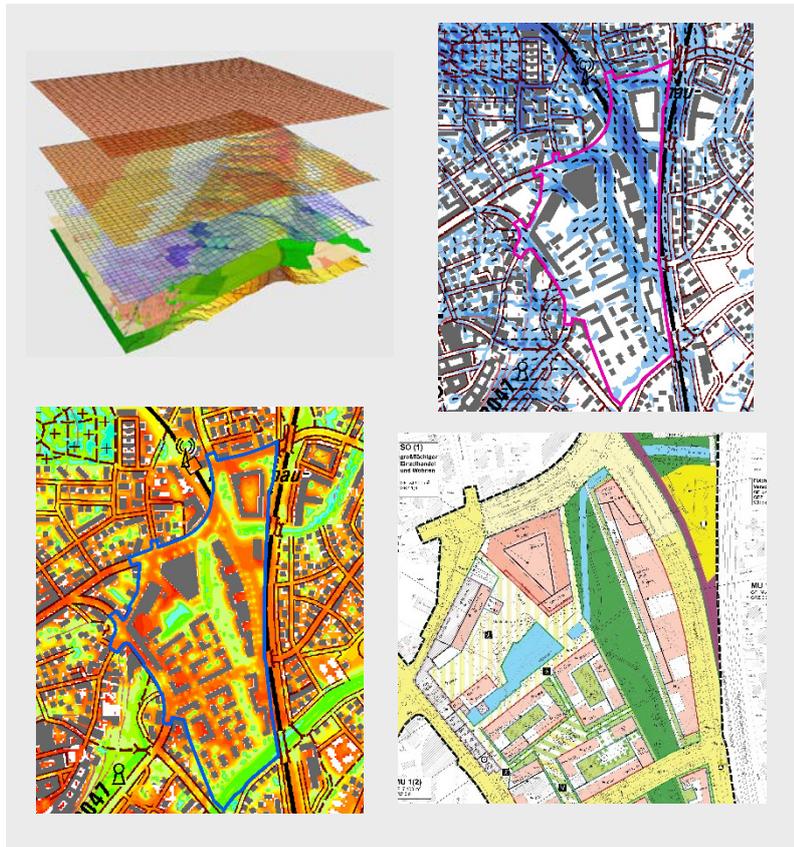


Klimaökologische Begleitung „Bebauungsplan ehemalige MD-Papierfabrik“ in Dachau

Ist- & Plan-Zustand-Modellierung, Planungsempfehlungen



Auftraggeber:

Große Kreisstadt Dachau

Stadtbauamt

Abteilung Stadtplanung

Konrad-Adenauer-Straße 2-6

85221 Dachau



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

www.geo-net.de

Auftrag: Klimaökologischen Begleitung „Bebauungsplan ehemalige MD-Papierfabrik“ in Dachau

Standort: Dachau
Bundesland: Bayern
Deutschland

Auftraggeber: Große Kreisstadt Dachau
Stadtbauamt
Konrad-Adenauer-Straße 2-6
85221 Dachau

Projektnummer: 2_19_074

Berichtsnummer: 2_19_074_DachauPapierfabrik_Klimaexpertise

Version: 1

Datum: 11. Februar 2020

Erstellt von:

E. Hohlfeld

Dipl.-Geogr. Eva Hohlfeld

Geprüft von:

Dirk Funk

Dipl.-Geogr. Dirk Funk

 GEO-NET
Umweltconsulting GmbH
Geschäftsführer:
Dipl.-Geogr. Thorsten Frey
Dipl.-Geogr. Peter Trute
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Germany
Tel. +49 (0) 511 388 72 00
Fax +49 (0) 511 388 72 01

info@geo-net.de
www.geo-net.de

Amtsgericht Hannover
HRB 61218

Hannoversche Volksbank eG
kto. 532 248 000
blz 251 900 01

BIC VOHADE2H
IBAN DE81 2519 0001
0532 2480 00
VAT DE 228892587

Die Erstellung des Gutachtens erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Das Gutachten bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Die Veröffentlichung bzw. Vervielfältigung und Weitergabe des Gutachtens bzw. von Auszügen oder Ergebnissen an Dritte bedarf des schriftlichen Einverständnisses von GEO-NET Umweltconsulting GmbH.





Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung, Bestands- und Plansituation im Untersuchungsgebiet.....	3
2 Methode der modellgestützten Analyse	6
3 Datengrundlage.....	7
4 Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D.....	10
5 Ergebnisse der Übersichtsmodellierung	13
5.1 Bodennahes Temperaturfeld (Nacht)	13
5.2 Bodennahes Strömungsfeld (Nacht)	15
5.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht)	17
5.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag).....	19
5.5 Fazit	21
6 Planungsempfehlungen für eine zukünftige Bebauung des ehemaligen Papierfabrik-Geländes	23
Literatur.....	25
Anhang	27



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: links: Plangebiet mit jetziger Bebauung; rechts: geplante Bebauung	3
Abbildung 2: Ausschnitt Planungshinweiskarte Dachau, Nachtsituation.....	4
Abbildung 3: Ausschnitt Planungshinweiskarte Dachau, Tagsituation	5
Abbildung 4: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage.....	6
Abbildung 5: Untersuchungsgebiet mit Nutzungsstruktur.....	8
Abbildung 6: Reliefsituation im Untersuchungsgebiet.....	9
Abbildung 7: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen.....	12
Abbildung 8: Bodennahes Temperaturfeld (°C), 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand	14
Abbildung 9: Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand	16
Abbildung 10: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.....	17
Abbildung 11: Kaltluftvolumenstrom um 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand.....	18
Abbildung 12: Physiologisch Äquivalente Temperatur um 14 Uhr – Istzustand und Planzustand	20
Abbildung 13: Physiologisch Äquivalente Temperatur um 14 Uhr – Planzustand	20
Abbildung 14: Pocket-Parks in Lüneburg.....	27
Abbildung 15: Grüne Hinterhöfe in der Rosenheimerstraße im Stadtteil Schöneberg.....	28
Abbildung 16: Begrünter Mittelstreifen, Heylstraße, Schöneberg, Berlin	29
Abbildung 17: Durchlässige Bebauung am Hang, bei der auch die Talströmung nicht behindert wird (links) und Barrieren-Bebauung am Hang (rechts).....	31
Abbildung 18: Schema einer klimaökologisch optimierten innerstädtischen Grünfläche	32
Abbildung 19: links: Versickerungsfähiger Fußweg; rechts: Rasengittersteine.....	33
Abbildung 20: Begrünte Parkplätze: Heylstraße, Schöneberg und Eschengraben, Pankow.....	35
Abbildung 21: Beispielhafter Dachaufbau einer Tiefgarage.....	37
Abbildung 22: links: Dachbegrünung auf dem Dach der Marcel-Bräuer-Schule im Pankower Ortsteil Weißensee, Berlin; rechts: Dachbegrünung bei Wohnhäusern.....	38
Abbildung 23: Vergleich von Klimaparametern (links) sowie Temperaturverläufe (rechts) zwischen begrünter und unbegrünter Außenfassaden	40
Abbildung 24: Erdgebundene Fassadenbegrünung in der Münchenerstraße im Ortsteil Schöneberg, Berlin	41
Abbildung 25: Helle Fassade in Berlin	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden.	19
Tabelle 2: Planungsempfehlungen für die geplante Neubebauung des MD-Geländes	24



1 Einleitung, Bestands- und Plansituation im Untersuchungsgebiet

Die große Kreisstadt Dachau liegt in Bayern im Landkreis Dachau nordwestlich von München an der Amper und hat etwa 47.722 Einwohner (Stand 30.09.2019). (Stadt Dachau 2020) Klimatisch lässt sich die Stadt der westeuropäisch-subozeanischen Zone zuordnen. Sie wird nach Köppen und Geiger in ein Cfb-Klima eingeordnet. Diese Klimaklassifikation wurde von Wladimir Peter Köppen und Rudolf Geiger entwickelt. Die 1928 veröffentlichte Klimakarte ist heute noch von großer Bedeutung für die Einordnung der Klimate der Welt. Deutschland wird hierbei in ein warmgemäßigtes Klima (**C**) mit einer Durchschnittstemperatur des kältesten Monats zwischen 18 °C und minus 3 °C und des wärmsten Monats über 10 °C, mit ganzjährig verteiltem Niederschlag (**f**) und einer Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats unter 22 °C sowie mindestens vier Monaten über 10 °C (**b**) eingeordnet. (Diercke Weltatlas 2020)

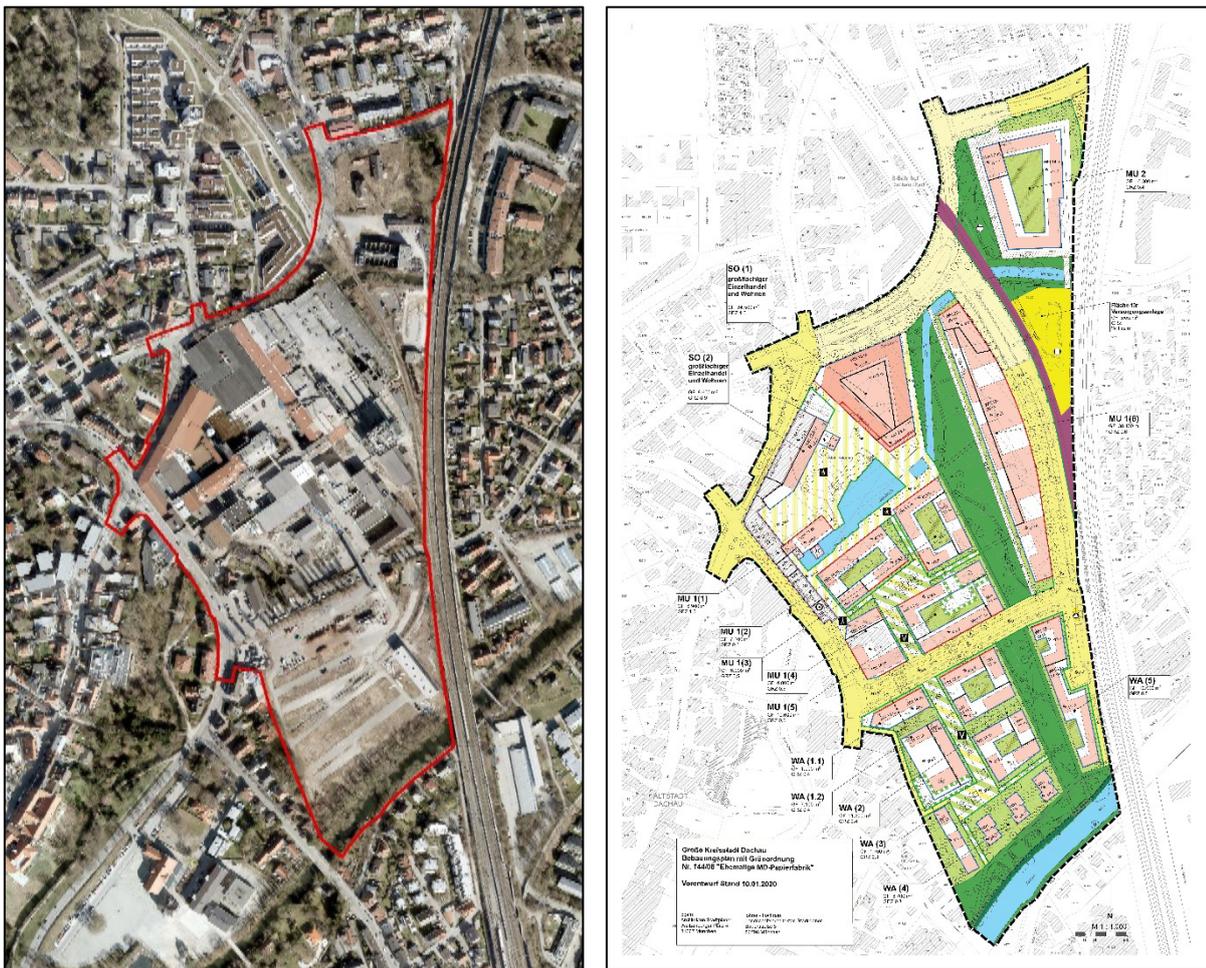


Abbildung 1: links: Plangebiet mit jetziger Bebauung (DOP: Stadt Dachau);
rechts: geplante Bebauung (Entwurf: bgsm und lohrer – hochrein)

Das Gelände der ehemaligen MD-Papierfabrik, das überplant werden soll, liegt zentral in Dachau an der Ostenstraße. Das fast 18,5 ha große Gelände ist zurzeit von großen Industriehallen geprägt. Im Süden gibt es eine größere Freifläche. Im Zuge der Neuentwicklung des Geländes soll hier ein Quartier mit viel-

fältigen Nutzungen entstehen. Der südliche Teil des Plangebiets, der an die Amper grenzt, wird als allgemeines Wohngebiet umgesetzt. Es schließen sich urbane Gebiete an und im Nordwesten ist ein größerer Platz mit einer integrierten Wasserfläche und angrenzend ein großflächiger Einzelhandelsstandort geplant. Von Nord nach Süd zieht sich ein länglicher Park durch das Plangebiet. (Abbildung 1)

Im Mai 2018 wurde von GEO-NET bereits eine gesamtstädtische Klimaanalyse für die Stadt Dachau fertig gestellt. In dieser ist das übergeordnete Klimageschehen für eine autochthone Wetterlage dargestellt. Ergebnis dieser Analyse ist eine Planungshinweiskarte für die Tag- und die Nachtsituation.

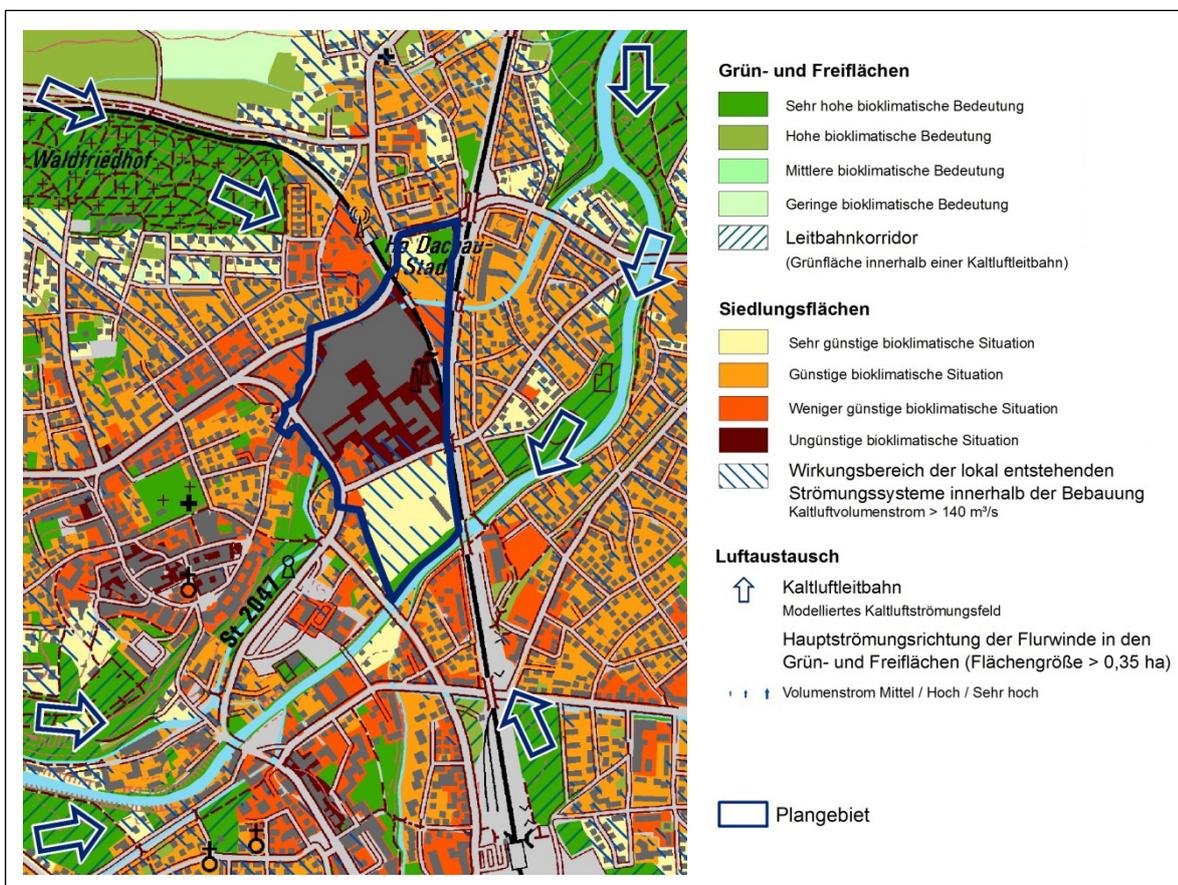


Abbildung 2: Ausschnitt Planungshinweiskarte Dachau, Nachtsituation (GEO-NET 2018)

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt der Planungshinweiskarte Dachau für die Nachtsituation. Blau eingerahmt ist das Gelände der ehemaligen Papierfabrik, das überplant werden soll. Der mit großen Industriebauten bestandene Teil des Geländes weist eine ungünstige bioklimatische Situation auf. Die weniger dicht bzw. gar nicht bebauten Bereiche zeigen entsprechend günstigere Bioklimate. Teilweise belüftet wird das Gebiet über die Kaltluftleitbahn über den Waldfriedhof im Norden. Die ebenfalls aus Norden kommende Leitbahn entlang der Amper streift das Plangebiet im Süden, hat aber nur einen geringen Einfluss auf dessen Belüftung.

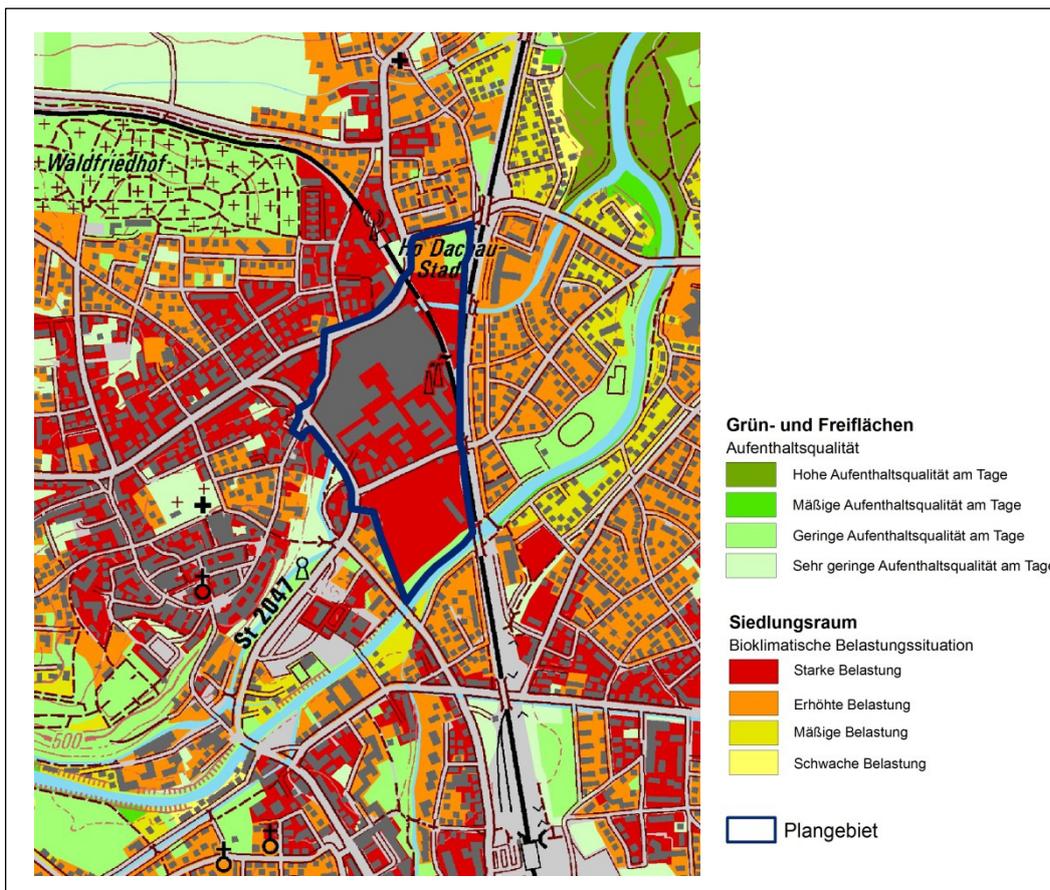


Abbildung 3: Ausschnitt Planungshinweiskarte Dachau, Tagsituation (GEO-NET 2018)

In Abbildung 3 ist ein Ausschnitt der Planungshinweiskarte Dachau für die Tagsituation dargestellt. Ein Großteil des Planungsgebiets weist aufgrund des geringen Vegetationsanteils und des hohen Versiegelungsgrads eine starke bioklimatische Belastung auf.

Ziel der vorliegenden klimaökologischen Untersuchung ist, das Klima-Geschehen in und um die Papierfabrik detaillierter zu betrachten. Dies erfolgt über eine 5m-Auflösung und eine Betrachtung der Ist- und Plan-Situation, also einem Vergleich von jetziger Bebauung und der geplanten Neubebauung. Hierbei wird vor allem die Veränderung innerhalb des Plangebiets im Fokus stehen, aber auch die Veränderungen in den angrenzenden Stadtteilen beurteilt werden. Für die geplante Bebauung werden Planungsempfehlungen ausgesprochen, die für eine gute klimatische Situation im neuen Quartier und den angrenzenden Stadtteilen sorgen können.

2 Methode der modellgestützten Analyse

Eine modellgestützte Analyse der klimaökologischen Prozesse und Zustände im Untersuchungsraum soll zum einen die klimatische Ausgangslage klären und zum anderen die Veränderungen in der klimatischen Situation in der Fläche selbst wie auch in den Siedlungsbereichen angrenzend bei einer Neubebauung des Bereichs aufzeigen.

Die regionale klimaökologische Funktion des Areals wird anhand einer mesoskaligen Klimamodellierung mit dem Modell FITNAH-3D mit einer Rasterauflösung von 5 m ermittelt. Die Untersuchung betrachtet die Nachtsituation und berücksichtigt Lufttemperatur, Windrichtung und –geschwindigkeit und Kaltluftvolumenstrom sowie die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) für die Tagsituation als meteorologische Größen.

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (vgl. Abbildung 4). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen.

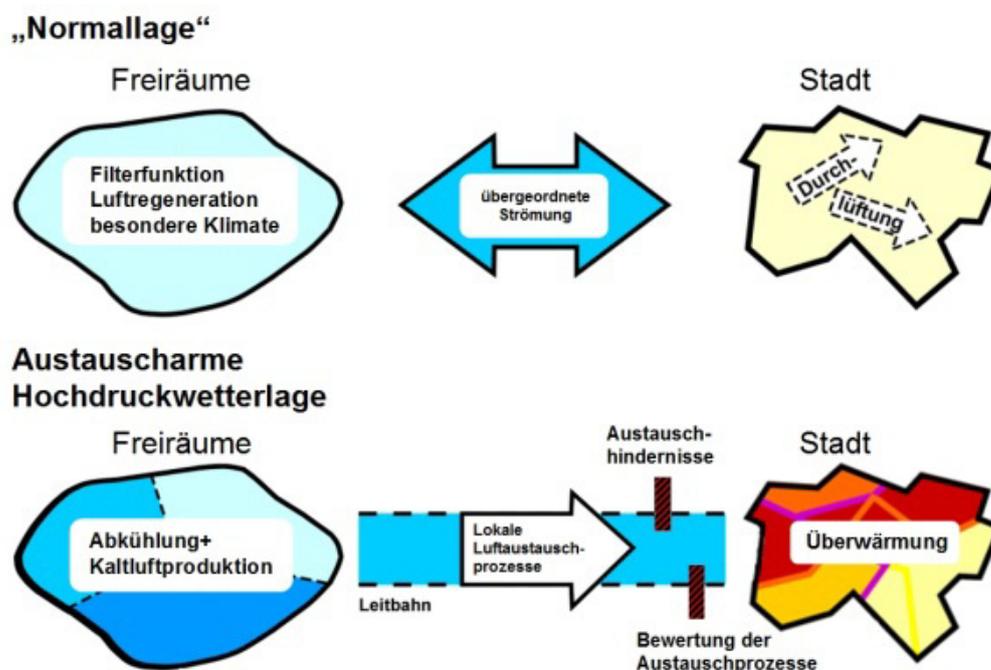


Abbildung 4: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage.



3 Datengrundlage

Die Modellierung wurde mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH durchgeführt. Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird.

Das gesamte Rechengebiet hat bei einer Abmessung von etwa 1,0 km x 1,5 km eine Fläche von 1,5 km². Es umfasst die Stadtmitte von Dachau mit dem Gelände der Papierfabrik im Zentrum. Im Norden reicht das Gebiet bis zum Waldfriedhof über den eine Leitbahn in Richtung Siedlungsfläche führt. Im Süden sind Teile der Amper-Niederung enthalten, sowie die an die Papierfabrik angrenzenden Siedlungsgebiete (vgl. Abbildung 5).

Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 5 m x 5 m, wobei zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen die von der Stadt Dachau zur Verfügung gestellten ALKIS-Daten sowie LoD2-Daten herangezogen wurden. Ergänzt wird die Datengrundlage um Baumstandorte aus dem Baumkataster der Stadt und aus Kartierungen, die im Zuge der Überplanung des Papierfabrik-Geländes entstanden sind. Des Weiteren wurden weitere Baumstandorte aus den ebenfalls zur Verfügung gestellten Luftbildern übernommen.

Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurden die Nutzungsinformationen für die Modellrechnung zu einem 15-klassigen Schlüssel aggregiert. Außerdem wurde ein Digitales Geländemodell mit 1 m Auflösung, ebenfalls zur Verfügung gestellt von der Stadt Dachau, verwendet (vgl. Abbildung 6). Eine Überprüfung bzw. Ergänzung der Daten erfolgte auf Basis von Luftbildern der Stadt Dachau.

Die Plansituation wurde anhand von PDF-Dateien nach den Entwürfen des Architekturbüros bgsm und des Landschaftsarchitekturbüros lohrer – hochrein für die Modellierung aufbereitet.

Für die Einordnung des Oberflächenversiegelungsgrades sind nutzungsklassifiziert vorliegende Literaturdaten (u.a. MOSIMANN et al. 1999) genutzt worden, die auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen aus mehreren deutschen Städten beruhen. Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausübt. Diese wurde aus den LoD2-Daten bzw. aus den Plänen übernommen.

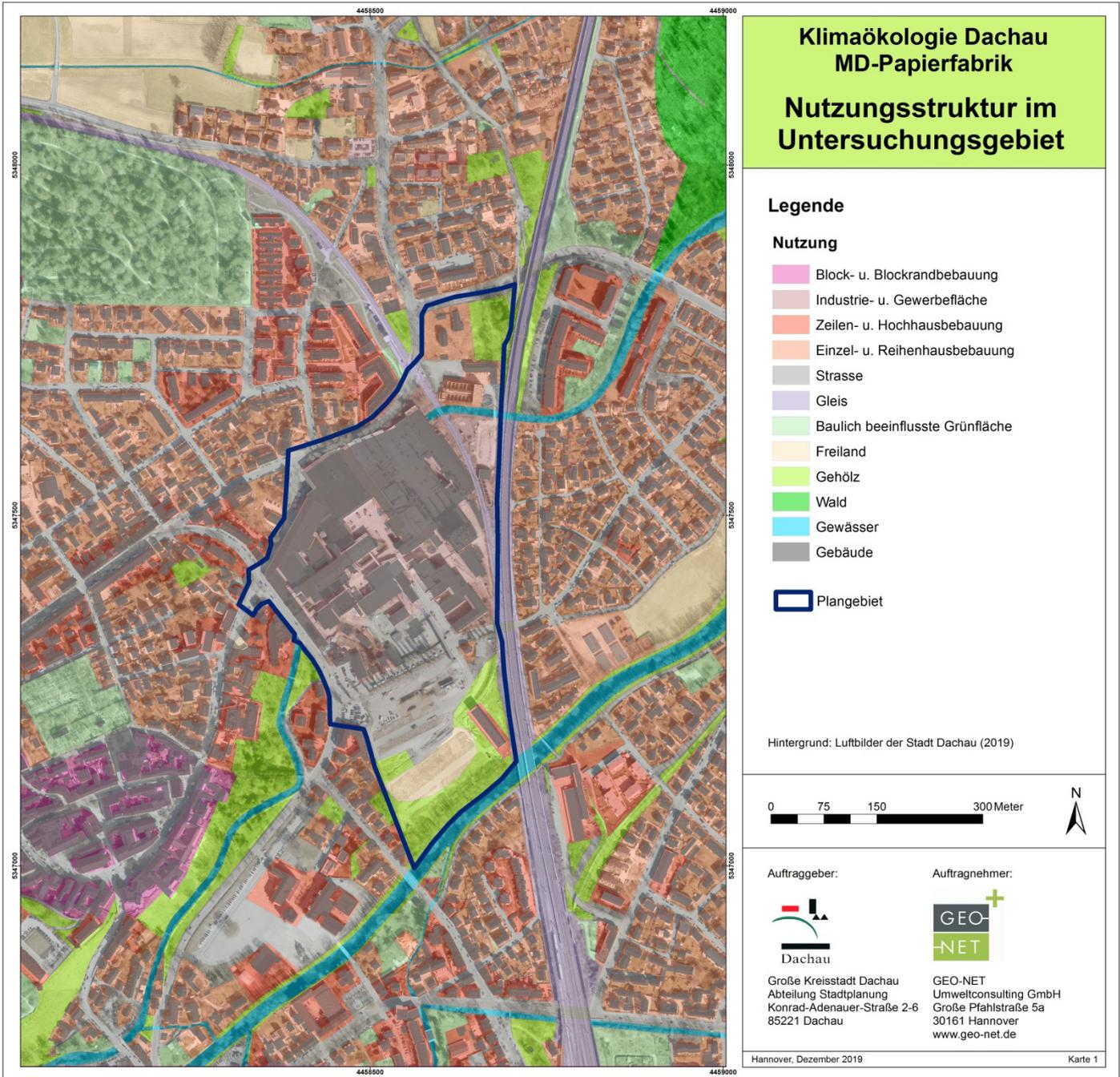


Abbildung 5: Untersuchungsgebiet mit Nutzungsstruktur

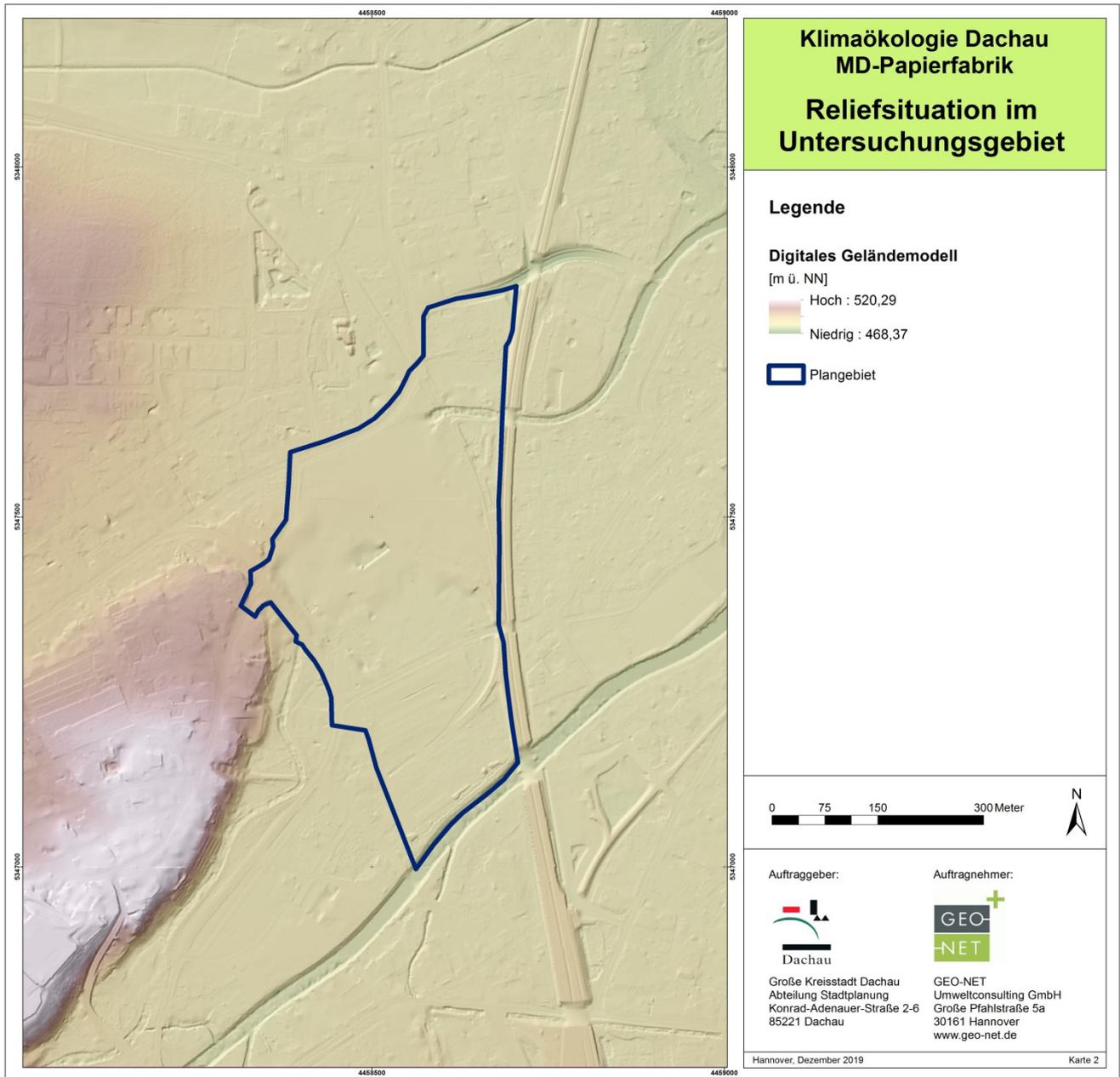


Abbildung 6: Reliefsituation im Untersuchungsgebiet



4 Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten mikro- und mesoskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt bzw. Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind Land-See-Winde, der Einfluss von Hindernissen auf den Wind (z.B. Kanalisierung, Umströmung), Flurwinde oder Düseneffekte in Straßen sowie das Phänomen der städtischen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Wesentlichen bekannt ist, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände. Entsprechend ist es schwierig aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten, jedoch kann dieser Nachteil mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988). Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

Grundlagen mesoskaliger Modelle

Die Verteilung lokalklimatisch relevanter Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physika-



lich fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, 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).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden, um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung stadtklimatologisch wichtiger Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst.

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite 5 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. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

Betrachtete Wetterlage

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH legt eine autochthone Wetterlage zugrunde. Diese wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut ausprägen. Entsprechend wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen folgendermaßen festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- kein überlagernder geostrophischer Wind,
- relative Feuchte der Luftmasse 50%.

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei der austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht. Bei gleichzeitiger hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal humanbioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden (Darstellung eines *Worst Case*-Szenarios). Charakteristisch für diese (Hochdruck-)Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

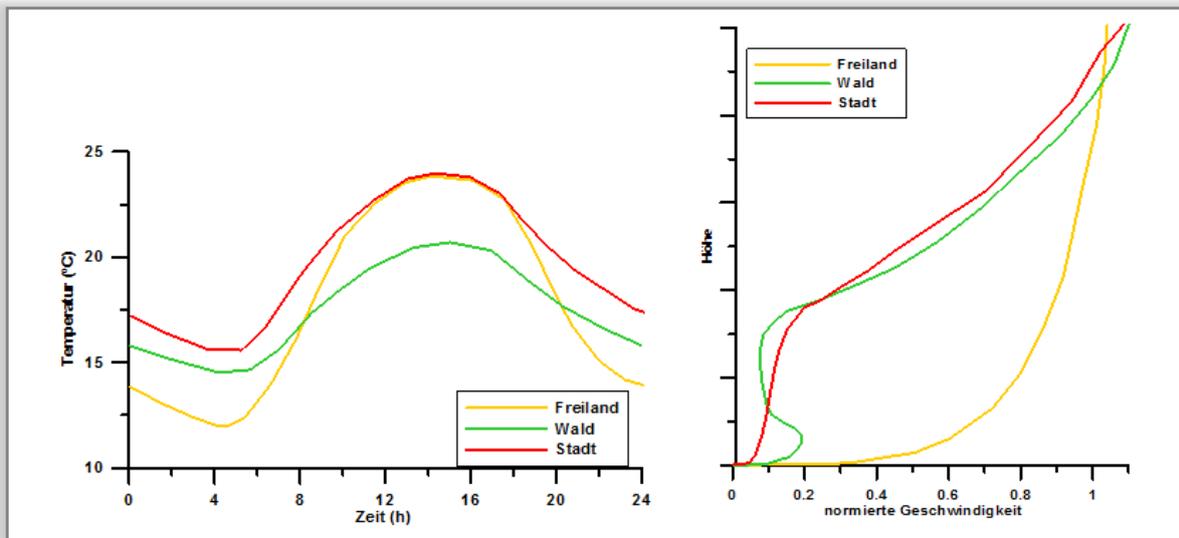


Abbildung 7: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen.

In Abbildung 7 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen wie z.B. Wiesen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

Auf Grundlage der bestehenden gesamtstädtischen Klimamodellierung wurde das Modell für diese Detailrechnung mit einer Anströmung aus Nordwesten angetrieben. Dies ermöglicht es, die übergeordnete Strömungssituation darzustellen, obwohl aufgrund des kleineren Ausschnitts die großen Kaltluftentstehungsgebiete nicht mit modelliert werden können.



5 Ergebnisse der Übersichtsmodellierung

In diesem Kapitel werden die meteorologischen Felder der FITNAH-Rechnung betrachtet. Zur Beschreibung der Nachtsituation (4 Uhr) werden Lufttemperatur, bodennahes Windfeld (Windgeschwindigkeit und -richtung) und Kaltluftvolumenstrom als meteorologische Größen herangezogen. Um eine sinnvolle Einschätzung der bioklimatischen Belastungssituation im Untersuchungsgebiet zu erhalten, dient die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) zum Zeitpunkt 14 Uhr als bioklimatische Kenngröße für die Tagsituation. Gegenüber vergleichbaren Indizes wie dem PMV (=Predicted Mean Vote) hat die PET vor allem den Vorteil, aufgrund seiner °C-Einheit auch von Laien besser nachvollzogen werden zu können. Die Ergebnisse dieser Modellierung korrelieren gut mit der gesamtstädtischen Rechnung von 2018.

5.1 Bodennahes Temperaturfeld (Nacht)

Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, weshalb der Belastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

Istzustand

Die Temperaturverteilung ist räumlich differenziert, da Areale mit Wohnbebauung, Verkehrsanlagen sowie Grünflächen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften aufweisen. Die bodennahe Lufttemperatur im Umfeld der Planfläche zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens für die Ist-Situation ist auf der linken Seite der Abbildung 8 zu sehen. Im Untersuchungsraum ergeben sich Spannweiten der Temperatur von etwa 8 Kelvin (K). Mit Temperaturen von bis zu über 20 °C treten die höchsten Temperaturen im Bereich der ehemaligen Papierfabrik und im dicht bebauten Stadtkern auf. Besonders betroffen ist der Bereich der großflächigen Hallenbebauung auf dem MD-Gelände. Ebenfalls hohe Temperaturen um 18 °C sind in dichteren Wohngebieten und im Straßen- und Gleisraum zu finden. Je besser durchgrünt und offener die Wohngebiete sind, desto geringer sind dort auch die Temperatursprünge. Auch die Entfernung zu größeren Ausgleichsflächen wie z.B. dem Wald- und dem Stadtfriedhof oder den Auen von Amper und Mühlkanal spielt eine Rolle.

Die niedrigsten Temperaturen im Untersuchungsgebiet unter 13 °C werden auf den im Norden liegenden Freiflächen modelliert, die durch eine intensive nächtliche Wärmeabstrahlung rasch auskühlen und Kaltluft produzieren. Ebenfalls geringe Werte weist der am Rande der Siedlungsfläche gelegene große Stadtfriedhof auf. Auch Grünflächen im Siedlungsbereich, wie beispielsweise der Stadtfriedhof oder die Au-Bereiche und auch größere private Gärten weisen niedrige Werte um 16 °C auf.

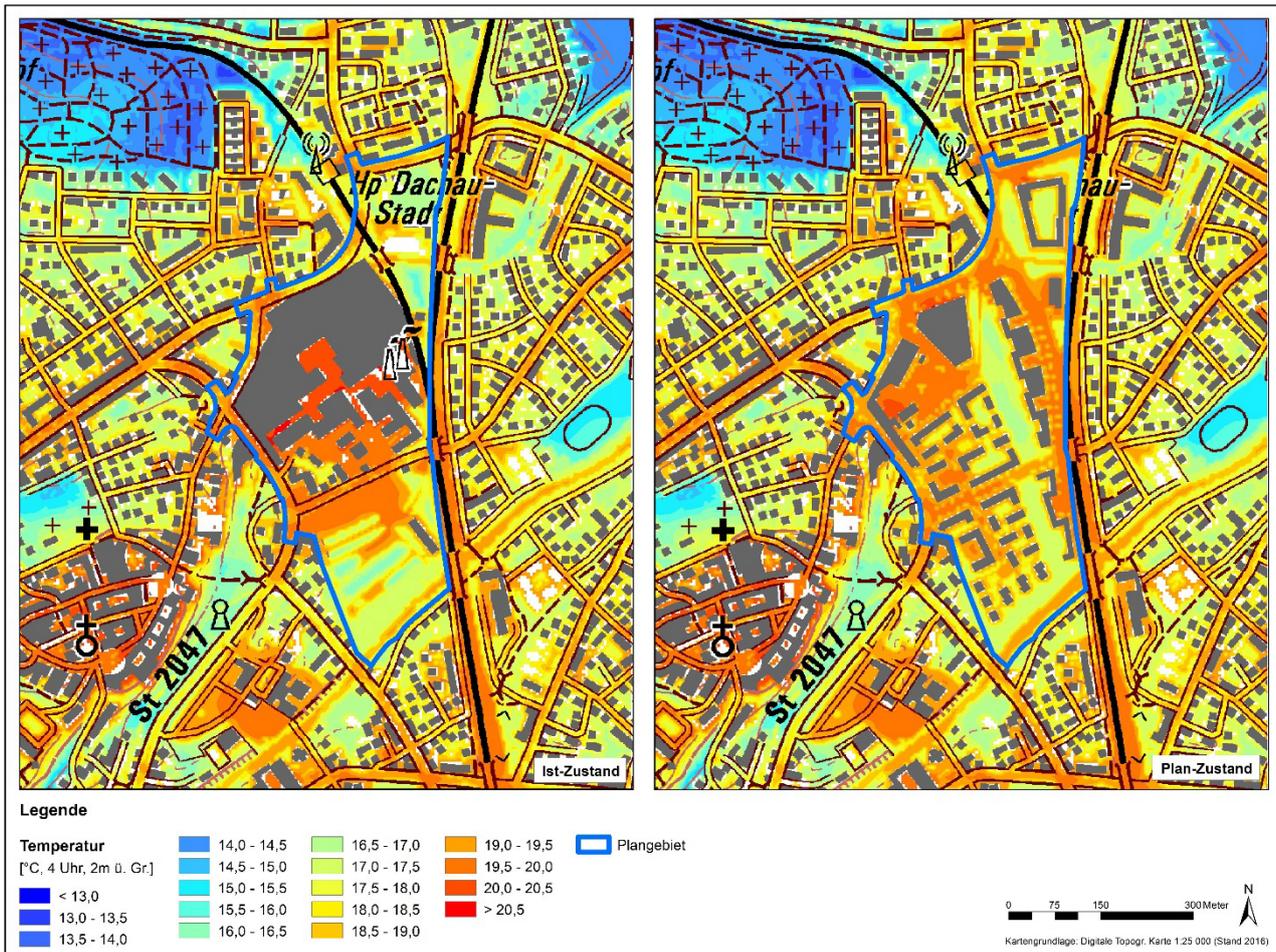


Abbildung 8: Bodennahe Temperaturfeld (°C), 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand

Planzustand

Das Temperaturfeld für den Planzustand ist auf der rechten Seite der Abbildung 8 dargestellt. Die geplante Bebauung des MD-Geländes verändert die Struktur des Bereiches komplett. Auf Grund der Nutzungsänderungen kommt es auch zu erheblichen Veränderungen in der Ausprägung der nächtlichen Temperaturen. Positiv ist der Bereich der geplanten Parks hervorzuheben. Hier sind niedrige Temperaturen um 16 bis 17 °C zu erwarten. Die angrenzende Bebauung kann hiervon profitieren und weist ebenfalls niedrigere Werte auf. Ebenso wie die Wohnbebauung, die mit grünen Innenhöfen oder Vorgärten ausgestattet ist, wie z. B. an der nördlichen Spitze des Plangebiets. Höhere Temperaturen um 19 bis 20 °C sind dahingegen im Bereich der breit angelegten Straßenzüge und des Platzes im Norden des Gebiets zu erwarten. Dies ist auf den hohen Versiegelungsgrad und vor allem im Platzbereich auf das große Gebäudevolumen insbesondere des „Pentagons“ zurückzuführen. Auch die geplante Wasserfläche auf dem Platz sorgt durch die große Wärmespeicherkapazität des Wassers für höhere Temperaturen in den Nachtstunden.



Der Einfluss der Nutzungsänderungen auf die Lufttemperatur begrenzt sich im Wesentlichen auf die Planfläche. Die Temperatursituation im bodennahen Bereich des Bestands bleibt weitestgehend unverändert.

5.2 Bodennahe Strömungsfeld (Nacht)

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 bzw. dem Umland einstellen. Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zunächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden. Auf Basis der vorliegenden gesamtstädtischen Klimaanalyse für die Stadt Dachau aus dem Jahr 2018 wurde für diese Detailrechnung eine Anströmung aus Nordwesten für die Modellierung angenommen. So wird sichergestellt, dass trotz des kleinen betrachteten Ausschnitts das nächtliche Windsystem während einer autochthonen Nacht korrekt dargestellt wird.

Die Ergebniskarte stellt das sich zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile der Karte für eine übersichtlichere Darstellung auf 25 m aggregiert worden sind. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Abgebildet sind alle Zellen des ursprünglichen Rasters, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von 0,1 m/s und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

Istzustand

Die linke Seite in der Abbildung 9 zeigt die Strömungsgeschwindigkeit des modellierten Windfeldes, das sich während einer sommerlichen Strahlungswetternacht im Ist-Zustand ausbildet. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen liegt bodennah zumeist zwischen 0,1 m/s bis in Spitzenwerten von etwa 1,2 m/s, wobei ihre Dynamik räumlich variiert.

Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 1,0 m/s werden im Bereich der Freiflächen im Norden des Untersuchungsgebiets, des Waldfriedhofs und in Kanalisierungsbereichen vor allem entlang der Bahnlinie erreicht. Auch die Niederungsbereiche entlang des Mühlkanals weisen höhere Windgeschwindigkeiten auf. Über diese Wege gelangt die kühlere Luft des Umlands in die überwärmten Stadtbereiche. Der wichtigste Belüftungsweg für das Plangebiet ist die aus Norden über den Waldfriedhof



und entlang der Gleise verlaufende Leitbahn. Die großflächigen Hallenbauten im Plangebiet westlich der Bahnlinie verhindern eine Durchströmung von Norden, so dass die Kaltluft entlang der Bahnlinie abgeleitet und südlich der Hallen auf die Planfläche abgelenkt wird. Innerhalb dichter Bebauung im Stadtgebiet geht die Strömungsgeschwindigkeit zurück und kommt im Stadtkerngebiet ganz zum Erliegen.

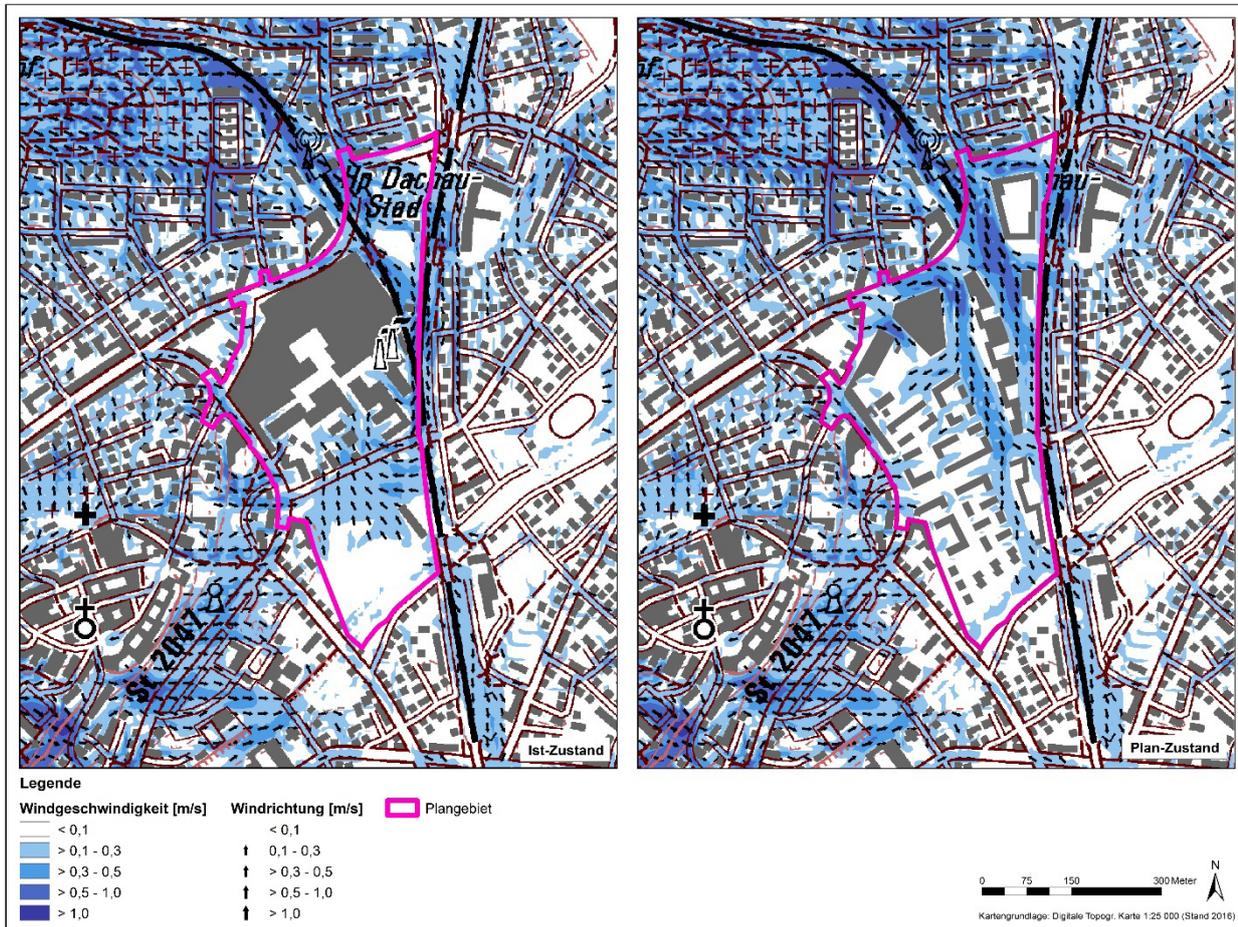


Abbildung 9: Bodennahes Strömungsfeld (m/s) um 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand

Planzustand

Entscheidend für die Veränderungen des Strömungsfelds im Planzustand ist vor allem die zukünftige Gebäudeanordnung im Planareal. Die wichtige aus Norden kommende Leitbahn umströmt nun den geplanten Baublock am nördlichsten Punkt des Plangebiets und wird weiterhin entlang der Bahnlinie kanalisiert. Auch rund um das „Pentagon“ und anschließend entlang des geplanten Parks nach Süden wird das Gebiet durchströmt. Die Kaltluft aus den Entstehungsgebieten im Norden kann also weit in das Planareal eindringen, obwohl sowohl das „Pentagon“ als auch die zukünftig weiterhin bestehende Bestandbebauung ein großflächiges Durchströmen des Gebiets verhindern. Aus diesem Grund und aufgrund der blockrandartigen Anordnung der Wohnbebauung, kommt die Strömung innerhalb der geplanten Bebauung relativ schnell zum Erliegen. Die aus Norden einströmende und durch die vorgesehene

Grünfuge kanalisierte Kaltluft streicht über das Plangebiet bis zur Amper und ergänzt in Höhe des Amperwegs das lokale Kaltluftvolumen.

Auch für das Strömungsgeschehen gilt, dass sich die Veränderungen zwischen Ist- und Plan-Zustand vorwiegend auf das Plangebiet beschränken. Die umliegenden (Wohn-)Gebiete sind von den Änderungen durch die Planung kaum betroffen.

5.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht)

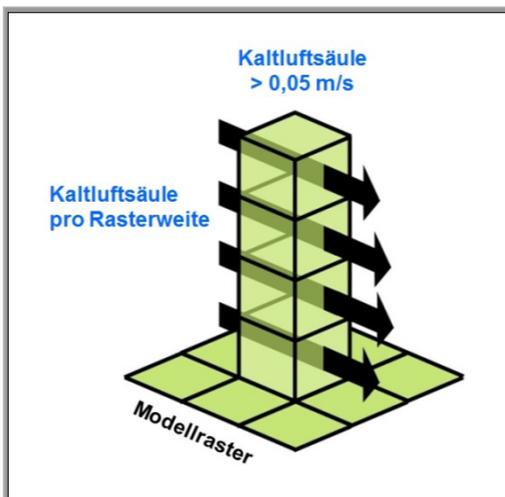


Abbildung 10: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

Den lokalen thermischen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grünfläche als Kaltluftentstehungsgebiet nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird zur Beurteilung der klimatischen Ausgangssituation mit dem Kaltluftvolumenstrom ein weiterer Parameter herangezogen (vgl. Abbildung 10). Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des

durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt. Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite, ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstromdichte aufzufassen. Dies kann man so veranschaulichen, indem man sich ein quer zur Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man den rasterbasierten Kaltluftvolumenstrom. Der Volumenstrom ist ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.



Istzustand

Die Abbildung 11 zeigt die Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsgebiet für den Ist- und den Plan-Zustand. Die größten Volumenströme befinden sich im Bereich der großen Freiflächen im Norden des Untersuchungsgebiets. Sie folgen der Leitbahn und dringen entlang der Bahnlinie in den Siedlungsbereich vor. Auch über die gesamte Breite des Waldfriedhofs dringt Kaltluft in angrenzende Bebauung vor und erreicht auch Teile des Plangebiets.

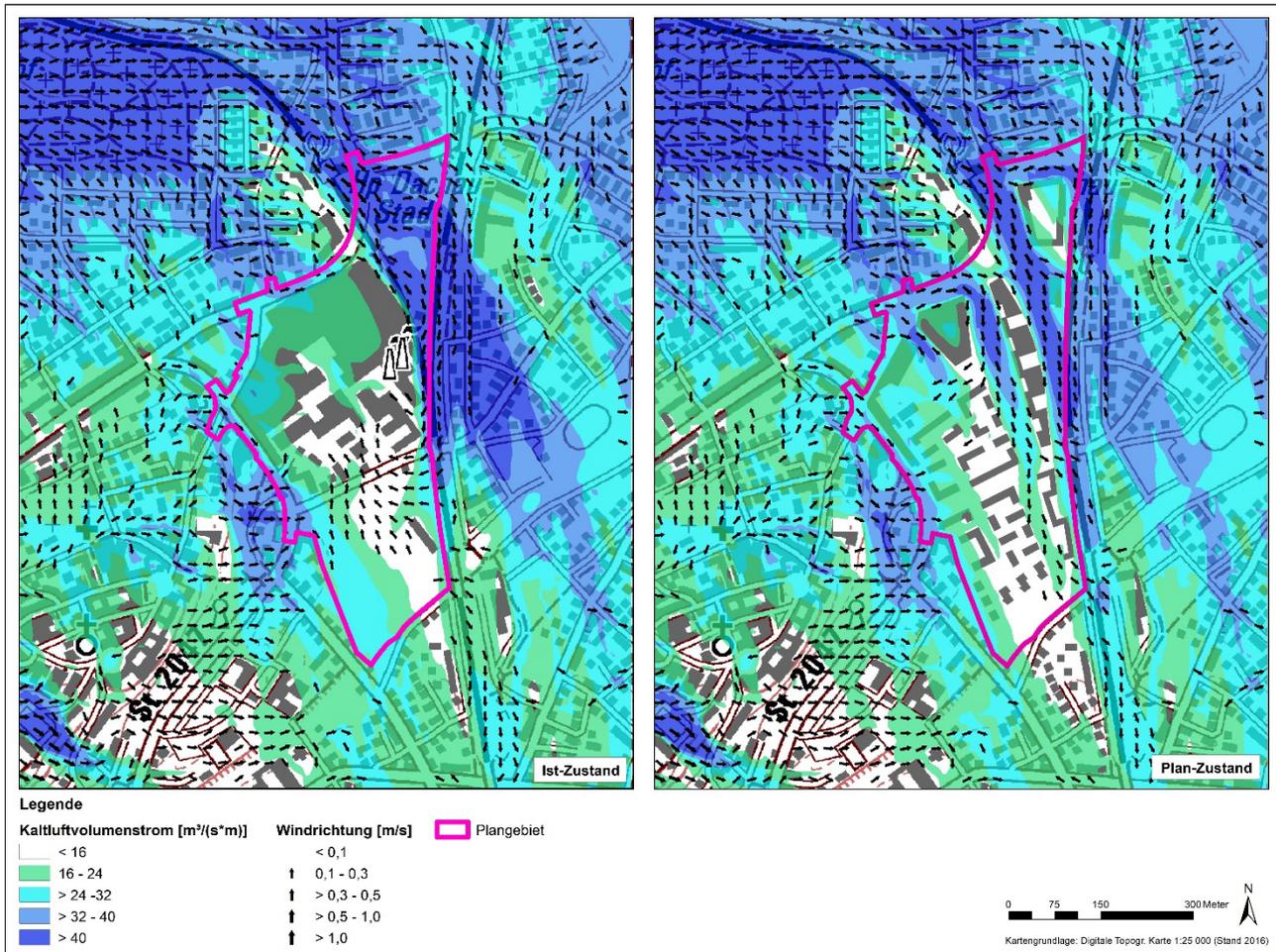


Abbildung 11: Kaltluftvolumenstrom um 4 Uhr morgens – Istzustand und Planzustand

Planzustand

Die Situation für den Planzustand ist auf der rechten Seite in Abbildung 11 dargestellt. Ähnlich wie für das Strömungsfeld bereits beschrieben, wird auch der Kaltluftvolumenstrom durch die geplante Bebauung beeinflusst. Die Strömung im Bereich der Bahnlinie wird aufgrund des Baublocks im Gleisdreieck etwas ausgebremst und umgeleitet. Das Plangebiet wird vor allem entlang des geplanten Parks durchströmt und weist hier den höchsten Kaltluftvolumenstrom auf.



Die Veränderungen des Kaltluftvolumenstroms im Plan-Zustand im Vergleich zum Ist-Zustand gehen in diesem Fall auch über das Plangebiet hinaus. Im Osten angrenzend nimmt der Kaltluftvolumenstrom aufgrund der geänderten Kanalisierung leicht ab. Dennoch ist in diesem Bereich immer noch ein hoher Kaltluftvolumenstrom zu verzeichnen.

5.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag)

Zur Bewertung der bioklimatischen Belastung im Untersuchungsgebiet wird der humanbioklimatische Index PET (=Physiologisch Äquivalente Temperatur) herangezogen. (Höppe und Mayer 1987). Dieser bezieht sich auf die Tagsituation. Zum einen sind die Aussagen zur Belastung am Tage auf Grund der höheren Temperaturen eindeutiger zu treffen und zum anderen bezieht sich die PET (wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes auch) auf außerklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist die PET daher vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Die Berechnung der PET beruht auf dem Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung und beschreibt das thermische Empfinden einer „Standardperson“, welche eine mittlere thermische Empfindlichkeit repräsentiert. Dafür sind vor allem Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und thermophysiologisch wirksame Strahlung relevant. Per Definition liegt eine starke Belastung ab einer PET von mehr als 35°C vor (vgl. Tabelle 1).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4°C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8°C	Kalt	Starke Kältebelastung
13°C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18°C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20°C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23°C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29°C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35°C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41°C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

Tabelle 1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden.



Istzustand

Die PET erreicht im Untersuchungsgebiet mit etwa 20 bis 42 °C eine Spanne von 22 K (vgl. Abbildung 12). Die niedrigsten Werte werden in verschatteten Bereichen wie in Wäldern oder dem Waldfriedhof modelliert. Ein Großteil der Siedlungsflächen ist stark wärmebelastet mit PET-Werten von über 35 °C. Höchste Werte finden sich im Bereich der ehemaligen Papierfabrik und der dichten Blockrandbebauung im Stadtzentrum. Auch Wiesenflächen heizen sich am Tage sehr stark auf und stehen als belastete Räume hervor. Gebiete mit einer geringen PET im Untersuchungsgebiet sind vor allem die Waldflächen, aber auch Parks, Grünanlagen und die Niederungsbereiche mit einigen schattenspendenden Elementen zeigen geringere Ausprägungen der Werte.

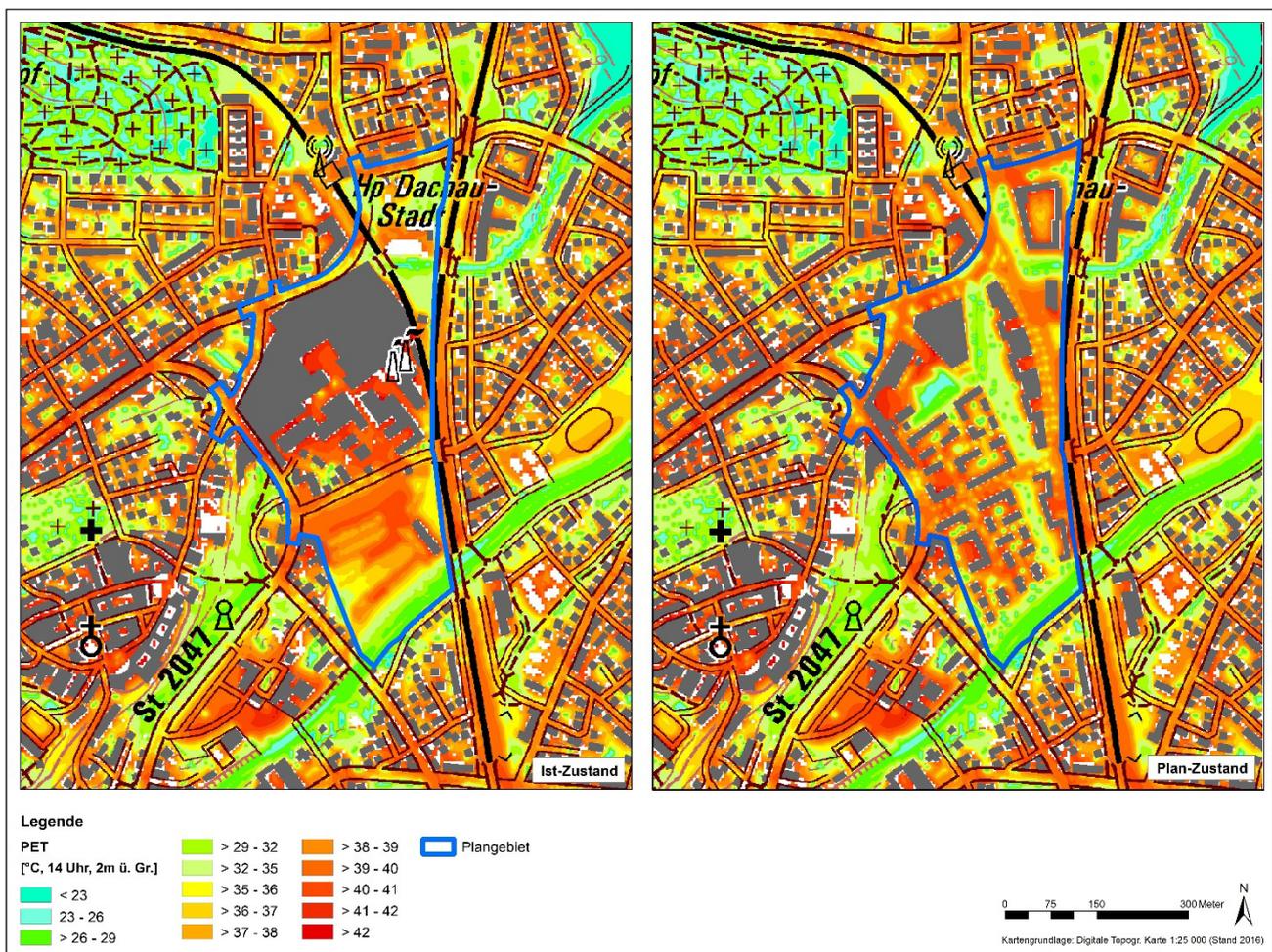


Abbildung 12: Physiologisch Äquivalente Temperatur um 14 Uhr – Istzustand und Planzustand

Planzustand

Bei einer Umsetzung der geplanten Bebauung kommt es im Plangebiet zu weitreichenden Veränderungen der PET. Auf der rechten Seite der Abbildung 12 ist der deutliche positive Effekt der Park- und Wasserflächen auf die PET zu erkennen. Die Grünflächen im Bereich des Parks aber auch im Umfeld der Am-



per sowie die Wasserfläche auf dem geplanten Platz zeigen geringe Werte um 30 °C auf. Ebenfalls zu erkennen sind die positiven Effekte von (Straßen-)Bäumen. Die Freiflächen, insbesondere die voll versiegelten im Straßenraum, weisen dahingehend entsprechend hohe Werte auf.

Die Änderung der PET betrifft fast ausschließlich das Plangebiet. Demnach kommt es am Tag im angrenzenden Siedlungsraum zu keiner weiteren Verschlechterung oder Verbesserung des Bioklimas.

5.5 Fazit

Die modellgestützte Analyse des Untersuchungsgebiets hat gezeigt, dass durch die Neubebauung des ehemaligen MD-Geländes weitreichende klimatische Veränderungen auf dem Planareal zu erwarten sind. Die umliegenden Siedlungsgebiete werden dahingegen kaum von den Umstrukturierungen beeinflusst.

Wie in der gesamtstädtischen Analyse bereits ermittelt wurde und durch die in den voran gegangenen Kapiteln vorgestellten Parameter bestätigt wird, handelt es sich bei dem ehemaligen Fabrik-Gelände im jetzigen Zustand um ein sowohl am Tage als auch in der Nacht klimatisch belastetes Gebiet. Dies ist vor allem auf den hohen Versiegelungsgrad und das große Gebäudevolumen zurück zu führen. Lediglich die im südlichen Teil gelegene Brachfläche kann nachts als Ausgleichsfläche dienen. Belüftet wird das Gebiet, soweit es möglich ist, von Norden über die Leitbahn, die von den Freiflächen über den Waldfriedhof und entlang der Gleistrasse führt.

Die Umnutzung und Neubebauung des Areals hat einige klimatische Auswirkungen zur Folge. Die Erhöhung des Grünvolumens durch die zwei großen Parks, aber auch durch Straßenbäume und kleinere Grünflächen innerhalb der Bebauung, führen insgesamt zu einem Absinken der Temperaturen sowohl am Tage als auch in der Nacht. Die niedrigsten Temperaturen sind folglich im Bereich der Grünflächen zu erwarten. Hoch versiegelte Flächen, wie z. B. die Straßenräume, aber auch der im Norden der Fläche angelegte Platz weisen aufgrund ihrer Beschaffenheit höhere Temperaturen auf. Hinzu kommt, dass mit der Bestandsbebauung, die auch in Zukunft erhalten bleibt, und dem geplanten „Pentagon“ in diesem Bereich ein großes Bauvolumen vorhanden ist. Hier kann eine große Menge Wärmeenergie gespeichert werden, die während der Nachtstunden langsam abgegeben wird und somit weiter zur Überwärmung dieses Teils des Plangebiets beiträgt. Die geplante Wasserfläche auf dem Platz bietet tagsüber eine kühlende Wirkung, während sie nachts zu einer Erhöhung der Umgebungstemperaturen beiträgt. Der südliche Teil des Areals (besonders südlich der Ostenstraße) weist einen höheren Grünanteil und eine insgesamt lockere Bebauung auf, was auch zu einer geringeren Aufheizung des Gebiets führt. Die riegelhafte Bebauung entlang der Bahntrasse profitiert im Westen vom angrenzenden Park, während an der Ostseite aufgrund des hohen Versiegelungsgrads wesentlich höhere Temperaturen zu erwarten sind. Der im Gleisdreieck geplante Wohnblock profitiert vor allem nachts von den geplanten Grünflächen im Innenhof und Außenbereich. Am Tage fehlen im Innenhof allerdings Verschattungselemente um eine starke Aufheizung zu vermeiden.



Für das Klima der Planfläche spielt auch die einströmende Kaltluft eine bedeutsame Rolle, da sie zum Abbau der Wärmebelastung führt. Die Veränderungen durch die geplante Bebauung lassen sich über das Strömungsfeld und den Kaltluftvolumenstrom einschätzen. Wie bereits beschrieben, wird die Strömung über den geplanten Park in die Planfläche geleitet. Es findet also eine im Vergleich zur Ist-Situation wesentlich bessere Belüftung statt. Zudem wird die Kaltluft im Planfall über die geplante Grünfuge bis hinunter zur Amper geleitet und kann hier das vorhandene Kaltluftvolumen aufwerten. Dennoch wird deutlich, dass die Kanalisierung durch das „Pentagon“ und die Bestandsbauten, aber auch durch die blockartig angelegten Wohngebäude, eine Durchlüftung über den Park hinaus eingeschränkt ist. Dieses Bild spiegelt sich auch in der Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms wieder, der mit dem Strömungsfeld weitestgehend korreliert.

Abschließend ist festzuhalten, dass durch die geplanten Nutzungsänderungen insgesamt eine Verbesserung der klimatischen Situation auf dem ehemaligen MD-Gelände zu erwarten ist. Der Bereich um den geplanten Platz und die breiten Straßenareale weisen hohe Temperaturwerte sowohl am Tage als auch in der Nacht auf. Die rein bzw. größtenteils als Wohngebiet geplanten Areale zeigen insgesamt moderate Temperaturen. Die großen Parkareale werten das Gebiet aus klimatischer Sicht auf und sorgen für ein besseres Bioklima. Über diese Grünflächen wird das Areal auch belüftet. Innerhalb der Bebauung kommt die Strömung aufgrund der Gebäudestellung schnell zum Erliegen. Die Amper-Aue profitiert von der über das Planareal zugeführten Kaltluft. Darüber hinaus sind keine Auswirkungen auf die umliegenden Gebiete durch die Planung zu erwarten.

Aus klimaökologischer Sicht sind die Auswirkungen der vorgesehenen Planungen als positiv einzuschätzen. Für die geplante Nutzung vorwiegend als Wohngebiet sollten einige Planungshinweise beachtet werden, um die klimatischen Bedingungen im Planareal zu optimieren. Planungshinweise und mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Klimas einschließlich ihrer Wirksamkeit werden in Kapitel 6 untersucht.



6 Planungsempfehlungen für eine zukünftige Bebauung des ehemaligen Papierfabrik-Geländes

Das neue Quartier auf dem ehemaligen MD-Gelände sollte ein möglichst optimales Wohn- und Aufenthaltsklima für die zukünftig dort lebende Bevölkerung aufweisen. Die relativ große Grünausstattung mit den beiden Parks und die kleineren Grünflächen innerhalb der Bebauung vor allem im Süden der Fläche sind hier positiv hervorzuheben. Bei der Gestaltung von Grünflächen ist es wichtig, auf eine große Mikroklimavielfalt zu achten. Dies bedeutet, dass sich Wiesen und Freiflächen mit Büschen und Bäumen sowie Wasserflächen abwechseln sollten. So ist gewährleistet, dass in den Nachtstunden eine ausreichende Kaltluftproduktion stattfindet und am Tage besonnte und beschattete Bereiche zur Verfügung stehen, um allen Bedürfnissen der Bevölkerung gerecht zu werden und gleichzeitig ein zu starkes Aufheizen der Flächen zu vermeiden. Wasserflächen haben am Tage aufgrund der entstehenden Verdunstungskälte eine kühlende Wirkung.

Ebenfalls wichtig ist die Beschattung von Fuß- und Radwegen bzw. Straßen. Dies verhindert eine starke Erwärmung während des Tages und reduziert damit auch die Überwärmung in den Nachtstunden. Idealerweise findet die Beschattung durch Straßenbäume statt, die bereits relativ zahlreich in der Planung vorgesehen sind. Insbesondere der Platz im Norden der Planfläche weist allerdings bisher eine geringe Beschattung auf, was in der Modellierung durch die erhöhten Temperaturen deutlich wird. Hier könnte eine großflächigere Verschattung zum Beispiel auch durch Markisen oder andere technische Elemente die Aufenthaltsqualität auf dem Platz steigern und die Nachttemperaturen senken.

Die Planfläche wird über eine Leitbahn von Norden belüftet. Die geplante Parkanlage dient hierbei als „Grüner Finger“, der die Kaltluft bis zur Amper weiter transportiert. Die Breite des Parks ist mit 30 bis 50 m für den Kaltlufttransport passend. Um auch die westliche Seite des Plangebiets besser zu belüften, fehlt eine zweite rauigkeitsarme und im Idealfall begrünte Nord-Süd-Verbindung in diesem Teil. Das „Pentagon“ blockiert das Einströmen von Kaltluft auf den geplanten Platz.

Bei der Planung und Umsetzung großer Neubauvorhaben sollten zudem immer auch grundsätzliche klimatische Belange und Maßnahmen berücksichtigt werden, die dem Klimaschutz und der Klimaanpassung dienen und gleichzeitig eine gute Wohn- und Aufenthaltsqualität gewährleisten, wie es in den Planungen zum Teil bereits vorgesehen ist. Zu diesen Maßnahmen gehören zum Beispiel die Planung und Umsetzung von Dach- und Fassadengrün, die Verwendung von hellen Baumaterialien, um die Albedo zu erhöhen und einen geringen Versiegelungsgrad der Flächen. Der Versiegelungsgrad kann beispielsweise durch Entsiegelungen, Teilversiegeln und Begrünen von Park- und Stellflächen verringert werden.

Tabelle 2 fasst die Planungsempfehlungen für das Gelände der ehemaligen Papierfabrik in Dachau zusammen und enthält auch einige allgemeine Hinweise. Im Anhang dieses Berichts befinden sich „Maßnahmenblätter“ zu den in der Tabelle aufgeführten Maßnahmen, die in allgemeiner Weise die Funktion, Wirkung und Umsetzbarkeit darstellen.



Planungsempfehlungen für die Neubebauung des MD-Geländes	
Hohen Vegetationsanteil / Durchgrünung vorsehen (S. 27 und S. 28)	+ Pocket Parks + Innen-/ Hinterhofbegrünung
Verschattung im öffentlichen Raum (S.29)	+ Öffentliche Plätze ausreichend verschatten mit Bäumen, Pergolen, Sonnensegeln + Verkehrswege, insbesondere Fuß-/Radwege mit Straßenbäumen beschatten
Durchlüftung des Geländes gewährleisten (S. 31)	+ Keine riegelhafte Bebauung am nördlichen Rand der Planfläche + „Grüne Finger“, die die Kaltluft ins Innere der Fläche leiten
Hohe Mikroklimavielfalt auf Grünflächen (S. 32)	+ Einzelbäume, Baumgruppen, Sträucher + Wasser-/Wiesenflächen
Grundsätzliche Planungsempfehlungen	
Geringer Versiegelungsgrad (S. 33)	+ Entsiegeln + Wasserdurchlässige Gestaltung von Stellplätzen, öffentlichen Plätzen und Fußwegen
Begrünung und Verschattung von Park-/Stellplätzen (S. 35)	+ Verschatten von Stell-/Parkplätzen mit Bäumen + Teilversiegelung
Unterbauung von Grünflächen begrenzen (S. 37)	+ Tiefgaragen unter Hofbereichen und Grünflächen vermeiden + Notwendige Unterbauungen klimagerecht herstellen
Dach- und Fassadenbegrünung (S. 38)	+ Intensive Begrünung mit hohem Verdunstungsvermögen
Albedo erhöhen (S. 42)	+ Verwendung von hellen, natürlichen Baumaterialien + Helle Beläge für Straßen und Plätze

Tabelle 2: Planungsempfehlungen für die geplante Neubebauung des MD-Geländes



Literatur

- DDV (=Deutscher Dachgärtner Verband e.V.) (2011):** Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele.
- DFG (1988) – Deutsche Forschungsgemeinschaft:** Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Abschlussbericht. Bonn. 93 S.
- DIERCKE WELTATLAS (2020):** Klimate der Erde nach Köppen/Geiger. Im Internet:
<https://diercke.westermann.de/content/klimate-der-erde-nach-k%C3%B6ppen-geiger-978-3-14-100700-8-229-3-0> (Zugriff: 21.02.2020)
- 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.
- GEO-NET (2018):** Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet der großen Kreisstadt Dachau. Hannover.
- GROß, G. (2012):** Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 21, No. 2, 173-181.
- HÖPPE, P. UND H. MAYER (1987):** Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft und Stadt 19 (1), S. 22–29.
- KIEBL K., RATH J. (1986):** Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko. Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. FtB-4/1989, Stuttgart.
- KUTTLER, W. (1999):** Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig. Band 13.
- KUTTLER, W. (2013):** Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh (2. Auflage).
- MOSIMANN, Th., P. TRUTE & Th. FREY (1999):** Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99.
- MVI (=Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg) (2012):** Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung
- PFOSE 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.
- ROLOFF A., GILLNER S., BONN S., TU DRESDEN (2008):** Klima-Arten-Matrix (KLAM- Stadt) aus der Broschüre des Bundes Deutscher Baumschulen e.V. (BdB): Forschungsstudie Klimawandel und Gehölze.
- SCHERER, D. (2007):** Viele kleine Parks verbessern Stadtklima. Mit Stadtplanung Klima optimieren. TASPO Report Die grüne Stadt, 15.



STADT DACHAU (2020): Stadtportait. Im Internet: <https://www.dachau.de/rathaus/ueber-dachau/stadtportrait.html>
(Zugriff: 04.02.2020)

SIEKER, INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR. MBH (2014): Arbeitsmaterialien Forschungsprojekt KURAS - Maßnahmensteckbriefe. Internes Dokument

Anhang

Schaffung von Pocket-Parks

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Gebäude/Grundstück
- + Zentrale Akteure: Privatwirtschaft, Privatpersonen

Pocket-Parks sind kleine (manchmal auch gärtnerisch gestaltete) Grünflächen im innerstädtischen Raum. Sie werden vornehmlich auf ungenutzten oder brachliegenden Flächen oder Baulücken errichtet, so dass die zentralen Akteure von den jeweiligen Besitzverhältnissen abhängig sind. Ihre Ausstattung reicht von einfachen Pflanzenbeeten und Bänken unter Bäumen bis hin zu Gartenkunst mit hochwertiger Gestaltung.



Abbildung 14: Pocket-Parks in Lüneburg (Fotos: Elke Hipler)

Dominieren auf der Fläche Bäume und/oder offene Wasserflächen, bieten sie an heißen Sommertagen eine lokale Kühlinselform 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 zur Vernetzung größerer Grünflächen beitragen, kann ihre bioklimatische Wirkung verstärkt werden (Scherer 2007). In den Nachtstunden können sie als Trittsteine für einströmende Kaltluft fungieren. Darüber hinaus dienen die Anlagen auch einer Verbesserung der Biotopvernetzung.

Innen-/Hinterhofbegrünung

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Gebäude/Grundstück
- + Zentrale Akteure: Privatwirtschaft, Privatpersonen

Das Ziel von Innen-/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 Gebäude-seiten kann auch eine unmittelbare Verbesserung der thermischen Situation im Gebäudeinneren - insbesondere auch für die Nachtsituation - erreicht werden (Abbildung 15).



Abbildung 15: Grüne Hinterhöfe in der Rosenheimerstraße im Stadtteil Schöneberg (Fotos: Dominika Leßmann)

Die Wirkung bezieht sich fast ausschließlich auf den Hof selbst und entfaltet keine Fernwirkung. Sie verbessert aber wesentlich die Aufenthaltsqualität im Hofraum und trägt unter anderem auch zur 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 Temperatur senken können, sollten schattenspendende Bäume und Sträucher vorhanden sein. Das Anlegen einer beschatteten Sitzecke fördert zudem das Zusammenleben aller 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.

In Städten bieten sich insbesondere diejenigen thermisch 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. einer Nachverdichtung) zugeführt werden sollen. Wettbewerbe und Förderprogramme können für diese Gruppe aktivierend wirken.

Verschattung im öffentlichen Raum erhöhen

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung

Straßen, (Geh- und Fahrrad-)Wege sowie Stadtplätze sind der zentrale öffentliche Aufenthaltsbereich der Stadtbevölkerung im Außenraum. Die Flächen werden entweder zum längeren Aufenthalt aufgesucht oder aber als Mittel zum Zweck genutzt, um ein Bewegungsziel zu erreichen (z. B. Arbeits- oder Einkaufsweg). Mit Blick auf den Klimawandel (häufigere und intensivere Hitzeperioden), dem demographischen Wandel (höherer Anteil an hitzesensiblen Bevölkerungsgruppen) sowie dem zunehmenden Fußgänger- und Fahrradverkehr sollte einer nicht gesundheitlich belastenden thermischen Situation auf diesen Flächen besondere Beachtung geschenkt werden.



Abbildung 16: Begrünter Mittelstreifen, Heylstraße, Schöneberg, Berlin (Fotos: Dominika Leßmann).

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

Die Verschattung erfolgt gegenwärtig in aller Regel mittels Bäumen und Sträuchern, vereinzelt auch durch Gebäudeanbauten (z. B. Markisen in Fußgängerzonen) oder Kleinbauten (z. B. Wartehäuschen an ÖPNV-Haltestellen). Perspektivisch ist auch der großflächigere Einsatz künstlicher Materialien denkbar (z. B. Sonnensegel). Die beste Lösung bieten in jedem Fall Bäume, die im Gegensatz zu künstlichen Elementen zusätzlich über die Fähigkeit zur Transpirationskühlung verfügen.

Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tage. Die beschatteten Straßen und Gehwege speichern weniger Wärme als die der Sonnenstrahlung 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 sind daher insbesondere bei kleinen Straßenquerschnitten und hohem motorisierten Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Bei mehrspurigen Straßen bieten sich begrünte Mittelstreifen zur Baumpflanzung an (Beispiel siehe Abbildung 16). Im Bereich von Luftleitbahnen dürfen Verschattungselemente zudem keine Barriere für Kalt- und Frischluftströmungen darstellen und sollten möglichst nicht quer zur Fließrichtung angelegt werden.

Mit Blick auf den Klimawandel sollte bei der Artenauswahl von Neu- oder Ersatzpflanzungen auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden (Klima-Arten-Matrix von Roloff A. et al., 2008) Dabei sind solche Gehölze zu bevorzugen, die keine hohen Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen aufweisen, die zur Bildung von Ozon beitragen.

Erhalt der Durchlüftung; Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte bei Um- und Neubau optimieren

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung

Die Maßnahme der Optimierung der Gebäudeausrichtung und der Bebauungsdichte bei Neubauten verfolgt zum einen das Ziel, vorhandene Kaltluftströme und -abflüsse optimal zu nutzen und damit die Versorgung sowohl der neuen Quartiere als auch der Bestände im Umfeld zu sichern. Um dies zu gewährleisten, sollten die Gebäude parallel zur Fließrichtung der Kaltluft angeordnet und nicht zu hoch sein sowie ausreichend (grüne) Freifläche zwischen ihnen erhalten bleiben (vgl. Abbildung 17).

Zum anderen 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.

Da die Festsetzung von Baufeldern, Geschoß- und Grundflächenzahlen in den Bebauungsplänen erfolgt, stellt die verbindliche Bauleitplanung das zentrale Instrument zur Umsetzung dieser wichtigen Maßnahme dar.

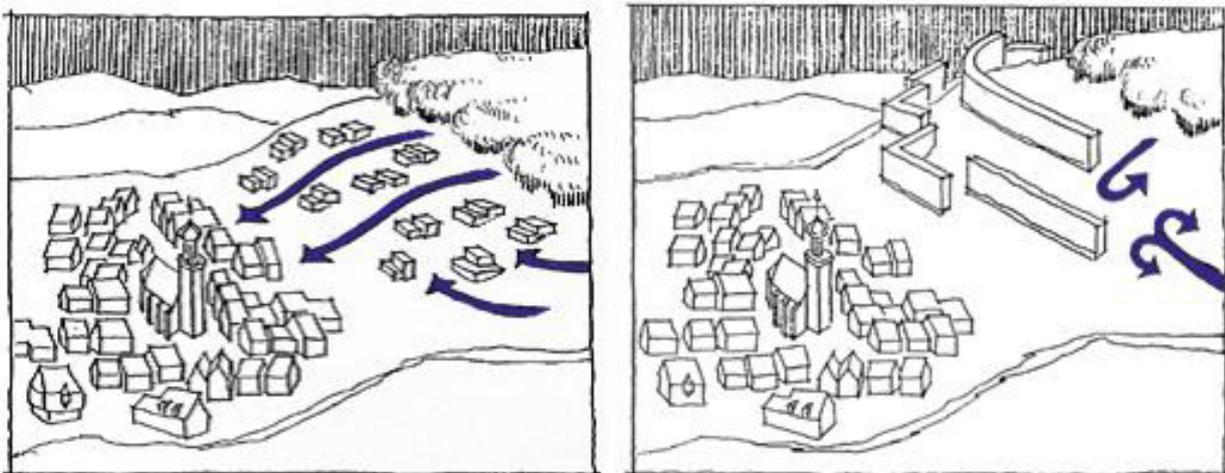


Abbildung 17: Durchlässige Bebauung am Hang, bei der auch die Talströmung nicht behindert wird (links) und Barrieren-Bebauung am Hang (rechts) (Quelle: MVI 2012 aus: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung III D1 Berlin (2015))

Mikroklimatische Vielfalt in öffentlichen Grünflächen erhöhen

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung



Abbildung 18: Schema einer klimaökologisch optimierten innerstädtischen Grünfläche.

Damit innerstädtische Grün- und Freiflächen ihr Potential an klimaökologischen Dienstleistungen sowohl für die Tag- als auch für die Nachtsituation umfänglich ausschöpfen können, sollten sie möglichst vielfältige Mikrokimate bereitstellen. Als Leitbild kann der erweiterte, für jedermann kostenlos begehbare „Savannentyp“ (Kuttler 2013, 271) dienen.

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

Oberflächen entsiegeln, Versiegelungsgrad gering halten

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung, Wirtschaft, Privatpersonen

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).



Abbildung 19: links: Versickerungsfähiger Fußweg (Foto: Miriam Lübbecke); rechts: Rasengittersteine (Foto: Mar-Tollas / pixelio.de).

Die Energieumsätze an den städtischen Oberflächen hängen sehr stark von der Beschaffenheit der Oberflächen ab. Zum einen bestimmen sie die Reflexionseigenschaften, zum zweiten aber auch die potentielle Verdunstung bzw. Evapotranspiration. In den Städten sind die Oberflächen insbesondere in den Innenstädten sehr stark versiegelt und erreichen dort fast einen Versiegelungsgrad von 100%. Regenwasser läuft schnell in die Kanalisation ab und steht somit nicht mehr zur Verdunstung (Verdunstungskühlung) zur Verfügung. Eine Maßnahme zum 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 u.a. zu sehen in:

- + Reduktion vom Regenwasserabfluss
- + erhöhte Verdunstung vom Boden
- + 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.

Entsiegelungsprojekte entsprechen zudem den Zielen des Bodenschutzes, des Hochwasserschutzes sowie eines naturnahen Wasserkreislaufs und unterstützen den Ansatz einer dezentralen Siedlungswasserwirtschaft. Die Maßnahme kann daher als multieffektiv bezeichnet werden.

Bei der Planung von neuen Siedlungen 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.

Begrünung und Verschattung von Park-/Stellplätzen

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung, Wirtschaft, Privatpersonen

Die zumeist ungehinderte Einstrahlung führt tagsüber zu einer hohen Wärmebelastung direkt auf der Parkplatzfläche. 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 auch der Aufheizung der PKW-Innenräume wird vorgebeugt. Alternativ oder ergänzend können Überdachungen, Sonnensegel oder ähnliche Schatten liefernde Bauten eingesetzt werden. Aufgrund der fehlenden Verdunstung, ist ihre Wirkung im Vergleich zu Bepflanzung jedoch herabgesetzt. Darüber hinaus übernehmen Bäume und Sträucher im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoffen und verbessern dadurch die Luftqualität. Durch die Begrünung wird das Gelände ästhetisch aufgewertet (Abbildung 20).



Abbildung 20: Begrünte Parkplätze: Heylstraße, Schöneberg (links) und Eschengraben, Pankow (rechts) (Fotos: Dominika Leßmann).

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.

Die Umsetzung der Maßnahme kann beim Errichten von neuen Parkplätzen und beim Stadtumbau erfolgen. Beim Pflanzen der Bäume und Aufstellen von Sonnensegel etc. muss auf die Verkehrssicherheit geachtet werden. Es muss genügend Platz und gute Sichtbarkeit für die Einparkmanöver vorhanden sein. Je nach Besitzverhältnissen können entweder die Öffentliche Hand, Unternehmen oder Privatpersonen die zentralen Akteure darstellen.



Mit Blick auf den Klimawandel sollte bei der Artenauswahl von Neu- oder Ersatzpflanzungen auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden (Klima-Arten-Matrix von Roloff A. et al., 2008) Dabei sind solche Gehölze zu bevorzugen, die keine hohen Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen, aufweisen.

Unterbauung von Grünflächen begrenzen oder klimagerecht herstellen

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartier, Gebäude/Grundstück
- + Zentrale Akteure: Stadtverwaltung, Wirtschaft, Privatpersonen

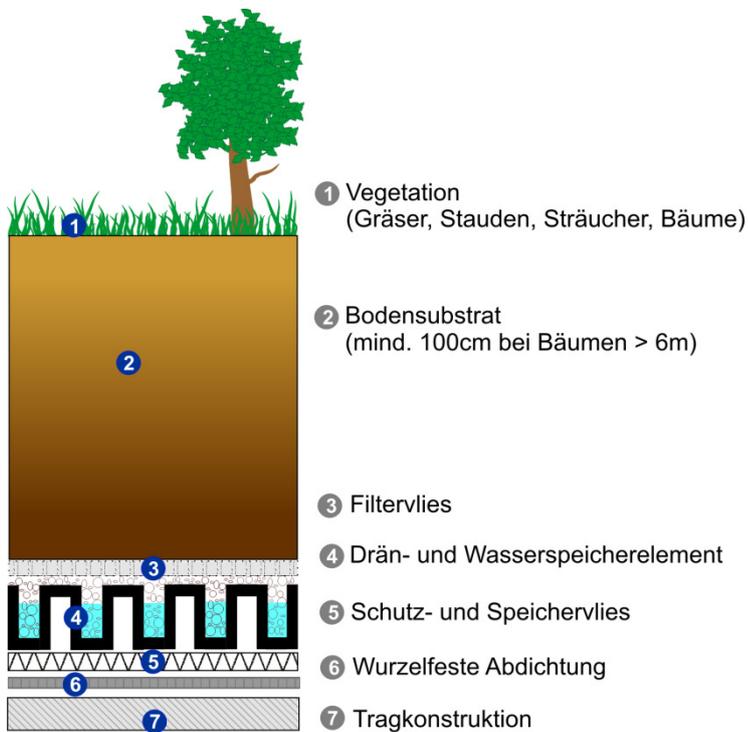


Abbildung 21: Beispielhafter Dachaufbau einer Tiefgarage

Die Unterbauung von Grünflächen oder Hinterhöfen, meist in Form von Tiefgaragen, führt zu einer zusätzlichen Versiegelung von klimatisch wirksamen Flächen. Durch diese Versiegelung 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 Verdunstungspotential 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 Zentimeter bewerkstelligen, sodass eine intensive Begrünung und die Nutzung von anfallendem Niederschlagswasser zur 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 darf daher nicht vollflächig unterbaut werden.

Dachbegrünung

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Gebäude/Grundstück
- + Zentrale Akteure: Privatpersonen, Wirtschaft, Stadtverwaltung

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

Es gibt grundsätzlich zwei Formen einer Dachbegrünung. 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). Über die Verdunstungsleistung kühlen sie die dachnahen Luftmassen daher auch stärker als die extensive Dachbegrünung. Neben dem Stadtklima handelt es sich bei der Dachbegrünung auch um eine Maßnahme, die der Siedlungswasserwirtschaft sowie der Biodiversität zugutekommt.



Abbildung 22: links: Dachbegrünung auf dem Dach der Marcel-Bräuer-Schule im Pankower Ortsteil Weißensee, Berlin (Foto: Lauranne Pille); rechts: Dachbegrünung bei Wohnhäusern (Foto: Johannes Gerstenberg / pixelio.de)

Die kühlende Wirkung einzelner Dachbegrünungen beschränkt sich auf die Luftmassen direkt über der Dachoberfläche. 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 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. Dachbegrünungen sind mit vielen weiteren Synergieeffekten verbunden. Hierzu zählen u.a. Reduktion des Niederschlagsabflusses, Lärminderung und die Erhöhung der Biodiversität (Pfoser et al. 2013).

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



Fassadenbegrünung

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Gebäude/Grundstück
- + Zentrale Akteure: Privatpersonen, Wirtschaft, Stadtverwaltung

Der planmäßige und kontrollierte Bewuchs geeigneter oder speziell vorgerichteter Fassaden mit Pflanzen wird als Fassadenbegrünung bezeichnet. Es wird zwischen erd- und fassadengebundenen Systemen unterschieden.

In erster Linie wirkt die Grünfassade dämmend auf das Gebäude und führt zu Abmilderung der Innentemperaturextreme im Tages- und Jahresverlauf. Das schattenwerfende Blattwerk, die Luftschicht zwischen der Vegetation und der Hauswand sowie die Evaporation verringern die Wärmeaufnahme und die Oberflächentemperatur der Gebäudehülle und erhöhen den thermischen Komfort in allen Stockwerken des Gebäudeinneren sowie im unmittelbar angrenzenden Außenklima (vgl. Abbildung 23).

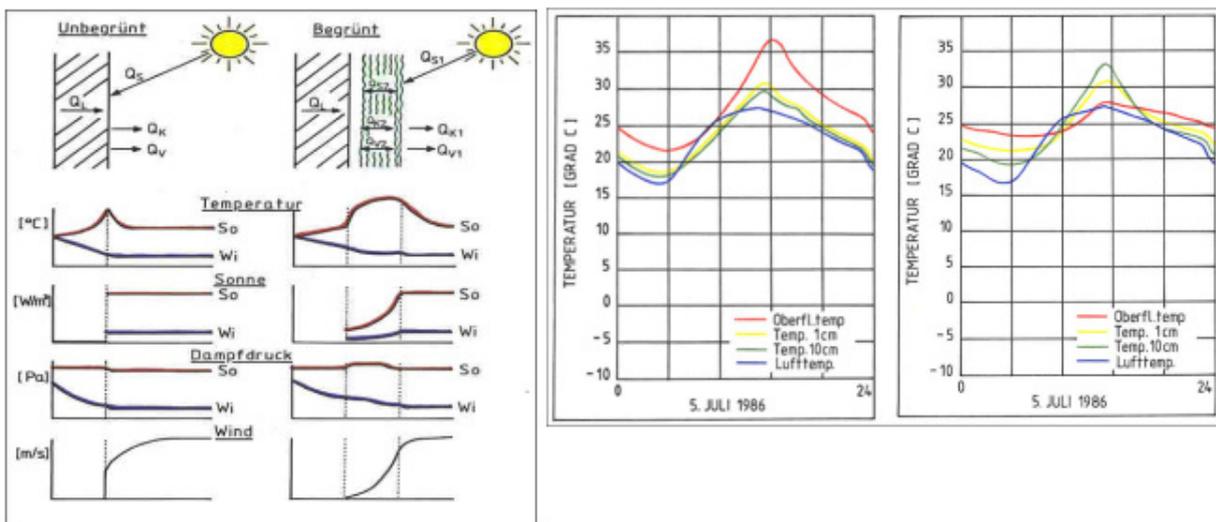


Abbildung 23: Vergleich von Klimaparametern (links) sowie Temperaturverläufe (rechts) zwischen begrünter und unbegrünter Außenfassaden (Kießl 1986)

Ein weiterer positiver Effekt ist die Verbesserung der Luftqualität in der Nähe der Fassadenbegrünung. Die relativ große Pflanzenoberfläche adsorbiert und absorbiert den Feinstaub und andere Luftschadstoffe. Auch eine lärmindernde Wirkung der Fassadenbegrünung ist messtechnisch nachgewiesen. Ähnlich wie Dachbegrünung tragen auch Fassadenbegrünungen zur Speicherung und Verdunstung von Niederschlagswasser und damit zum Hochwasserschutz sowie zur Erhöhung der Biodiversität bei (Pfoser et al. 2013).



Abbildung 24: Erdgebundene Fassadenbegrünung in der Münchenerstraße im Ortsteil Schöneberg, Berlin (Foto: Dominika Leßmann)

Es gibt diverse Ausführungsmöglichkeiten einer Fassadenbegrünung (vgl. Abbildung 24). Die Entscheidung hängt hauptsächlich von den Bauwerkseigenschaften ab und sollte gut geplant werden, um eventuelle Schäden am Gebäude oder der Begrünung zu vermeiden. Dabei ist sowohl der Aufbau (Pflanzenart, Befestigungsart und die entstehende Last) zu berücksichtigen als auch die späteren pflegerischen Maßnahmen (Bewässerung, Pflanzenschnitt) (FLL 2000).

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

Flächenmaterialien mit geringerer Wärmeleit- und -speicherkapazität verwenden

- + Wirkungsbereich der Maßnahme: Stadtviertel/Stadtquartiere
- + Zentrale Akteure: Wirtschaft, Privatpersonen, Stadtverwaltung

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).



Abbildung 25: Helle Fassade in Berlin (Foto: Jens-Robert Schulz / pixelio.de)

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 Luftwärmung. Je höher also die Albedo der Baumaterialien oder der Fassadenanstriche („cool colors“) 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 wird.

Die Maßnahme kann zum einen beim 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 Potential besteht allerdings im thermisch belasteten Bestand. Praktisch bei jedem Gebäude und jeder Fläche im Straßenraum kann im Rahmen der Instandhaltung oder Sanierung die Albedo der Fassade, des Daches oder ebenerdig versiegelte Flächen erhöht werden. Grundsätzlich muss bei der Umsetzung dieser Maßnahme darauf geachtet werden, dass es durch die erhöhte Reflektion nicht zu einer unangenehmen Blendwirkung kommt.