind mit einem spezifischen Maßnahmenpaket verknüpft. Das bedeutet, dass jeder Farbe in dem Plan ein Set ganz konkreter Anpassungsmaßnahmen zugeordnet ist, das in dem jeweiligen Gebiet angewandt werden kann. Farblich dargestellt sind nur die von Hitzebelastung betroffenen Gebiete, in denen die Maßnahmenumsetzung vorrangig ist. Dies bedeutet aber nicht automatisch, dass die nicht belasteten Gebiete nicht auch von den Anpassungsmaßnahmen profitieren.

Für die bessere Lesbarkeit und räumliche Orientierung in dem Plan sind auf dem Basislayer auch Hauptverkehrsstraßen, Bahngleise und die bestehende Bebauungsstruktur eingeblendet. Sensible Nutzungen innerhalb der betroffenen Stadtstrukturtypen sind dabei nochmals dunkler hervorgehoben. Über die Umrandungssignatur der Hot Spots Tag (rot) und der Hot Spots Nacht (blau) ist zudem ersichtlich, ob die Bereiche in dem Stadtgefüge nur am Tag, nur in der Nacht oder stets betroffen sind.

Entlastungssystem

Über der Stadtstruktur liegt die Ebene des bioklimatischen Entlastungssystems. Dieses System besteht aus funktionalen Flächen, einem Wegenetz und zusätzlichen verorteten Maßnahmevorschlägen. Ziel des Entlastungssystems ist es, den Bewohnerinnen und Bewohnern der belasteten Gebiete einen möglichst schnellen und einfachen Zugang zu kühleren Erholungsflächen

ENTLASTUNGSFLÄCHEN

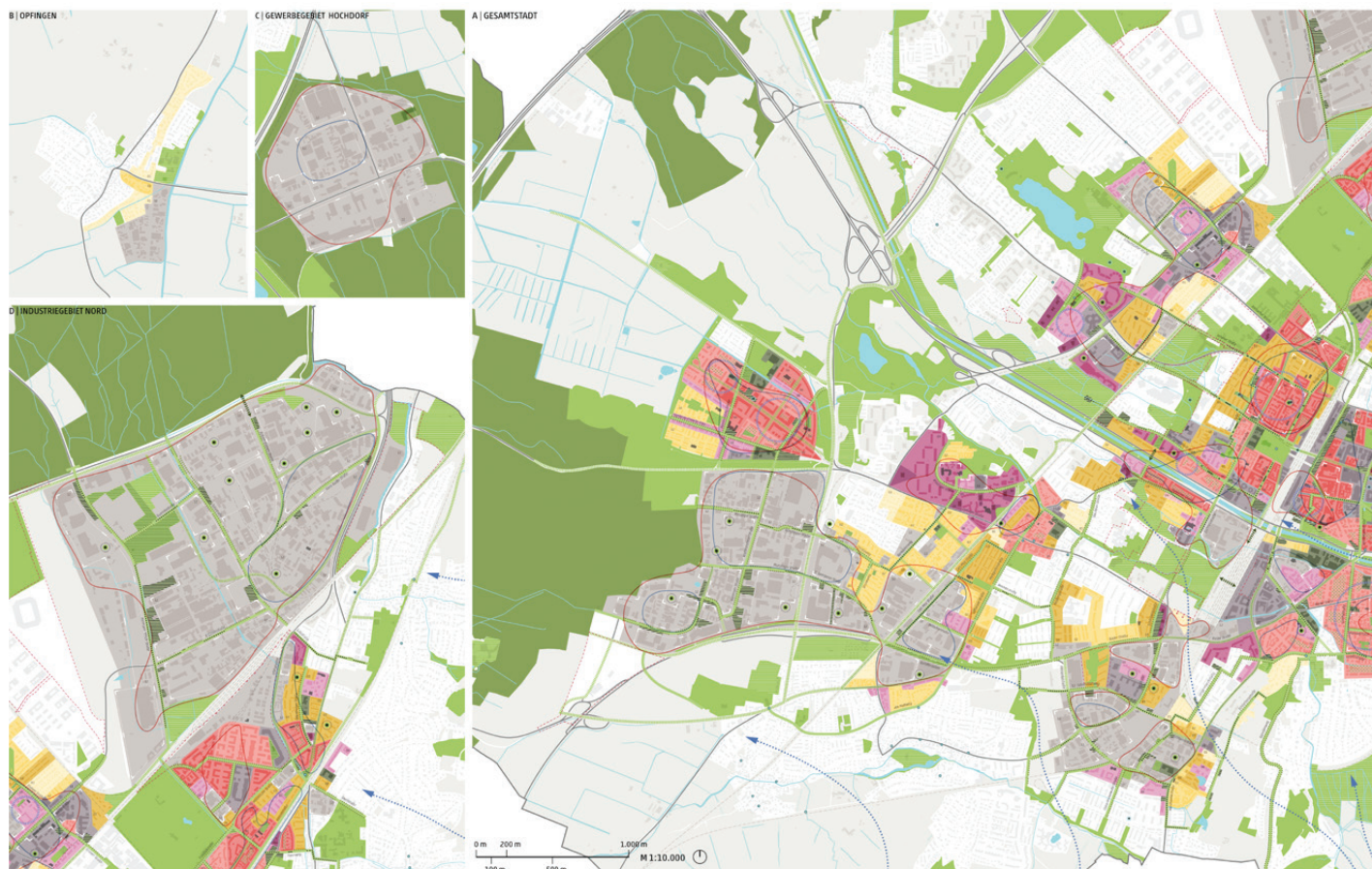
-  Hauptentlastungsflächen
-  lineare Hauptentlastungsflächen
-  Hauptentlastungsflächen: Wald
-  Möglichkeitsräume

Legende „Entlastungsflächen“

einzurichten und bereits „unterwegs“ bestmögliche Schutz- und Entlastungsfunktionen anzubieten.

Die **Entlastungsflächen** sind hierbei Frei- und Grünräume von guter bioklimatischer Vielfalt, die sich jedoch in Größe, Nutzbarkeit, Zugänglichkeit und Zweckbestimmung durchaus unterscheiden:

- > **Hauptentlastungsflächen** sind bioklimatisch vielfältig, verfügen über schattenspendenden Baumbestand und weisen eine Größe von über 1 Hektar auf.
- > **Lineare Hauptentlastungsflächen** bestehen aus mehreren zusammenhängenden Grünräumen, deren Einzelgeometrien kleiner als 1 Hektar sind, deren Flächensumme jedoch 1 Hektar überschreitet.
- > **Wald** gehört auch zu den Hauptentlastungsflächen, wird aber aufgrund seiner besonderen Bedeutung für die Entlastung als eigene Kategorie dargestellt.



Ausschnitte

Hauptkarte

> **Möglichkeitsräume** sind Grün- und Freiräume von über 1 Hektar Größe, die zwar die Eigenschaften von Hauptentlastungsflächen aufweisen, jedoch eine Nutzungs- oder Zugangsbeschränkung aufweisen, zum Beispiel Freibäder oder Kleingartenanlagen. Zukünftig können diese an sich wertvollen Räume durch geeignete Maßnahmen zu Entlastungszwecken (teil-)geöffnet, besser ausgestattet oder umgenutzt werden.

Das **Wegenetz** des Entlastungssystems verbindet die belasteten Stadtstrukturen mit den Entlastungsflächen, um hitzebelasteten Menschen das schnelle Aufsuchen der Entlastungsflächen zu ermöglichen. Entscheidend ist ein möglichst hoher Verschattungsgrad der Wege. Unterschieden wird hier zwischen den Hauptwegen innerhalb von Quartieren, die eine möglichst gute Ausstattung (Bäume, Trittsteine etc.) aufweisen sollen und den ergänzenden Wegen als „Zubringer“ oder „Lückenschluss“ dienen.

Zu prüfen ist, ob es entlang der Hauptwege ausreichenden Baumbestand gibt, der eine verschattete Fortbewegung gewährleistet und ggf. ergänzt werden sollte. Entlang der Hauptwege befinden sich zudem sogenannte „Trittsteine“ als kleinteilige Erholungs- und Pausenräume bei Strecken, die etwa 250 bis 300 Meter Länge ohne Zugang an Entlastungsflächen überschreiten. Hierbei handelt es sich einerseits um kleine Grünflächen mit Erho-

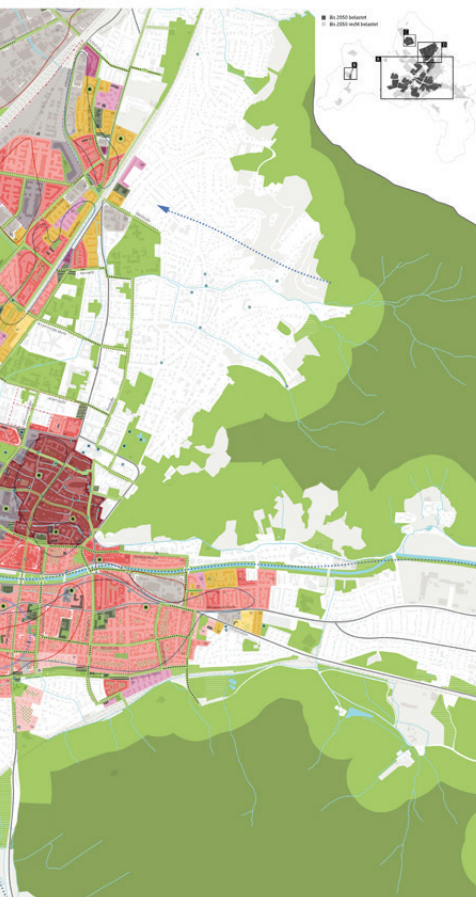
WEGENETZ

-  Hauptwege mit Anschluss an Entlastungsflächen
-  ergänzende Wege
-  Prüfauftrag: Anbindungen an das Entlastungssystem ermöglichen
-  Baumbestand auf den Hauptwegen
-  Prüfauftrag: durchgängige Verschattung durch Baumergänzung auf den Hauptwegen
-  bestehende Trittsteine: kleinteilige Erholungsflächen auf den Hauptwegen erhalten
-  bestehende Trittsteine: Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze als kleinteilige Erholungsflächen auf den Hauptwegen erhalten
-  Prüfauftrag: Flächen zu Trittsteinen qualifizieren
-  Prüfauftrag: Beschattete Straßenräume zu kleinteiligen Erholungsräumen entwickeln

ERGÄNZENDE KOMPONENTEN

-  an das bioklimatische Entlastungssystem angebundene Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze
-  Neueinrichtung und Sicherung von Pocket Parks
-  Suchraum: Entsiegelung, Begrünung und Neueinrichtung von Pocket Parks
-  spezifisches Maßnahmenpaket für die Freiburger Altstadt
-  klimarelevanter Baumbestand in Blockinnenbereichen

Legende „Wegenetz“ und „Ergänzende Komponenten“



BIOKLIMATISCHES ENTLASTUNGSSYSTEM

Das bioklimatische Entlastungssystem ist ein vernetztes System, das bestehend aus funktionalen Flächen, Wegenetzen und Wasser im öffentlichen Raum ist. Es soll die klimatische Belastung im Stadtgebiet mindern und die Lebensqualität verbessern. Das System ist in drei Ebenen unterteilt: die Ebene der funktionalen Flächen, die Ebene des Wegenetzes und die Ebene des Wasser im öffentlichen Raums.

ENTLASTUNGSSYSTEM

Entlastungsflächen sind Flächen, die mit Vegetation, Wasser oder anderen natürlichen Elementen ausgestattet sind und die zur Reduzierung der klimatischen Belastung beitragen. Sie sind in drei Kategorien unterteilt: Hauptentlastungsflächen, lineare Hauptentlastungsflächen und Hauptentlastungsflächen: Wald.

WEGENETZ

Das Wegenetz ist ein vernetztes System, das bestehend aus Hauptwegen, ergänzenden Wegen und Trittsteinen ist. Es soll die Mobilität im Stadtgebiet fördern und die Lebensqualität verbessern.

ERGÄNZENDE KOMponentEN

Die ergänzenden Komponenten sind ein Set von kleinen, funktionalen Flächen, die zur Reduzierung der klimatischen Belastung beitragen. Sie sind in drei Kategorien unterteilt: Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze, Pock Parks und Suchräume.

WASSER IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Das Wasser im öffentlichen Raum ist ein vernetztes System, das bestehend aus Stillgewässern, Fließgewässern und Bächen, bewegten Wasserelementen, Frischwasserbrunnen und Suchräumen ist.

RELEVANTE KLIMAFUNKTIONEN

Die relevanten Klimafunktionen sind ein Set von Parametern, die die klimatische Belastung im Stadtgebiet mindern und die Lebensqualität verbessern. Sie sind in drei Kategorien unterteilt: Kaltluftleitbahnen, primärer Leitbahnbereich, erweiterter Leitbahnbereich und Entwicklungsbereiche von Talabwindssystemen.

Abschnitt „Entlastungssystem“ und „Klimafunktionen“



Abschnitt „Stadtstruktur“

lungsfunktion, aber nur geringer Kapazität, andererseits aber auch um Schulhöfe, Spielplätze oder Kirchenplätze, die bereits eine gute Aufenthaltsqualität aufweisen. Bei Flächen, die zwar noch nicht entsprechend ausgestattet sind, aber dennoch hohes Potenzial besitzen, ist die Möglichkeit einer Qualifizierung als Trittstein zu prüfen.

Auf längeren Strecken ohne (potenzielle) Trittsteine sollte geprüft werden, inwieweit auch im Straßenraum selbst kleinteilige lineare Erholungsräume integriert und entwickelt werden können, etwa in Seiten- oder Randbereichen.

WASSER IM ÖFFENTLICHEN RAUM

- bestehende Stillgewässer
- bestehende Fließgewässer und Bäche
- bewegte Wasserelemente im öffentlichen Raum
- Frischwasserbrunnen
- Suchraum: Anlage von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum

RELEVANTE KLIMAFUNKTIONEN

- Kaltluftleitbahnen
- primärer Leitbahnbereich
- erweiterter Leitbahnbereich
- Entwicklungsbereiche von Talabwindssystemen im Siedlungsbestand

Legenden „Wasser im öffentlichen Raum“ und „Relevante Klimafunktionen“

Die **ergänzenden Komponenten** bilden ein Set von kleinteiligen Entlastungsflächen und Suchräumen, die außerhalb des Entlastungssystems liegen. Hierbei handelt es sich um aktivierbare Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze sowie die Möglichkeit, neue Pocket Parks einzurichten beziehungsweise bestehende auszubauen. Suchräume für Entsiegelung, Begrünung und Neueinrichtung von Pocket Parks sind dann ausgewiesen, wenn im (halb-) öffentlichen Raum keine Möglichkeiten eines Eingriffs bestehen (Gewerbegebiete, Blockinnenbereiche etc.). Einen Spezialfall bildet die Freiburger Altstadt mit einem spezifischen Maßnahmenpaket.

Die Kategorie **Wasser im öffentlichen Raum** zeigt auf, wo sich Brunnen, Bäche und bestehende Fließ- und Stehgewässer befinden. Mit entsprechenden Suchräumen wird auf potenzielle Neueinrichtungsbedarfe von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum hingewiesen.

Relevante Klimafunktionen

Den abschließenden Layer bilden die relevanten Klimafunktionen als übergeordnete Parameter für die Hauptzuwegung, Entwicklung, Orientierung und Vernetzung des Entlastungssystems. In dem integrierten Gesamtplan werden hier aus Gründen der Lesbarkeit lediglich die Kaltluftleitbahnen gezeigt, für ausführliche Informationen wird auf den Teilplan Stadtstruktur verwiesen.

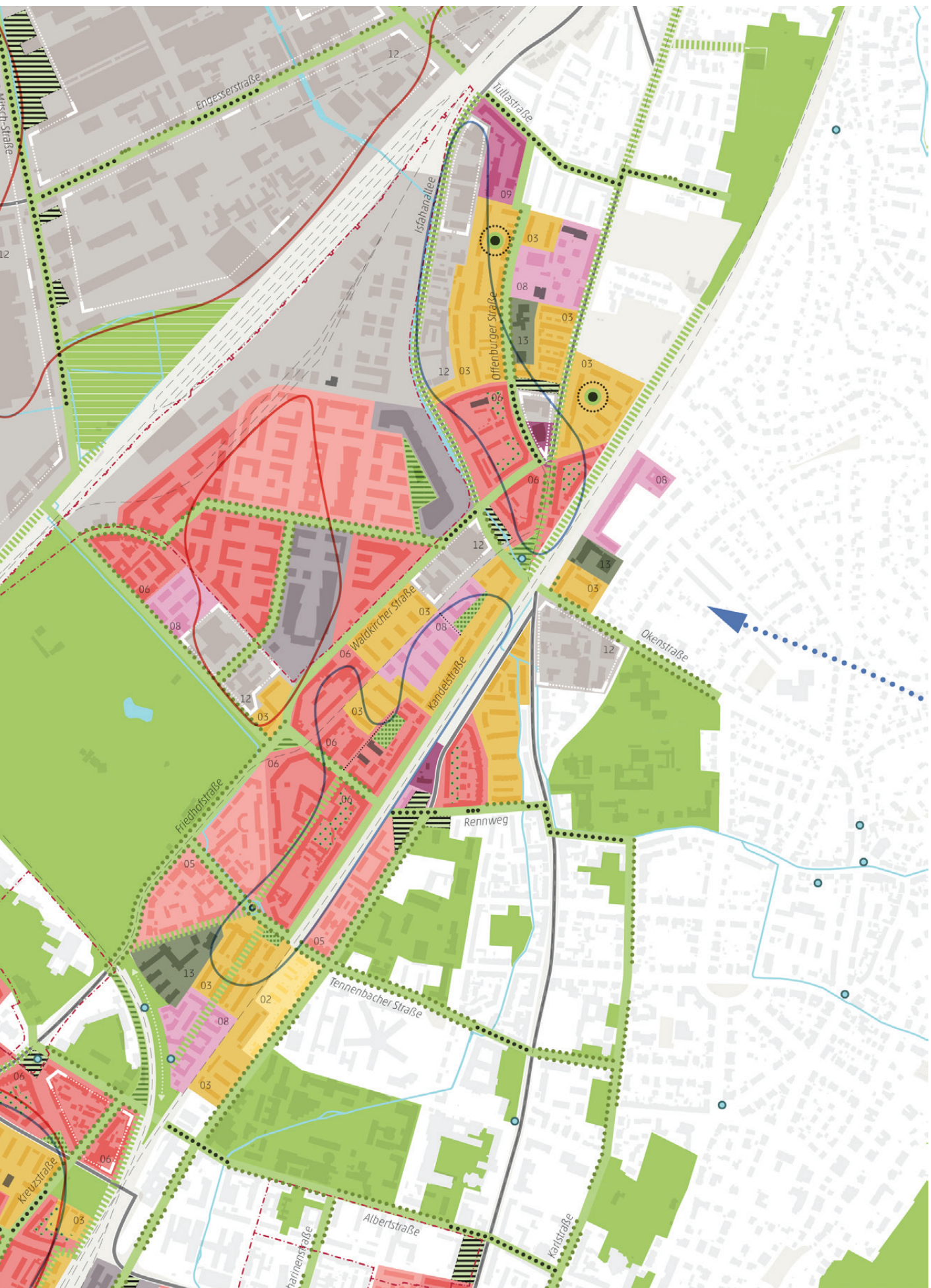


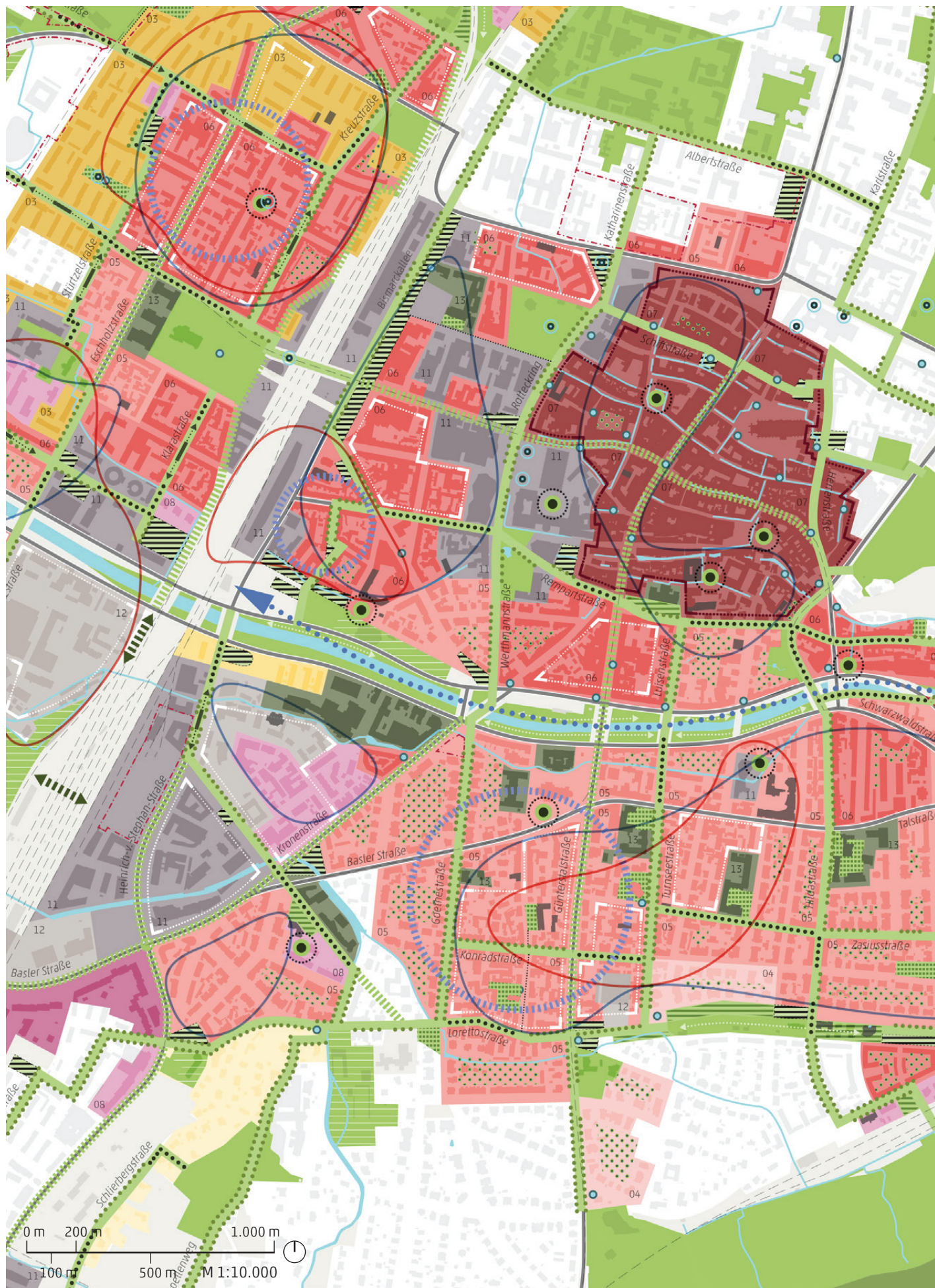
Ausschnitt aus dem Maßnahmenplan



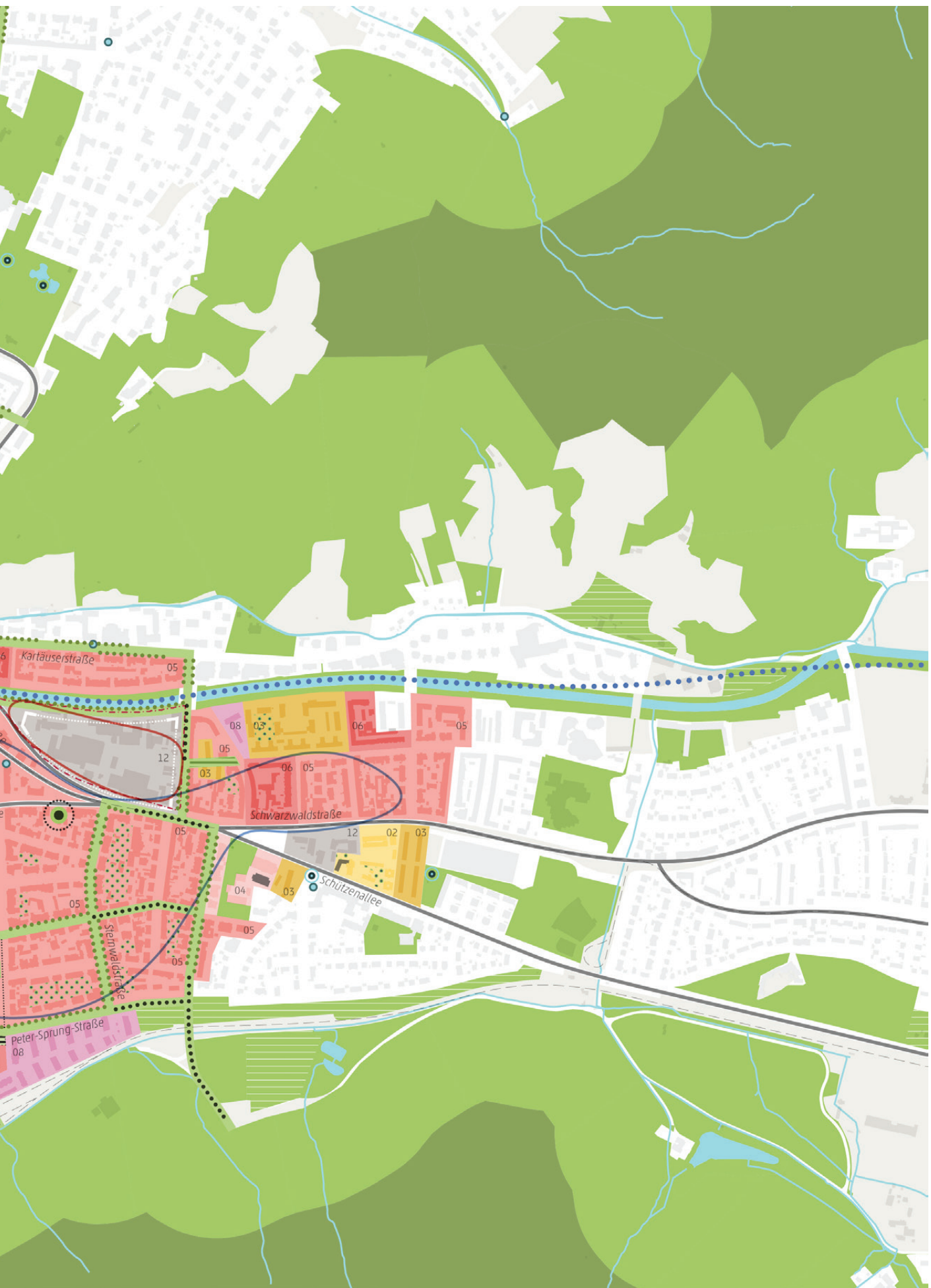


Ausschnitt aus dem Maßnahmenplan: Betzenhausen, Mooswald, Brühl und Zähringen



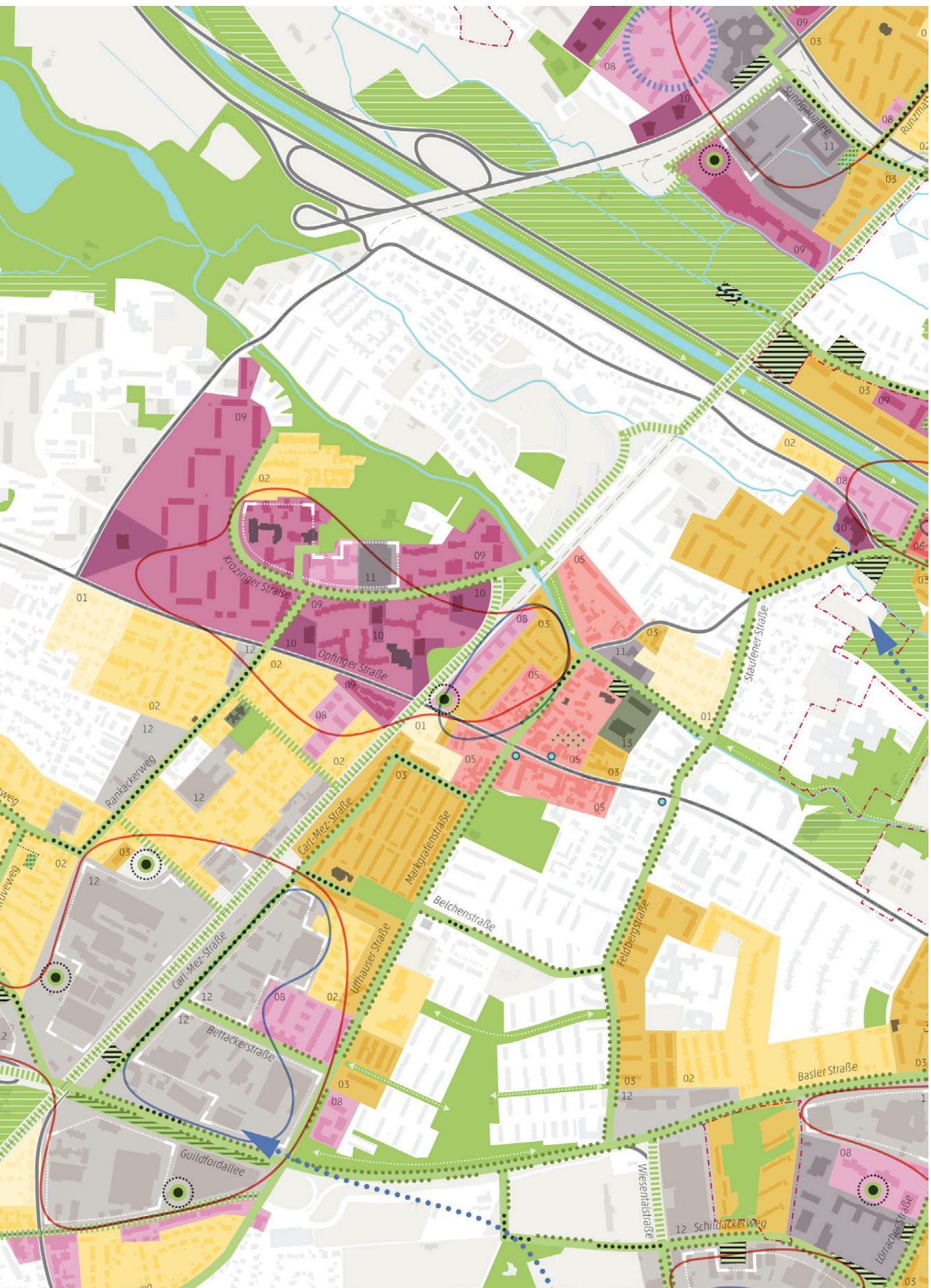


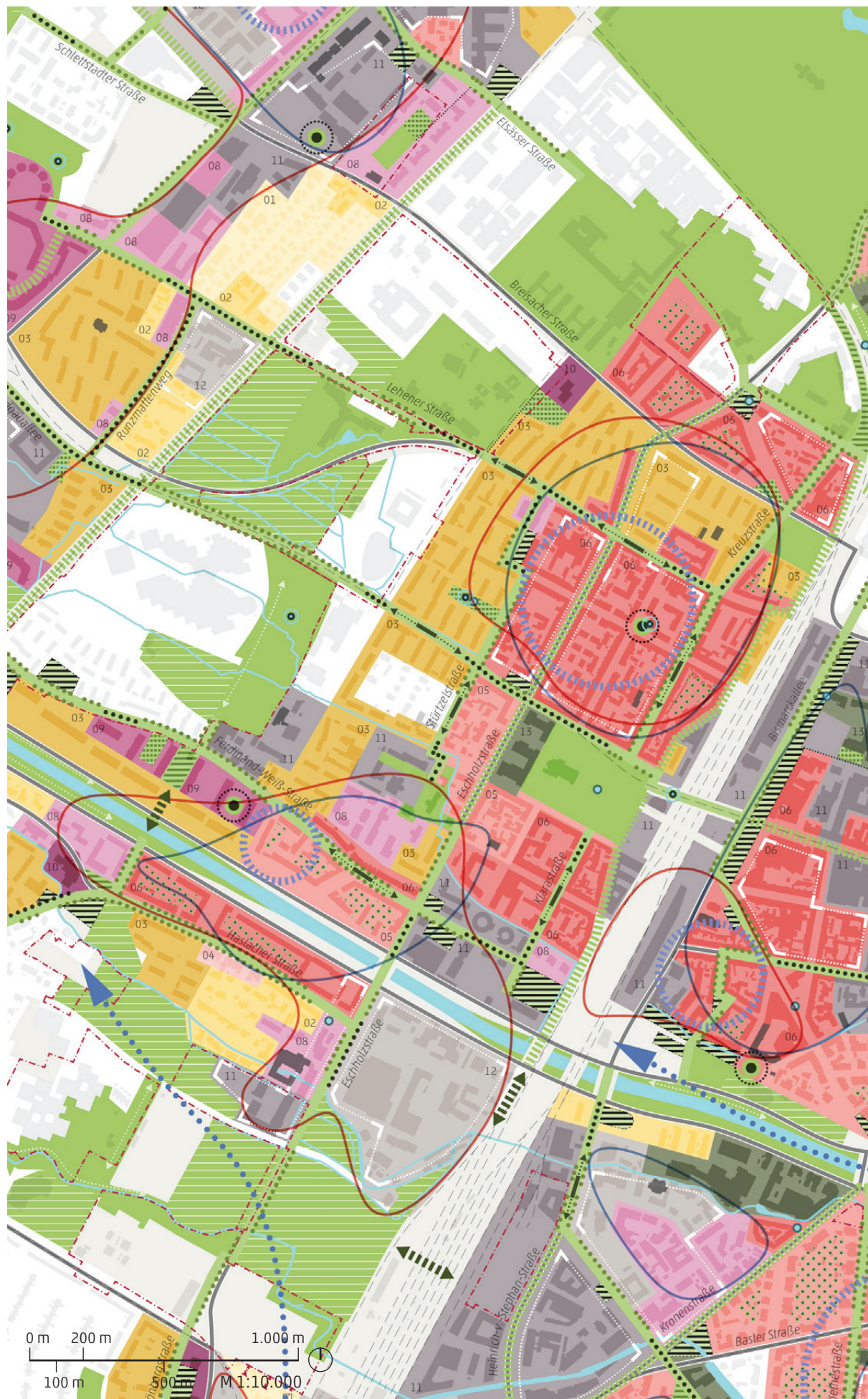
Ausschnitt aus dem Maßnahmenplan: Altstadt, Wiehre und Oberau



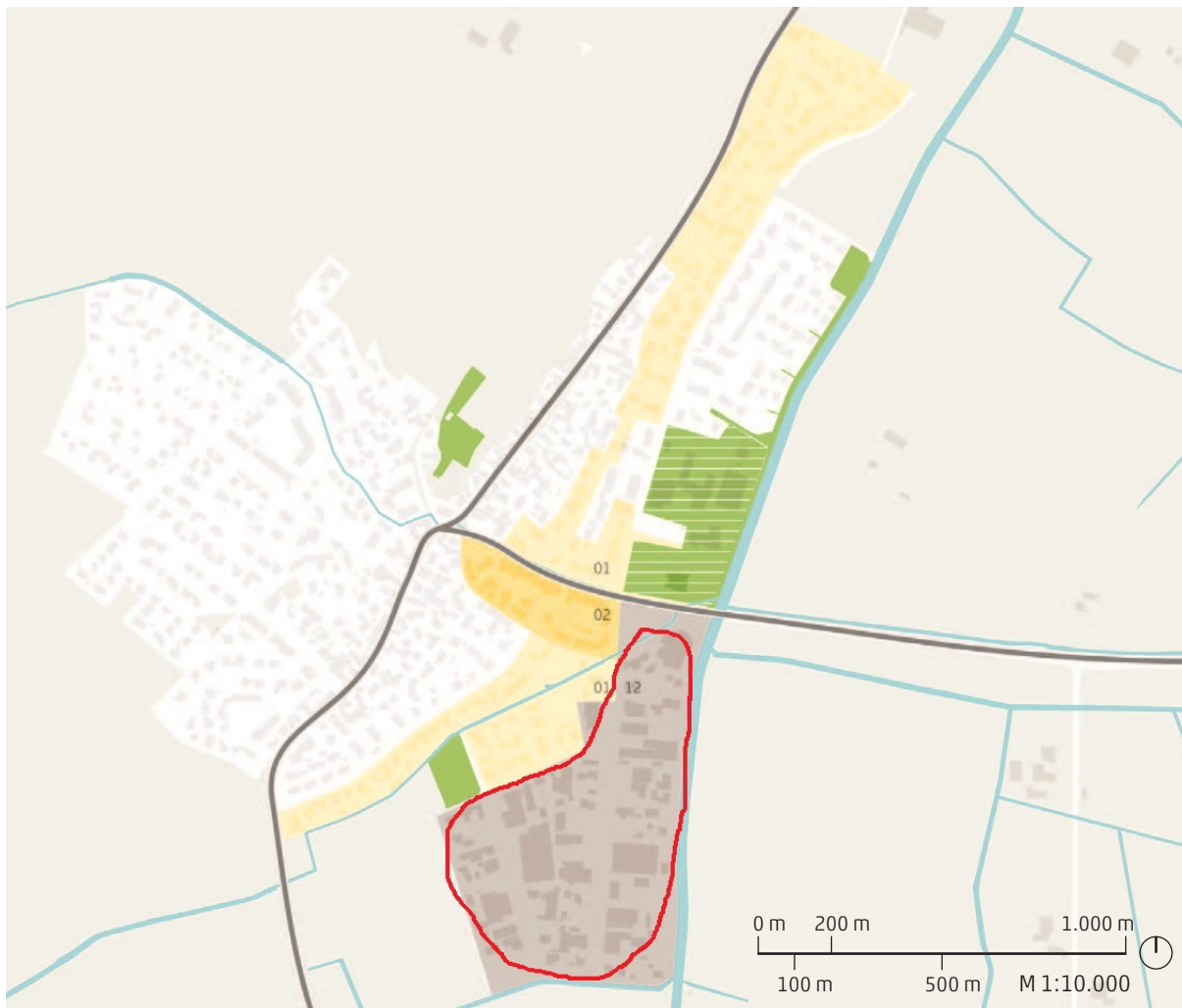


Ausschnitt aus dem Maßnahmenplan: Rieselfeld, Haid, Haslach, Weingarten





Legende III Maßnahmenplan: siehe S. 207



Legende III Maßnahmenplan: siehe S. 207

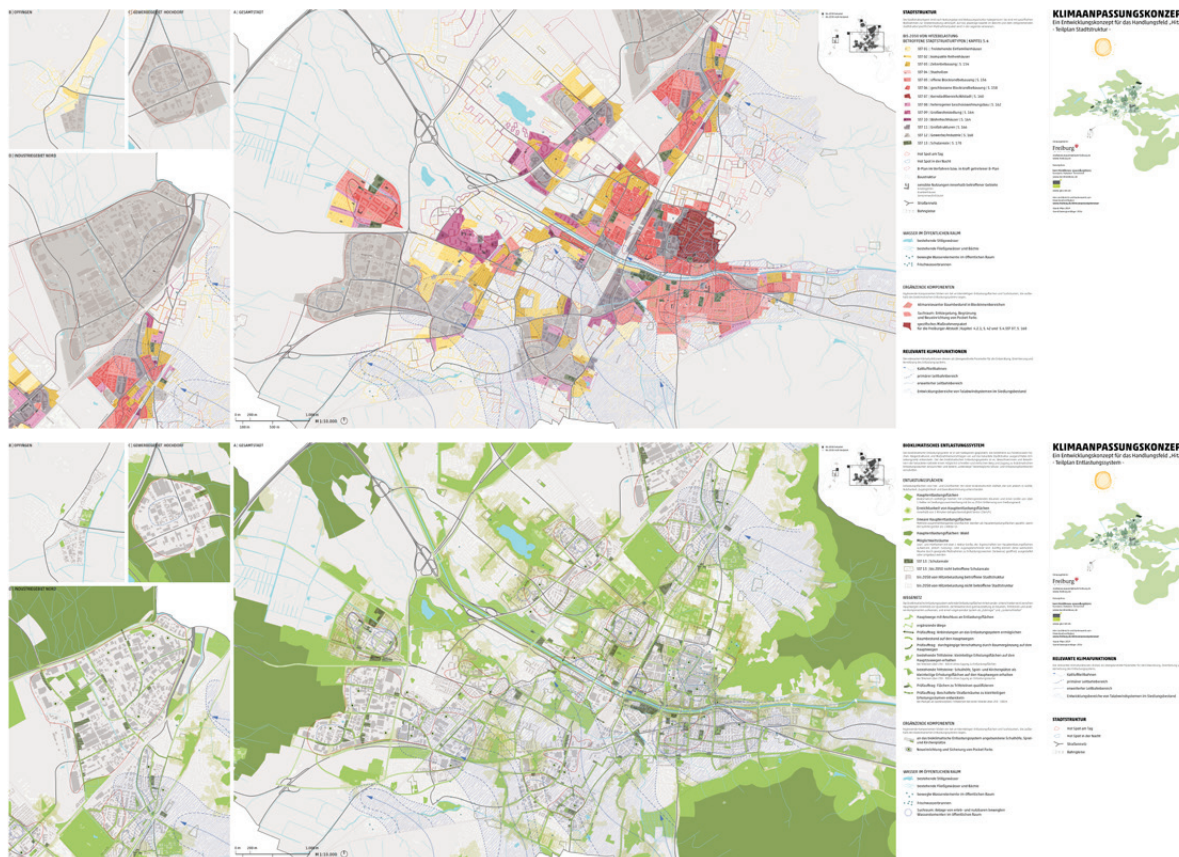


Ausschnitte aus dem Maßnahmenplan: B | Opfingen (oben) und C | Gewerbegebiet Hochdorf (unten)



Ausschnitt aus dem Maßnahmenplan: D | Industriegebiet Nord





Teilplan „Stadtstruktur“ (oben) und Teilplan „Entlastungssystem“ (unten)

6.2 Die Teilpläne Stadtstruktur und Entlastungssystem

Die Inhalte des Klimaanpassungskonzepts lassen sich in zwei thematische Teilpläne separieren: den Teilplan Stadtstruktur und den Teilplan Entlastungssystem. Durch diese Trennung können einerseits die jeweiligen Inhalte prägnanter und als System visuell schlüssiger dargestellt werden. Andererseits können dabei auch für die jeweilige Thematik relevante Planinhalte hinzugefügt werden, die den Gesamtplan grafisch überfrachten würden.

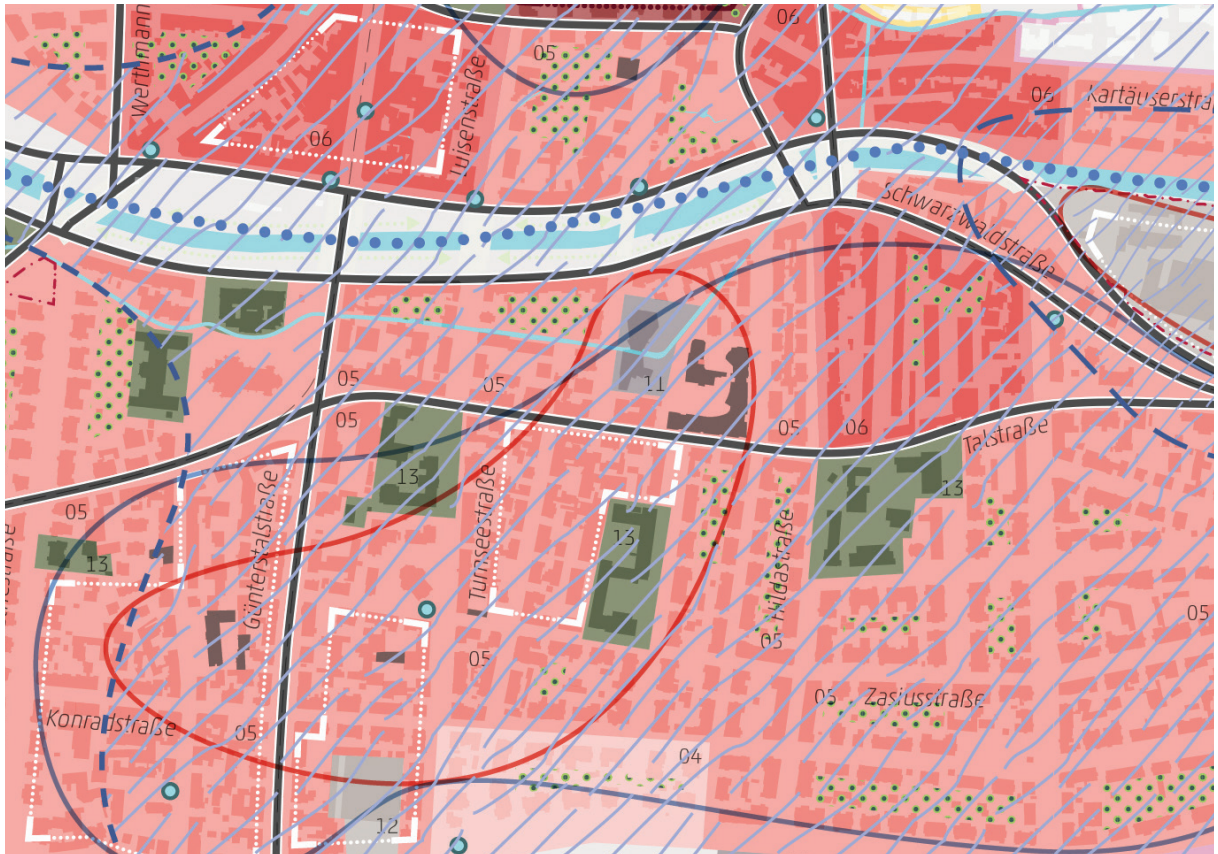
Der **Teilplan Stadtstruktur** beschreibt nur die auf den bebauten Raum bezogenen Inhalte. Neben den betroffenen Stadtstrukturtypen mit dem korrespondierenden Maßnahmenportfolio werden nun auch die nicht betroffenen Gebiete innerhalb des Kartenausschnittes dargestellt. Hinzu kommen außerdem kleinräumige Aussagen zu klimarelevanten und damit erhaltenswerten Baumbeständen in Blockinnenbereichen.

Einen wesentlichen besonderen Inhalt dieses Teilplans stellen die erweiterten Klimafunktionen dar: Der Teilplan zeigt zusätzlich zu den reinen Kaltluftleitbahnen auch deren primären und erweiterten Leitbahnbereich mit dem dazwischenliegenden Entwicklungsbereich, der besondere Anforderungen an alle baulichen Entwicklungen stellt (siehe Abschn. 2.3 und Kap.5).

Der **Teilplan Entlastungssystem** vereint hingegen alle Inhalte des „grünen Netzes“ und fügt weitere relevante Informationen hinzu. Durch die Reduktion auf das Entlastungssystem wird das Prinzip der einzelnen Flächen- und Wegekomponenten sehr deutlich. Es entsteht ein Netz mit prioritären und nachgeordneten Straßen- und Wegeräumen, an denen städtische Eingriffe geprüft und eingeordnet werden können.

Ergänzt wird hier insbesondere der fußläufige 5-Minuten-Einzugsbereich der Entlastungsflächen, durch den gerade die unterversorgten Stadträume gut zum Vorschein kommen. Aber auch die bereits oben erwähnten Leitbahn- und Entwicklungsbereiche überlagern das Entlastungssystem und verstärken das Verständnis für die Bedeutung der einzelnen Frei- und Grünräume für das Kaltluftprozessgeschehen.

Die beiden Teilpläne dienen gemeinsam mit dem Integrierten Gesamtplan als Leitplanken und Instrument für die Verortung, Einordnung und Priorisierung klimarelevanter Umbauten und Maßnahmenumsetzungen in dem Stadtgebiet der Stadt Freiburg.



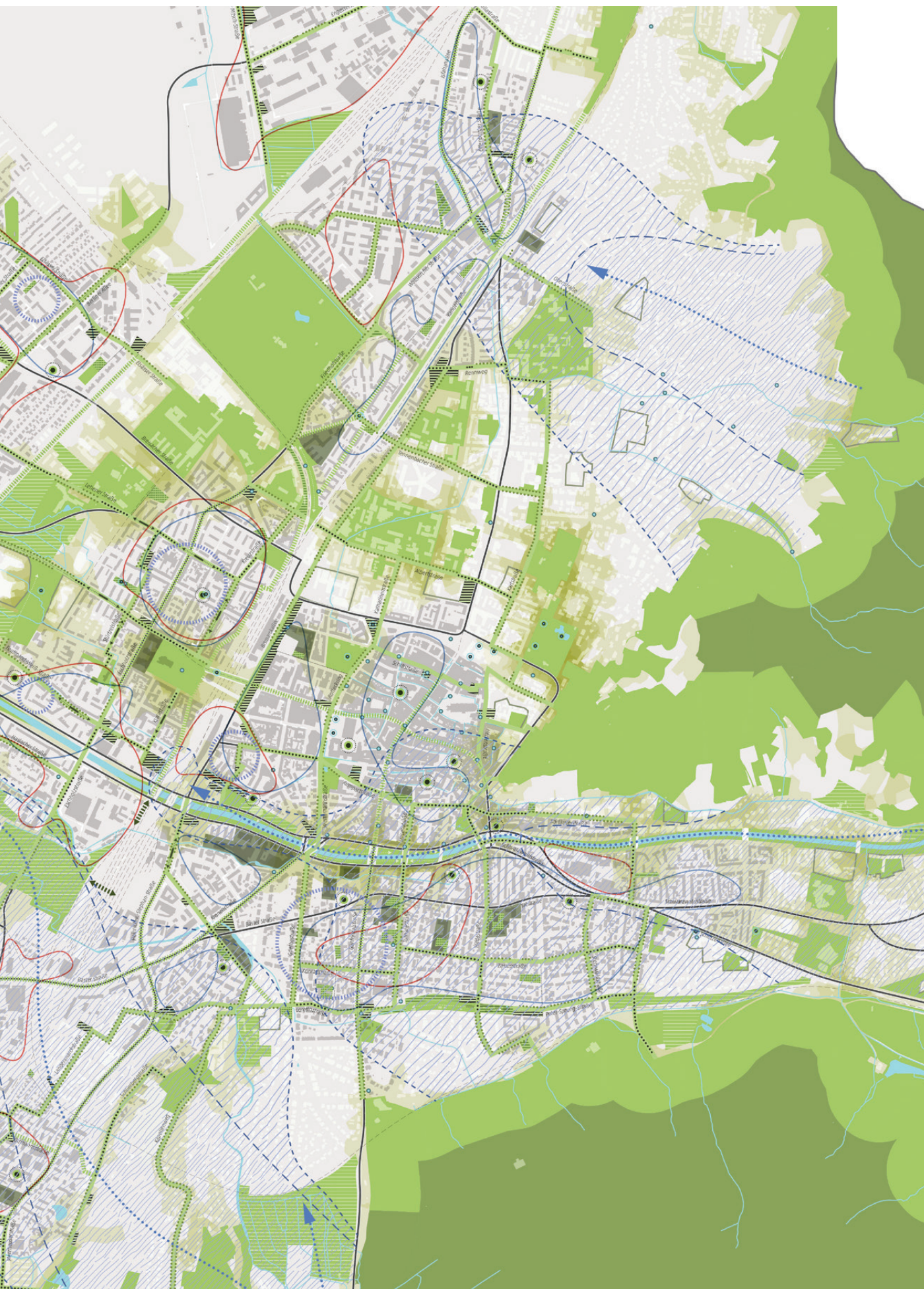
Ausschnitt aus dem Teilplan Stadtstruktur: Mittel-/Oberwähre



Ausschnitt aus dem Teilplan Entlastungssystem: Stühlinger



Ausschnitt aus dem Teilplan Entlastungssystem



Literaturverzeichnis

Gedruckte Literatur

- Bettgenhäuser, K. et al. (2011): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Schriftenreihe Climate Change des UBA. UFO-Planvorhaben 3708 41 110.
- DDV (=Deutscher Dachgärtner Verband e.V.) (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele.
- EnEV (2013): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV).
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2000): Fassadenbegrünungsrichtlinie – Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen von Kletterpflanzen.
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2002): Pflege und Wartung von Begrüntem Dächern. FLL: Selbstverlag.
- FLL (=Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2008): Dachbegrünungsrichtlinie - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL: Selbstverlag.
- Groß, G. (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. In: Phys. Atmosph., H 62, S. 57-72.
- Groß, G. (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg.
- Groß, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- Groß, G. (2012): Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 21, No. 2, S. 173-181.
- Groß, G. (2012b): Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 21, No. 4, S. 400-412.
- Jendritzky, G. et al. (1990): Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). In: Akad. Raumforsch. Landesplan. Nr. 114.
- Kuttler, W. (2013): Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh, 2. Auflage.
- MKULNV (=Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2010): Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. MUNLV: Selbstverlag.
- OKE, T. R. (1973): City size and the urban heat island. In: Atmospheric Environment (1967), Vol. 7, Issue 8, S. 769-779.
- Pfoser, N. et al. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.
- Scherer, D. (2007): Viele kleine Parks verbessern Stadtklima. Mit Stadtplanung Klima optimieren. TASPO Report: Die grüne Stadt, S. 15.
- Schönwiese, C.-D. (2008): Klimatologie. Stuttgart, 3. Auflage.
- Sieker, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. mbH (2014): Arbeitsmaterialien Forschungsprojekt KURAS - Maßnahmensteckbriefe. Internes Dokument.
- Matzarakis, A. und Mayer, H. (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18, 7-10.
- Xue, F., Xiaofeng Li und Zhiqin Zhang (2014): Numerical Study on Thermal Environment around the Fountain, Proceedings 7. Japanese-German Meeting, Hannover.

Internetquellen

- Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) (2010): Technische Regel für Arbeitsstätten: Raumtemperatur, ASR A3.5. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (28.08.2015). Verfügbar unter: <http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/1108456/publicationFile/89166/ASR-A3-5.pdf>, Zugriff am: 26.10.2015.
- Baudialog (2015): Sommerlicher Wärmeschutz. Verfügbar unter: <http://www.baudialog.de/bauen/infos-fuer-bauherren/sommerlicher-waermeschutz>, Zugriff am: 26.10.2015.
- Baunetz Wissen (2015): Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz. Verfügbar unter: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade_Begrenzung-des-Energieeintrages_154561.html, Zugriff am: 26.10.2015.
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2017): Klimawandel-gerechte Metropole Köln. Verfügbar unter: http://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_koeln/stadtpl_koeln_node.html, Zugriff am: 02.07.2018.
- SenStadtUm (=Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin) (Hrsg.) (2015): Flächenmonitoring Berlin, Stand 02/2015. Verfügbar unter: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/flaechenmonitoring/, Zugriff am: 26.10.2015.
- Stadt Freiburg (2014): Quartier Vauban - Von der Kaserne zum Stadtteil, Abschlussbericht zur Entwicklungsmaßnahme Vauban, 1992 - 2014. Verfügbar unter: https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E-21002v60/1032280/Abchlussbericht%20Vauban_170516.pdf, Zugriff am: 21.12.2017.
- Stadt Freiburg (2017): Förderprogramm der Stadt. Verfügbar unter: <http://www.freiburg.de/pb/L-de/232441.html>, Zugriff am: 13.04.2017.
- Stadt Sindelfingen (2001): Belüftungsanalyse für das Stadtgebiet von Sindelfingen. Verfügbar unter: http://www.ima-umwelt.de/fileadmin/Dokumente/Klima/belueftungsanalyse_sindelfingen.pdf, Zugriff am: 26.10.2015.
- UBA (=Umweltbundesamt) (2015): Gebäudeklimatisierung in Deutschland. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/gebaeudeklimatisierung>, Zugriff am: 26.10.2015.

Abbildungsverzeichnis

- Deckblatt, S. 8 -11, 13 - 14, 28 - 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70 - 71, 72 - 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92 - 94, 96, 98, 99 oben, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150 - 153; 154 - 173 jeweils Abb. linke Seite und rechte Seite oben; 174, 179 - 199, Legende II, Legende III und Rückseite: berchtoldkrass space&options
- S. 12, 16 - 17, 19 - 24, 26 - 27; 43 - 69 jeweils Abb. rechte Seite unten links und rechts; 75 oben links und unten, 85 unten, 95 oben und unten, 97, 99 unten, 101 unten rechts, 103, 105 Mitte und unten, 107 unten, 109 Mitte und unten, 111 Mitte und unten, 113 unten, 115 unten links und rechts, 117 oben und unten, 119 oben und unten, 121 oben und unten, 123 oben und unten, 125 unten, 127 oben und unten, 129 unten rechts, 131 oben und unten, 133 unten, 135 unten, 137 unten, 139 Mitte und unten, 141 unten, 143 unten links modifiziert und rechts, 145 unten rechts, 147 unten links und rechts, 149 oben und unten, 175 - 177 und Legende I: GEO-NET Umweltconsulting GmbH
- S. 18 modifiziert:
Micro Macro & Mezzo Geo information 8/2017 (International Scientific Journal) - Scientific Figure on ResearchGate. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-the-Heat-Island-Effect-profile-according-with-urban-morphology-the_fig3_317416236, Zugriff am: 20.07.2018.
- S. 25:
DWD (2017) – Deutscher Wetterdienst: Klimawandelgerechte Metropole Köln. Verfügbar unter: http://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_koeln/stadtpl_koeln_node.html, Zugriff am: 02.07.2018.
- S. 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69 jeweils Abb. oben; 75 oben rechts, 81 oben, 83 oben, 85 oben, 87 oben, 89 unten, 91, 101 oben, 105 oben, 107 Mitte, 113 oben und Mitte, 115 oben, 117 Mitte, 121 Mitte, 125 Mitte, 127 Mitte, 133 Mitte, 135 oben, 137 oben und Mitte, 139 oben, 141 oben und Mitte, 145 oben und unten links sowie 147 oben; 150; 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171 und 173 jeweils alle Abb. unten: Stadt Freiburg i. Br.
- S. 77 oben, 87 unten, 89 oben, 101 unten links, 111 oben, 123 Mitte, 125 oben, 133 oben, 135 Mitte: Pixabay
- S. 77 unten modifiziert:
Wilhelm Kuttler (2011): Climate change in urban areas Part 2, Measures. Environmental Sciences Europe. Verfügbar unter: <http://www.enveurope.com/content/23/1/21>, Zugriff am: 02.07.2018.
- S. 79 oben, 81 unten, 109 oben:
Stadt Freiburg i. Br., Vermessungsamt
- S. 79 unten und 119 Mitte:
Wikimedia, Andreas Schwarzkopf. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vauban_Gr%C3%BCnspange.jpg (S. 79) und https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gr%C3%BCnkeil_Rieselfeld_1.jpg (S. 119), mit Lizenzen <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en> und <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>, Zugriff am 02.07.2018.
- S. 85 unten:
Megapoli (2010): MEGAPOLI Scientific Report 10-01, Global to City Scale Urban Anthropogenic Heat.
- S. 95 Mitte und 107 oben:
MVI (=Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg) (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung.
- S. 99 Mitte:
pesch partner architekten stadtplaner BDA SRL (2014): Freiraumkonzept Stühlinger. Verfügbar unter: http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E-726183081/751280/STELL-Stuehlinger_Freiraumkonzept.pdf, Zugriff am: 11.04.2017.
- S. 129 oben:
KfW Bankengruppe: KfW-Infografik. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Pressematerial/Themen-kompakt/EBS/>, Zugriff am 20.07.2018.
- S. 129 unten links:
Urs Dischler
- S. 143 oben:
Optigrün international AG
- S. 149 Mitte links modifiziert:
Luce Ponsar, Métropole de Lyon
- S. 149 Mitte rechts:
Jacques Leone, Métropole de Lyon

Legenden

Auf den nachfolgenden Seiten befinden sich drei Legenden, die zu den Karten und Darstellungen in den Analyse- und Konzeptkapiteln gehören.

Legende I erklärt die Klimaanalysekarten in dem Kapitel der modellbasierten Klimaanalyse (Abschn. 2.3, S. 22 - 23) sowie in den Steckbriefen des Kapitels der Freiburger Hot Spots (Abschn. 4.2, S. 42 - 69).

Legende II erläutert die Maßnahmen der Maßnahmenpakete für die verschiedenen Stadtstrukturtypen (SST), die anhand der Fokusgebiete exemplarisch dargestellt werden (Abschn. 5.4, S. 152 - 173).

Legende III bietet eine Lesehilfe für die Ausschnitte des Maßnahmenplans (Abschn. 6.1, S. 180 - 195).

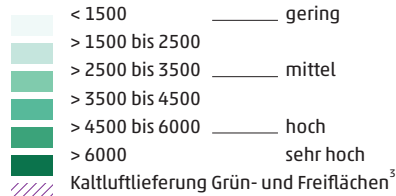
Legende I Klimaanalysekarten

Klimaanalysekarte Nachtsituation 4 Uhr

Grün- und Freiflächen

Kaltluftlieferung der Grün- und Freiflächen^{1,2}

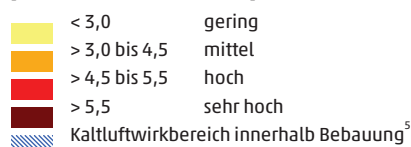
Kaltluftvolumenstrom pro Rasterzelle [in m³/s, um 4:00 Uhr]



Siedlungsräume

Wärmeinseleffekt in den Siedlungsflächen⁴

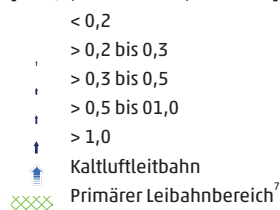
Temperaturabweichung gegenüber Grün- und Freiflächen [in K, um 4:00 Uhr, 2 m ü. Gr.]



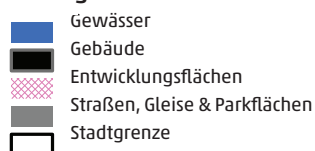
Luftaustausch

Strömungsfeld⁶

Mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit [in m/s, um 4:00 Uhr, 2 m ü. Gr.]



Sonstiges

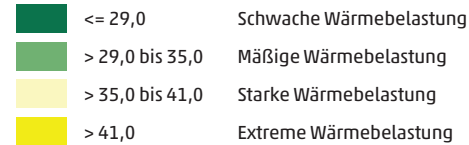


Klimaanalysekarte Tagsituation 14 Uhr

Grün- und Freiflächen^{1,2}

Bioklimatische Situation

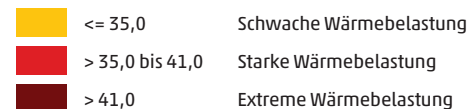
Basierend auf der PET [in °C, 14:00 Uhr, 2 m ü. Gr.]



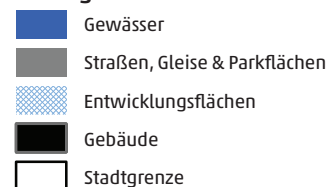
Siedlungsräume

Bioklimatische Situation

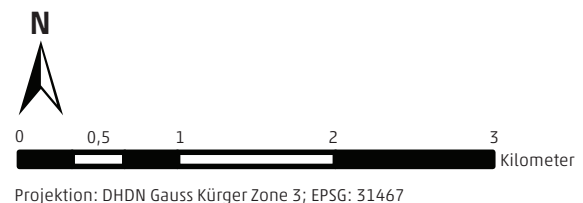
Basierend auf der PET [in °C, 14:00 Uhr, 2 m ü. Gr.]



Sonstiges



1. Die Analyse der bioklimatischen Situation bezieht sich auf die Tagsituation während einer austauscharmen sommerlichen Hochdruckwetterlage, die durch einen geringeren Luftaustausch gekennzeichnet ist.
2. Die Zuordnung der Grün- und Freiflächen und Siedlungsflächen zu einer thermophysiologischen Belastungsstufe erfolgt gemäß VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9.



1. Die Analyse der klimaökologischen Funktionen bezieht sich auf die Nachtsituation während einer austauscharmen sommerlichen Hochdruckwetterlage, die durch einen geringen Luftaustausch gekennzeichnet ist. Dabei tritt häufig eine überdurchschnittlich hohe Wärmebelastung in den Siedlungsräumen auf, die zugleich mit lufthygienischen Belastungen einher gehen kann. Unter diesen meteorologischen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus dem Umland und innerstädtischen Grünflächen zum Abbau der Belastung beitragen.

2. Der Kaltluftvolumenstrom charakterisiert den Zustrom von Kaltluft und wird vor allem durch den Temperaturunterschied zwischen kühlen Grünflächen und erwärmten Siedlungsarealen „angetrieben“. Dabei bestimmt die Größe einer Kaltluft produzierenden Fläche auch die Menge des insgesamt zur Verfügung stehenden Kaltluftvolumens. Darüber hinaus wird die Bildung von Kaltluft durch weitere Eigenschaften wie Bewuchs, Bodenfeuchte und Geländeneigung beeinflusst.

3. Kaltluftliefergebiete sind Grün- und Freiflächen ab 1ha Flächengröße, die einen überdurchschnittlich hohen Kaltluftvolumenstrom >3500 m³/s aufweisen.

4. Der nächtliche Wärmeinseleffekt beruht auf dem Temperaturunterschied zwischen Siedlungs- und Gewerbeflächen zu unversiegelten Grün- und Freiflächen im Untersuchungsgebiet. Unter den angenommenen meteorologischen Bedingungen weisen diese eine mittlere Lufttemperatur von 15,5 °C (in 2 m über Grund) auf. Dargestellt ist die Abweichung der Lufttemperatur in Siedlungsräumen von diesem Bezugswert. Nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 kann näherungsweise ein direkter Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumluft unterstellt werden, sodass die Lufttemperatur der Außenluft die entscheidende Größe für die Bewertung der Nachtsituation darstellt.

5. Siedlungs- und Gewerbeflächen innerhalb der Stadtgebiets, in denen Windgeschwindigkeiten von über 0,2 m/s erreicht werden.

6. Flurwinde über Grün- und Freiflächen mit einer Windgeschwindigkeit von mindestens 0,2 m/s.

7. Der primäre Leitbereich wird auf Grundlage einer vergleichsweise hohen bodennahen Windgeschwindigkeit (mind. 0,2 m/s) und vorhandenen Grünstrukturen ausgewiesen.

Legende II Maßnahmen

K Grün- und Freiraumsystem



S. 94: **K1**
Luftleitbahnen
schützen und
schaffen



S. 96: **K2**
Öffentliche und
private Freiflä-
chen erhalten
und anlegen



S. 98: **K3**
Vernetzung, Erreichbar-
keit und Zugänglichkeit
von Wald- und Grünflä-
chen verbessern



S. 100: **K4**
Verschattung
im öffentlichen
Raum erhöhen



S. 102: **K5**
Mikroklimatische
Vielfalt in öffent-
lichen Grünflä-
chen erhöhen



S. 104: **K6**
Auswahl geeigne-
ter Baumaterialien
und Anstriche

K Stadt- und Gebäudestruktur



S. 106: **K7**
Gebäudeausrichtung
und Bebauungsdichte
bei Um- und Neubauten
optimieren



S. 108: **K8**
Öffnung zu
Freiräumen
optimieren



S. 110: **K9**
Rückbau und
Entdichtung
umsetzen



S. 112: **K10**
Innen- und
Hinterhöfe
begrünen



S. 114: **K11**
Oberflächen
entsiegeln



S. 116: **K12**
Bei Neuplanungen
Versiegelungsgrad
gering halten

G Gebäudebezogene Maßnahmen



S. 118: **G1**
Dachbegrünung



S. 120: **G2**
Fassaden-
begrünung



S. 122: **G3**
Gebäudever-
schattung



S. 124: **G4**
Sommerlicher
Wärmeschutz
an Gebäuden



S. 126: **G5**
Technische Ge-
bäudekühlung



S. 128: **G6**
Energetische
Gebäudesanie-
rung



S. 130: **G7**
Anpassung des
Raumnutzungs-
konzepts

K Mobilität



S. 132: **K13**
Flächensparende Mo-
bilitätsinfrastruktur
mit geringer Versie-
gelung herstellen



S. 134: **K14**
Grünanteil in
Verkehrsräumen
erhöhen (inkl.
Grüngleise Tram)



S. 136: **K15**
Fuß- und
Radwegenetze
durchgängig
verschatten



S. 138: **K16**
Haltestellen und
Wartebereiche
begrünen und
beschatten



S. 140: **K17**
Parkplätze
begrünen und
verschatten



S. 142: **K18**
Unterbauung von
Grünflächen begren-
zen oder klimagerecht
gestalten

K Wasser



S. 144: **K19**
Anlage von erleb- und
nutzbaren bewegten
Wasserelementen im
öffentlichen Raum



S. 146: **K20**
Entwässerungskon-
zepte implementieren
(Versickerung, Spei-
cherung usw.)



S. 148: **K21**
Integrierte Bewäs-
serungskonzepte für
Grünflächen imple-
mentieren

Legende III Maßnahmenplan

BIOKLIMATISCHES ENTLASTUNGSSYSTEM

Das bioklimatische Entlastungssystem ist in vier Kategorien gegliedert, die bestehend aus funktionalen Flächen, Wegestrukturen und Maßnahmenvorschlägen ein auf die belastete Stadtstruktur ausgerichtetes Entlastungsnetz entwickeln. Ziel ist es, Bewohnerinnen und Bewohnern der belasteten Gebiete einen möglichst schnellen und einfachen Weg und Zugang zu bioklimatischen Entlastungsräumen einzurichten und bereits „unterwegs“ bestmögliche Schutz- und Entlastungsfunktionen anzubieten.

ENTLASTUNGSFLÄCHEN

Entlastungsflächen sind Frei- und Grünflächen mit einer bioklimatischen Vielfalt, die sich in Größe, Nutzbarkeit, Zugänglichkeit und Zweckbestimmung unterscheiden.



Hauptentlastungsflächen

Bioklimatisch vielfältige Flächen mit schattenspendenden Bäumen und einer Größe von über 1 ha im Siedlungszusammenhang mit bis zu 250 m Entfernung zum Siedlungsrand.



lineare Hauptentlastungsflächen

Mehrere zusammenhängende Grünflächen werden als Hauptentlastungsflächen gezählt, wenn die Summe größer als 1 ha ist.



Hauptentlastungsflächen: Wald



Möglichkeitsräume

Grün- und Freiflächen mit über 1 ha, die Eigenschaften von Hauptentlastungsflächen aufweisen, aber nutzungs- oder zugangsbeschränkt sind. Künftig können sie durch Maßnahmen zu Entlastungszwecken (teilweise) geöffnet, ausgestattet oder umgebaut werden.

WEGENETZ

Das bioklimatische Entlastungssystem verbindet Entlastungsflächen miteinander. Unterschieden wird zwischen Hauptwegen innerhalb von Quartieren, die teilweise gute Ausstattung an Bäumen, Trittsteinen und anderen Komponenten aufweisen, und ergänzendem System als „Zubringer“ und „Lückenschließer“.



Hauptwege mit Anschluss an Entlastungsflächen



ergänzende Wege



Prüfauftrag: Anbindungen an das Entlastungssystem ermöglichen



Baumbestand auf den Hauptwegen



Prüfauftrag: durchgängige Verschattung durch Baumergänzung auf den Hauptwegen



bestehende Trittsteine: kleinteilige Erholungsflächen auf den Hauptwegen erhalten

bei Strecken über 250 - 300 m ohne Zugang zu Entlastungsflächen



bestehende Trittsteine: Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze als kleinteilige Erholungsflächen auf den Hauptwegen erhalten

bei Strecken über 250 - 300 m ohne Zugang an Entlastungsräume



Prüfauftrag: Flächen zu Trittsteinen qualifizieren



Prüfauftrag: beschattete Straßenräume zu kleinteiligen Erholungsräumen entwickeln

bei Mangel (potenzieller) Trittsteine bei einer Strecke über 250 - 300 m

ERGÄNZENDE KOMPONENTEN

Ergänzende Komponenten bilden ein Set kleinteiliger Entlastungsflächen und Suchräume, die außerhalb des bioklimatischen Entlastungssystems liegen.



an das bioklimatische Entlastungssystem angebundene Schulhöfe, Spiel- und Kirchenplätze



Neueinrichtung und Sicherung von Pocket Parks



Suchraum: Entsiegelung, Begrünung und Neueinrichtung von Pocket Parks



spezifisches Maßnahmenpaket für die Freiburger Altstadt | Kapitel 4.2.1, S. 42 und 5.4. SST 07, S. 160



klimarelevanter Baumbestand in Blockinnenbereichen

WASSER IM ÖFFENTLICHEN RAUM



bestehende Stillgewässer



bestehende Fließgewässer und Bächle



bewegte Wasserelemente im öffentlichen Raum



Frischwasserbrunnen



Suchraum: Anlage von erleb- und nutzbaren bewegten Wasserelementen im öffentlichen Raum

RELEVANTE KLIMAFUNKTIONEN

Die relevanten Klimafunktionen dienen als übergeordnete Parameter für Entwicklung, Orientierung und Vernetzung des Entlastungssystems.

Ausführlicher werden diese im Teilplan Stadtstruktur und im Teilplan Entlastungssystem dargestellt.



Kaltluftleitbahnen

STADTSTRUKTUR

Die Stadtstrukturtypen sind nach Nutzungstyp und Bebauungsstruktur kategorisiert. Sie sind mit spezifischen Maßnahmen zur Hitzeentlastung verknüpft. Auf das jeweilige Kapitel im Bericht und dem entsprechenden stadtstrukturspezifischen Maßnahmenpaket wird in der Legende verwiesen.

BIS 2050 VON HITZEBELASTUNG

BETROFFENE STADTSTRUKTURTYPEN | KAPITEL 5.4



SST 01 | freistehende Einfamilienhäuser



SST 02 | kompakte Reihenhäuser



SST 03 | Zeilenbebauung | S. 154



SST 04 | Stadtvillen



SST 05 | offene Blockrandbebauung | S. 156



SST 06 | geschlossene Blockrandbebauung | S. 158



SST 07 | Kernstadtbereich/Altstadt | S. 160



SST 08 | heterogener Geschosswohnungsbau | S. 162



SST 09 | Großwohnsiedlung | S. 164



SST 10 | Wohnhochhäuser | S. 164



SST 11 | Großstrukturen | S. 166



SST 12 | Gewerbe/Industrie | S. 168



SST 13 | Schulareale | S. 170



Hot Spot am Tag



Hot Spot in der Nacht



B-Plan im Verfahren bzw. in Kraft getretener B-Plan



Baustruktur



sensible Nutzungen innerhalb betroffener Gebiete



Kindergärten, Krankenhäuser, Seniorenwohnhäuser



Straßennetz



Bahnleise



Stadt Freiburg im Breisgau
Stadtplanungsamt

Fehrenbachallee 12
79106 Freiburg
stadtplanungsamt@stadt.freiburg.de

Hier sind Bericht und Kartenwerk zum Download verfügbar:
www.freiburg.de/klimaanpassungskonzept