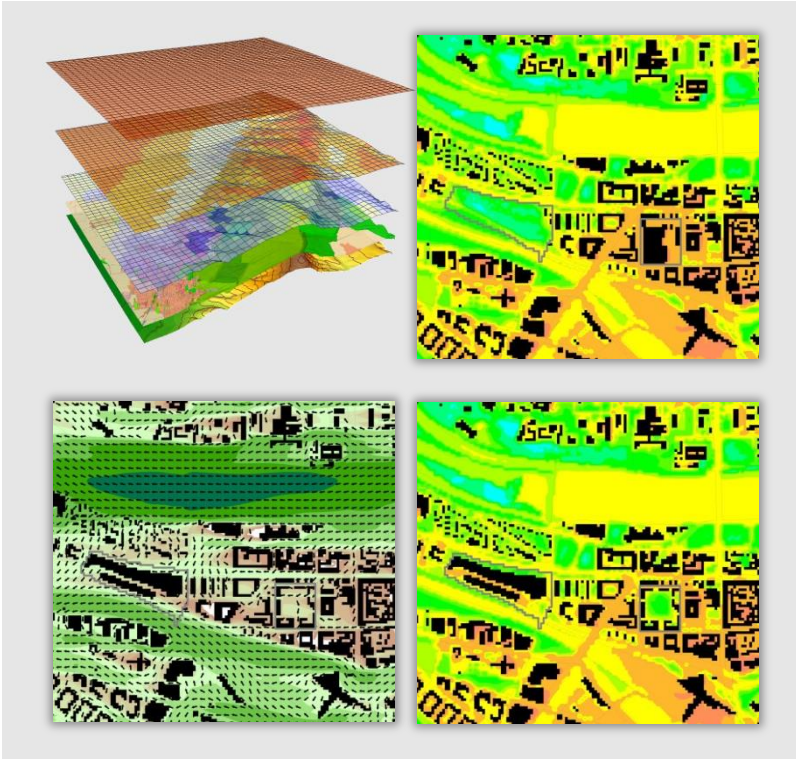
Klimaökologische Untersuchung

Neuer RNV-Betriebshof „Großer Ochsenkopf“ in Heidelberg



Auftraggeber:

Rhein-Neckar-Verkehr GmbH

Projektleiter Planung IS4

Möhlstraße 27

68165 Mannheim

Auftragnehmer:

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a

30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. G. Gross

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Kooperationspartner:

ÖKOPLANA

Seckenheimer Haupstraße 98

68239 Mannheim

Tel.: (0621) 474626

www.oekoplana.de

Hannover, Juni 2019

1 Einleitung

In Heidelberg-Bergheim wird die Umnutzung von zwei Flächen diskutiert, deren klimaökologischen Auswirkungen mit der vorliegenden, modellgestützten Klimaexpertise untersucht werden sollen.

Zum einen ist eine Bebauung der Grünfläche „Großer Ochsenkopf“ vorgesehen, die zwischen Gneisenaustraße und dem Quartier „Ochsenkopf“ liegt. Auf der Fläche soll der neue Betriebshof der Rhein-Neckar-Verkehrs GmbH (RNV) entstehen. Dabei ist eine ca. 5 m hohe Bus-Abstellhalle mit extensiver Dachbegrünung sowie Photovoltaik-Nutzung vorgesehen (in Abb. 1 (links) braun hervorgehoben). Nördlich davon ist eine ca. 9 m hohe Abstellhalle für Stadtbahnen geplant, auf der ein, über zwei Rampen im Osten und Westen erreichbares, begehbares Dach mit intensiver Begrünung angedacht ist (dunkelgrün hervorgehoben). An die Abstellhalle schließt direkt ein ca. 18 m hohes Verwaltungsgebäude mit extensiver Dachbegrünung an (hellgrün hervorgehoben).

Zum anderen soll auf der Fläche des bisherigen RNV-Betriebshofs zwischen Bergheimer Str., Emil-Maier-Str., Alte Eppelheimer Str. und Karl-Metz-Str. eine Wohnnutzung umgesetzt werden, gleichzeitig soll sich der Grünanteil im Baublock auf ca. 50 % erhöhen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde ein Standortvorschlag des Stadtplanungsamts untersucht, der stellvertretend für eine mögliche Bebauung steht. Dabei bleibt die Häuserzeile entlang der Bergheimer Straße im nördlichen Teil des Baublocks bestehen, wobei die Flächen zwischen den Gebäuden teilweise entsiegelt werden (und angenommen wurde, dass die an die Bergheimer Str. angrenzenden Straßenbäume um weitere Bäume ergänzt werden). Für die Fläche des bisherigen Betriebshofs sieht der Vorschlag eine Zweiteilung vor (Abb. 1 (rechts)): Im östlichen Teil des Baublocks ist eine öffentlich zugängliche Grünfläche geplant, die Einzelbäume sowie Baumgruppen enthält. Im östlichen Teil ist eine halboffene fünfgeschossige Blockrandbebauung mit begrüntem Innenhof vorgesehen.

Für das betrachtete Untersuchungsgebiet können Hinweise aus der Stadtklimaanalyse 2015 abgeleitet werden. Um die klimaökologischen Auswirkungen der vorgesehenen Bebauung genauer abbilden und bewerten zu können, war jedoch eine Modellrechnung in höherer Auflösung und unter Berücksichtigung der seitdem erfolgten Bebauung erforderlich. Dabei wurden zwei Modellläufe durchgeführt:

- Status quo = derzeitiger Zustand
- Plan-Zustand = Umsetzung der geplanten Bebauung

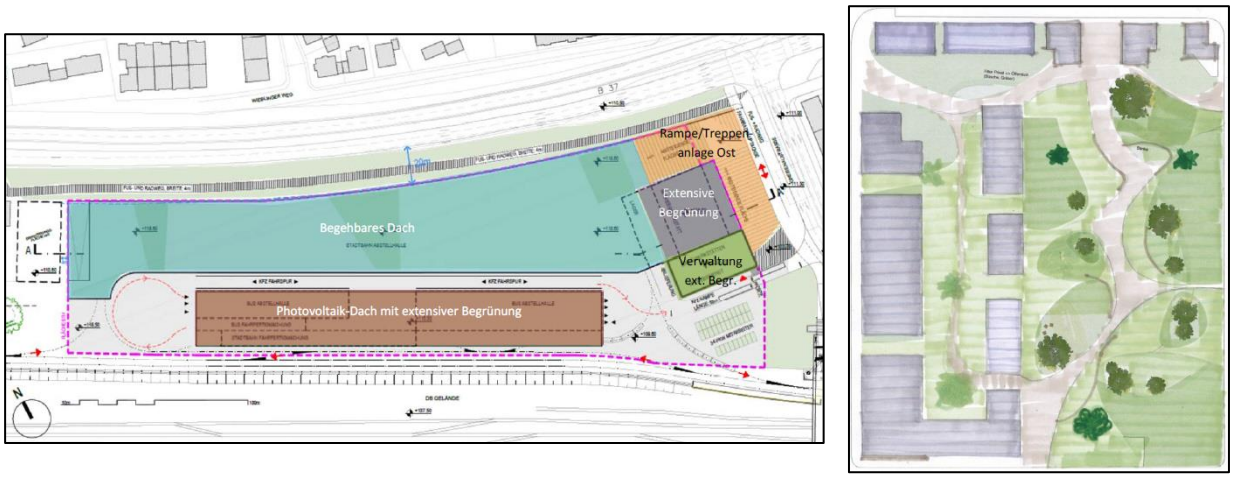


Abb. 1: Schematische Darstellung des geplanten Betriebshofs auf dem Gelände „Großer Ochsenkopf“ (links, Quelle: Planungsgruppe Gestering | Knipping | de Vries); Vorschlag für die Umnutzung des bisherigen Betriebshof (rechts, Quelle: Stadtplanungsamt Heidelberg) (Erläuterungen jeweils im Text)

1.1 Grundlagen der Modellierung

Genau wie bei der Stadtklimaanalyse 2015 liegt der Modellrechnung das Stadtklimamodell FITNAH 3D zugrunde. Während die horizontale Auflösung bei der gesamtstädtischen Klimaanalyse 2015 noch 25 m betrug, wurde nun eine höhere Auflösung von 10 m verwendet, um Gebäude erfassen und insb. Grünstrukturen genauer abbilden zu können. Die für die Modellrechnung verwendeten Daten basieren auf der Stadtklimaanalyse 2015 und wurden um, von der Stadt Heidelberg zur Verfügung gestellte, aktuelle Gebäudedaten sowie Grün- und Baumkataster ergänzt (jeweils Stand 2019). Zur Validierung dienten frei verfügbare Luftbilder (Stand 09/2018).

Um die Dynamik des stadtklimatischen Prozessgeschehens abbilden zu können, wurde das Untersuchungsgebiet über die beiden betroffenen Plangebiete hinaus ausgewiesen. Das gesamte Untersuchungsareal hat bei einer Abmessung von 2,2 km x 1,4 km eine Fläche von ca. 3 km².

Der Modellrechnung liegt eine sommerliche Strahlungswetterlage zugrunde, in der sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt ausprägen (wolkenloser Himmel, keine übergeordnete Windströmung). Aus Messergebnissen und der Stadtklimaanalyse 2015 ist bekannt, dass bei einer solchen Wetterlage der Neckartalabwind eine nächtliche Durchströmung des Untersuchungsgebiets aus östlicher Richtung bewirkt, was entsprechend in der vorliegenden Modellrechnung berücksichtigt wurde.

Um die Folgen des Klimawandels für das Heidelberger Stadtklima einordnen zu können, wurde entsprechend dem europäischen Stand der Technik auf Ergebnisse regionaler Klimamodellen der EURO-CORDEX-Initiative zurückgegriffen, die stadtweite Aussagen zur klimawandelbedingten Entwicklung vieler meteorologischer Kenngrößen erlauben (siehe Kap. 2.4). Gemäß bundesweiter Leitlinien wurde dabei ein Ensemble aus Klimamodellen verwendet, das verschiedene Klimaszenarien zur Entwicklung der zukünftigen Treibhausgasemissionen berücksichtigt (RCP-Szenarien).

1.2 Ausgangssituation

Die Stadtklimaanalyse 2015 nimmt für die beiden Plangebiete „Betriebshof alt“ und „Großer Ochsenkopf“ (geplanter Betriebshof) eine mit Planungshinweisen versehene klimaökologische Einschätzung vor (Stadt Heidelberg 2015).

Der bisherige RNV-Betriebshof liegt im Teilbereich „Bergheim Wirkungsraum 1 (Be-W1)“, der durch eine stark verdichtete Siedlungsstruktur und geringe Grünausstattung geprägt ist. Dies führt zu einer nächtlichen Überwärmung des Gebiets, die nur bedingt durch den über Verkehrsachsen einströmenden Neckartalabwind abgemildert werden kann. Dem Gebiet fehlt die Anbindung zu Ausgleichsräumen (Grünflächen), sodass insgesamt eine ungünstige bioklimatische Situation zu konstatieren ist. Entsprechend sind Maßnahmen nötig, die zu einem günstigeren Eigenklima führen. Dazu zählt nach Möglichkeit die Ausdehnung von Grünflächen, die Erhöhung des Grünvolumens (Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelung, Straßenbäume, etc.) sowie gezielte Verschattung.

Die für den neuen Betriebshof vorgesehene Grünfläche ist Teil des Ausgleichsraums „Bergheim 2 (Be-A2)“. Es handelt sich um eine überwiegend offene Brachfläche, die einzelne Gehölze und Buschgruppen enthält und am östlichen Rand eine sehr geringe Bebauung aufweist. Im Verbund mit anderen Ausgleichsräumen bildet die Grünfläche ein wichtiges Bindeglied für den Kaltluftstrom des Neckartalabwinds (Trittstein für Kaltluft in Richtung Wieblingen / Pfaffengrund). Auch wenn die Grünfläche einen kleinen Ausgleichsraum darstellt, sollte dessen günstige Funktion auch in Zukunft erhalten bleiben.

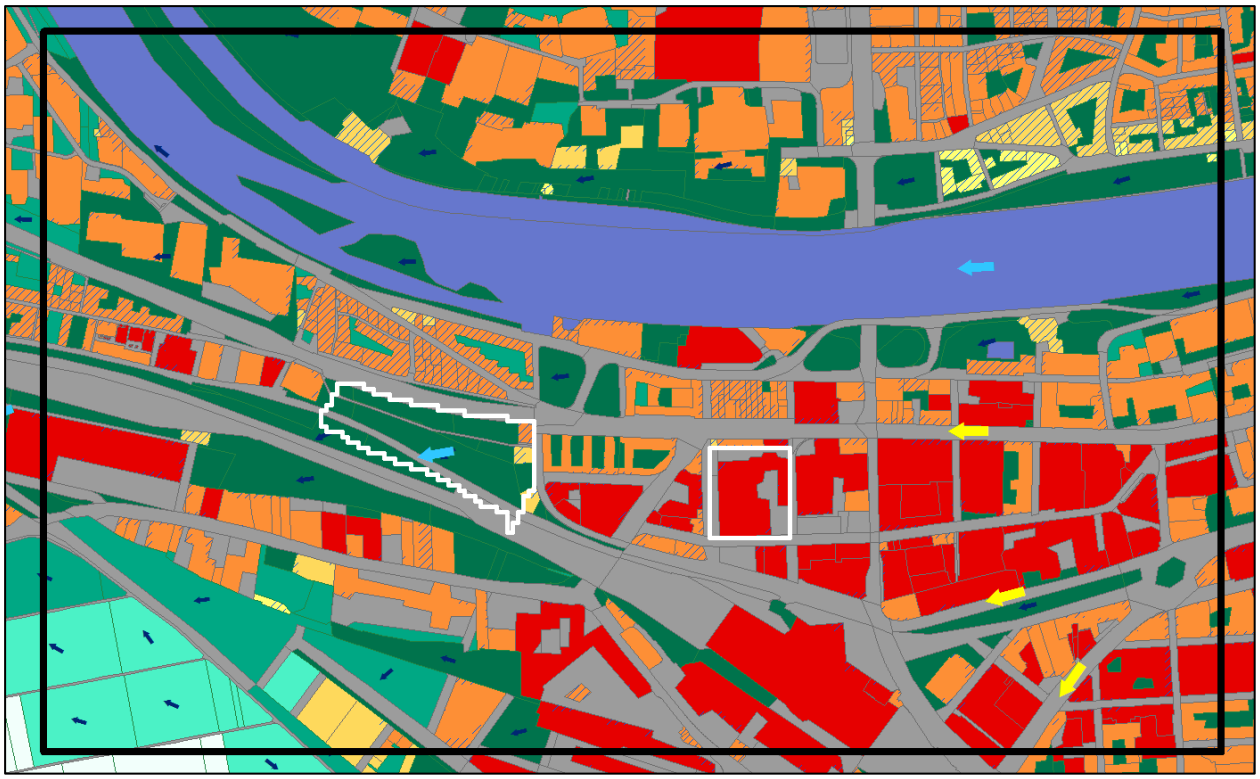


Abb. 2: Ausschnitt aus der Heidelberger Planungshinweiskarte 2015 (schwarz = Untersuchungsgebiet bzw. weiß = Plangebiete der aktuellen Modellrechnung; weitere Erläuterungen siehe Text)

2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 04:00 Uhr morgens bzw. Tagsituation um 14:00 Uhr. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur, das bodennahes Kaltluftströmungsfeld sowie den Kaltluftvolumenstrom (jeweils Nachtsituation) bzw. die PET als Maß für die Wärmebelastung am Tage.

2.1 Lufttemperatur in der Nacht

In der Nacht steht weniger der Aufenthalt im Freien, sondern die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum im Vordergrund. Nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 besteht ein Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumluft, sodass die Temperatur der Außenluft die entscheidende Größe für die Beurteilung der Nachtsituation darstellt (VDI 2008). Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 - 18 °C angegeben (UBA 2016), während Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten.

Unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen erreicht die **bodennahe nächtliche Lufttemperatur** (04:00 Uhr) im Untersuchungsgebiet Werte unter 16 °C über den Freiflächen im Südwesten (zwischen Bahnstadt und Pfaffengrund) bis hin zu 19 - 20 °C in den dicht bebauten Bereichen Bergheims bzw. um den Hauptbahnhof (Abb. 3).

Im Status quo weist das Plangebiet „Großer Ochsenkopf“ eine mittlere nächtliche Lufttemperatur von 17,3 °C und damit eine Temperaturdifferenz von ca. 2 °C zum Plangebiet „Betriebshof alt“ (im Mittel 19,3 °C) bzw. allgemein zum Siedlungsraum in Bergheim auf.

Mit Umsetzung der Bebauung steigt die nächtliche Lufttemperatur innerhalb des Plangebiets „Großer Ochsenkopf“ im Mittel um ca. 1,2 °C an, im Nahbereich der geplanten Bebauung treten Zunahmen von

2,0 °C und mehr auf (Abb. 4, Abb. 5). Die Änderung des Temperaturfeldes ist auf der Fläche selbst am stärksten ausgeprägt. Südlich an den „Großen Ochsenkopf“ angrenzend sind zwar ebenfalls höhere Werte zu erwarten, doch reicht die Zunahme nicht bis in den bestehenden Siedlungsraum hinein, sodass dort keine höhere nächtliche Belastung auftritt.

Die Begrünung des „Betriebshof alt“ sorgt für eine merkliche nächtliche Abkühlung in der Nacht. Im Mittel sinkt die Temperatur im Plangebiet um ca. 1,4 °C, im Bereich der Grünfläche kann der Rückgang bis über 2,0 °C betragen. Von der Abkühlung wird in erster Linie die auf der Fläche vorgesehene Wohnbebauung profitieren. Über das Plangebiet hinaus sind kaum Auswirkungen feststellbar, einzig bei der südlich bzw. westlich angrenzenden Bebauung treten im unmittelbaren Nahbereich geringe abkühlende Effekte auf.

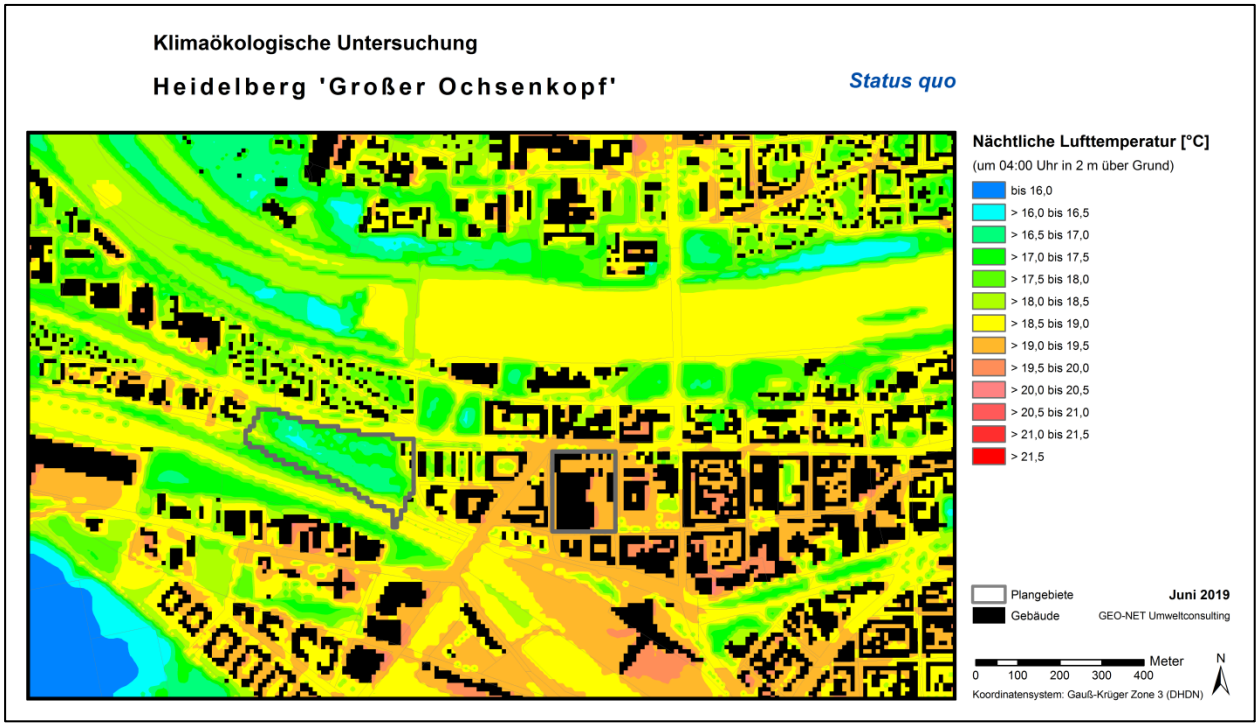


Abb. 3: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur im Status quo

Abb. 4: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur im Plan-Zustand

Abb. 5: Differenz der bodennahen nächtliche Lufttemperatur zwischen Plan-Zustand und Status quo

2.2 Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Ausgleichsströmungen dieser Art sind Hangabwinde und Flurwinde. Mit ihrer (dichten) Bebauung stellen Stadtkörper ein Strömungshindernis dar, sodass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach bis gar nicht mehr durchlüftet wird. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer (und frischer) Luft eine bedeutende klimaökologische (und immissionsökologische) Ausgleichsleistung für Belastungsräume erbringen. Da die potentielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), wird zur Bewertung der Grünflächen auch der sogenannte Kaltluftvolumenstrom herangezogen.

Das nächtliche **bodennahe Strömungsfeld** wird durch den Neckartalabwind geprägt, der für eine Anströmung aus östlicher Richtung sorgt (Abb. 6)). Das Untersuchungsgebiet wird in erster Linie über den Neckar mit Kaltluft durchströmt, über dem die höchsten Windgeschwindigkeiten auftreten. Vom Neckar aus setzt sich die Strömung über Grün- und Freiflächen bis in die bebauten Bereiche fort. Zusätzlich sorgen die Hauptverkehrsachsen (Gleisflächen und Straßenraum) für eine Durchlüftung Bergheims. Auch wenn es sich dabei um Luftmassen handelt, die im Altstadtbereich bereits eine gewisse Erwärmung erfahren haben, können sie zum Abbau lang anhaltender Wärmestaus und Vermeidung von Luftschadstoffakkumulationen beitragen (Ventilation). In den Baublöcken ist die Durchströmung reduziert bzw. ist in dicht bebauten Strukturen keine wirksame Durchlüftung mehr vorhanden (z.B. geschlossene Blockrandbebauung).

Dies zeigt sich im Plangebiet „Betriebshof alt“, das bodennah im Status quo nur eingeschränkt durchlüftet wird. Durch die geringere Bebauung und Anlage der Grünfläche erhöht sich die Strömungsdynamik im Plangebiet. Die offene Grünfläche kann darüber hinaus, insb. unter autochthonen Bedingungen, selbst als kaltluftproduzierende Fläche wirken und eine Außenwirkung entfalten, sodass

nicht nur die geplante Bebauung im Plangebiet, sondern auch die südlich angrenzenden bestehenden Gebäude von einer besseren Durchlüftung profitieren (Abb. 7, Abb. 8).

Das Plangebiet „Großer Ochsenkopf“ wird dagegen im derzeitigen Zustand stark durchlüftet und dient zusammen mit dem nordöstlich gelegenen Park an der Vangerowstraße als Strömungsachse vom Neckar in Richtung Bahnstadt. Mit Umsetzung des neuen Betriebshofs wird die bodennahe Durchlüftung auf der Fläche selbst stark reduziert, im bebauten Umfeld des Plangebiets fallen die Auswirkungen jedoch gering aus, da die Gleisfläche als Ventilationsraum bestehen bleibt. Stellenweise nimmt die Windgeschwindigkeit durch Verdrängungseffekte sogar zu.

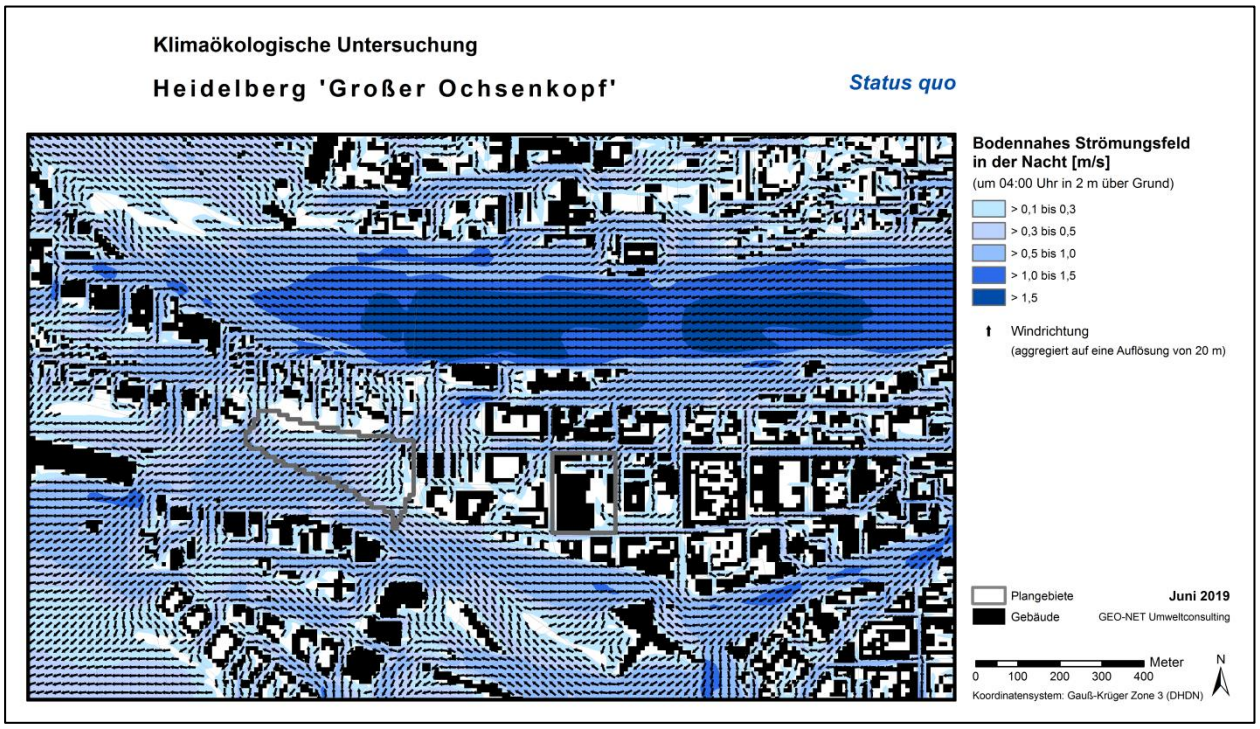


Abb. 6: Bodennahes nächtliches Strömungsfeld im Status quo

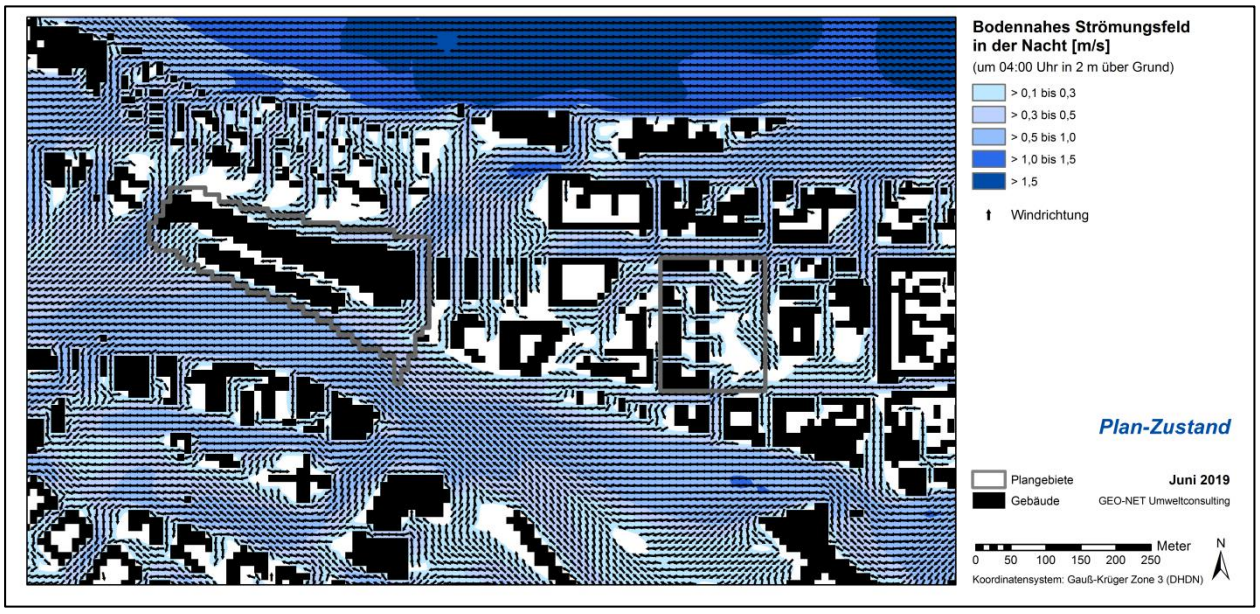


Abb. 7: Bodennahes nächtliches Strömungsfeld im Plan-Zustand

Abb. 8: Differenz der bodennahen nächtlichen Windgeschwindigkeit zwischen Plan-Zustand und Status quo

In Bezug auf den **Kaltluftvolumenstrom** sind ähnliche Aussagen zu treffen. Der „Große Ochsenkopf“ dient, wie eingangs beschrieben, als Trittstein für Kaltluft vom Neckar, doch zeigt die kleinräumige Untersuchung, dass die Gleisflächen für die Durchlüftung der Bahnstadt eine noch höhere Bedeutung haben (Abb. 9). Durch die Bebauung ist zwar im Umfeld des Plangebiets eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms festzustellen, doch sind die Auswirkungen auf bestehende Siedlungsräume gering – nördlich und östlich des „Großen Ochsenkopfs“ treten kleinräumig Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms bis 10 % auf (Abb. 10, Abb. 11). Ein Grund für die vglsw. geringen Auswirkungen auf den Kaltluftvolumenstrom ist in den geringen Höhen der vorgesehenen Hallen zu finden (9 m bzw. 5 m), die eine Überströmung erlauben (der Kaltluftvolumenstrom betrachtet nicht nur die bodennahe Strömung, sondern die Höhe der Kaltluftschicht über eine Stelle).

Der Einfluss der Gebäudehöhe auf den Kaltluftvolumenstrom zeigt sich auch im Umfeld des Plangebiets „Betriebshof alt“. Durch die Kombination aus Begrünung und halboffener Blockrandbebauung erhöht sich zwar die Kaltluftversorgung des Plangebiets. Die geplanten fünfgeschossigen Gebäude (derzeit ist die Fläche mit einer 2-geschössigen Halle bebaut) bedingen jedoch einen Rückgang des Kaltluftvolumenstroms, der kleinräumig über das Plangebiet hinaus in die westlich angrenzende Bebauung reicht. Demgegenüber stehen, genau wie beim bodennahen Strömungsfeld, positive Effekte in Form eines höheren Kaltluftvolumenstroms im südlichen angrenzenden Bestand.

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe. In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 % als hohe vorhabenbedingte Auswirkung ausweist. Eine Verringerung um 5 - 10 % wird als mäßige, unterhalb von 5 % als geringfügige Auswirkung angesehen. Zur abschließenden Bewertung der Auswirkungen einer Planung sollte jedoch zusätzlich berücksichtigt werden, wie sich die planungsrelevanten Parameter in ihrer Gesamtheit verändern (z.B. die thermische Belastung; VDI 2003).

Entsprechend der Einteilung der VDI-Richtlinie sind im Umfeld des Plangebiets „Großer Ochsenkopf“ kleinräumig mäßige Auswirkungen in Bezug des Kaltluftvolumenstroms möglich, die sich jedoch nicht

auf die bodennahe nächtliche Lufttemperatur auswirken (nördlich angrenzender Bestand). Im Umfeld des „Betriebshof alt“ treten sowohl positive (südlich angrenzender Bestand) als auch negative Auswirkungen auf (westlich angrenzender Bestand). Die im Kartenbild zu erkennende Abnahme des Kaltluftvolumenstroms um die bestehende Häuserzeile im nördlichen Teil des „Betriebshof alt“ ist auf das geringe Ausgangsniveau zurückzuführen, aus der sich prozentual eine relativ starke Abweichung ergibt. In absoluten Werten fällt der Rückgang des Kaltluftvolumenstroms jedoch gering aus. Da er sich zudem nicht auf das bodennahe Strömungsfeld auswirkt und mit keiner höheren thermischen Belastung verbunden ist (bodennah ist sogar eine Abkühlung zu erkennen), wird die Änderung des Kaltluftvolumenstroms in diesem Bereich als geringfügig eingeschätzt.

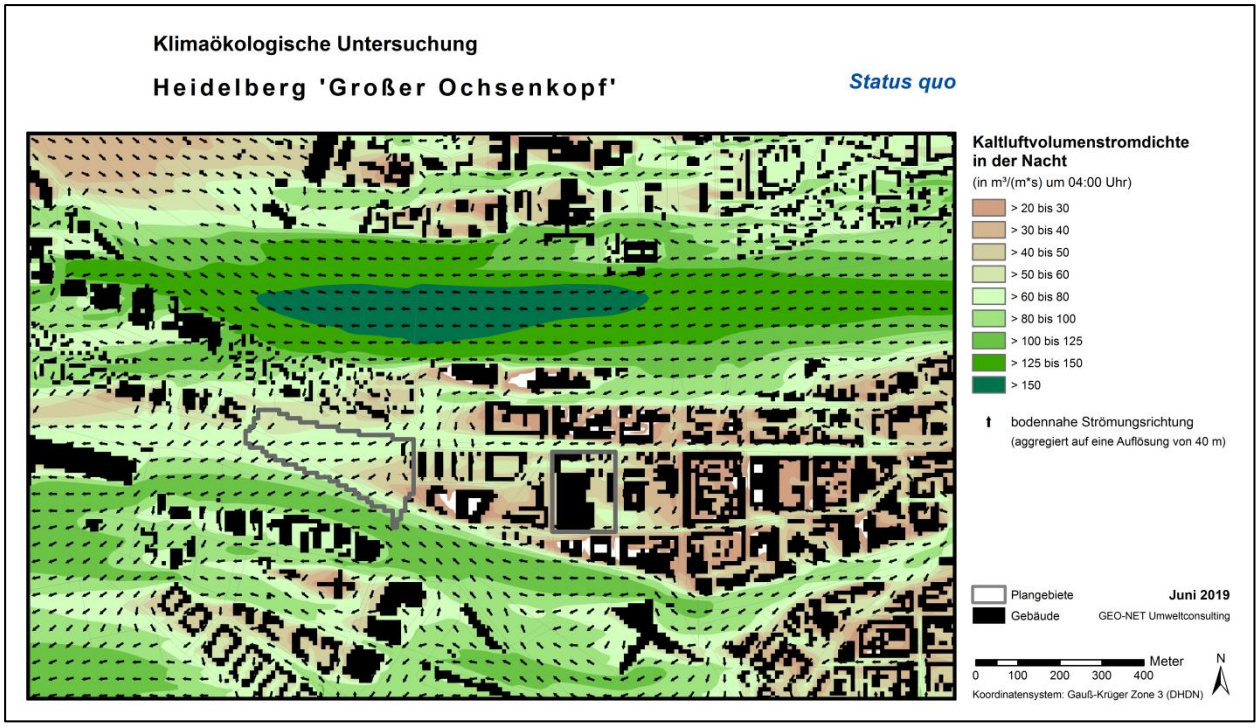


Abb. 9: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Status quo

Abb. 10: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Plan-Zustand

Abb. 11: Prozentuale Änderung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms zwischen Plan-Zustand und Status quo

2.3 Wärmebelastung am Tage

Zur Bewertung der Wärmebelastung werden Indizes verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. In Modellen wird dazu der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird hier der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur; Matzarakis und Mayer 1996). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert (z.B. starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; VDI 2004).

Im Untersuchungsgebiet heben sich die Flächen entlang des Neckars sowie durch Bäume verschattete Bereiche mit den geringsten Wärmebelastungen im Aufenthaltsbereich des Menschen (d.h. unterhalb des Kronendachs) ab (Abb. 12). Unversiegelte Freiflächen ohne Verschattungselemente zeigen an einem autochthonen Sommertag (keine Bewölkung, d.h. ungehinderte Einstrahlung) dagegen eine starke Wärmebelastung. Die höchsten Belastungen treten über versiegelten Flächen im Siedlungsraum auf (z.B. Parkplätze ohne Begrünung), da neben der Sonneneinstrahlung zusätzlich Reflexion an den sowie Wärmeabgabe von den Gebäuden stattfindet.

Entsprechend ist der „Große Ochsenkopf“ im Status quo aufgrund der vielen Freiflächen überwiegend von einer starken Wärmebelastung geprägt (im Flächenmittel liegt die PET bei 35,6 °C), wobei die Baumgruppen Potenzial für verschattete Rückzugsorte bieten. Auch das Plangebiet „Betriebshof alt“ fällt in die Klasse der starken Wärmebelastung, weist aber durch die starke Versiegelung und fehlende Grünstrukturen ein deutlich höheres Belastungsniveau auf (im Mittel 39,4 °C PET). Die Auswirkungen der angedachten Bebauung beschränken sich jeweils auf die Plangebiete selbst, darüber hinaus sind keine Effekte zu erwarten, da die PET maßgeblich vom Strahlungshaushalt bestimmt wird (Abb. 13, Abb. 14). Im Plangebiet „Großer Ochsenkopf“ führt die Bebauung und zusätzliche Versiegelung zu einer höheren Wärmebelastung (im Mittel + 0,8 °C PET). Im „Betriebshof alt“ sinkt die mittlere Wärmebelastung deutlich um 2,0 °C PET. Viel entscheidender ist jedoch, dass durch die Verschattung der angenommenen Baumgruppen kleinräumig Reduktionen bis zu 10 °C PET auftritt, d.h. Rückzugsorte an heißen Sommertagen geschaffen werden.

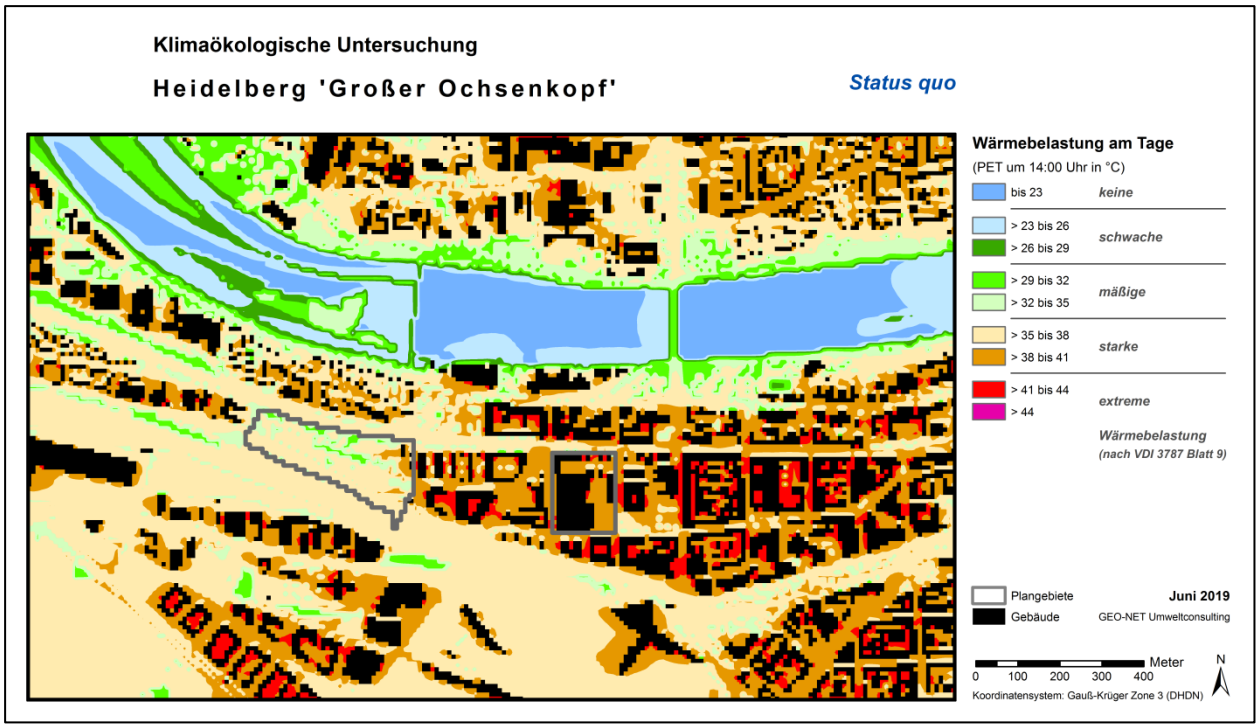


Abb. 12: Wärmebelastung am Tage (PET) im Status quo

Abb. 13: Wärmebelastung am Tage (PET) im Plan-Zustand

Abb. 14: Differenz der PET zwischen Plan-Zustand und Status quo

2.4 Exkurs: Auswirkungen des Klimawandels im Heidelberger Stadtgebiet

Das KLIMOPASS-Projekt zur klimawandelgerechten Entwicklung von Konversionsflächen in Heidelberg hat das Auftreten sogenannter meteorologischer Kenntage räumlich differenziert im Stadtgebiet gezeigt und verdeutlicht, dass der Klimawandel zu einer Zunahme besonders belastender Kenntage wie Tropennächten oder Heißen Tagen (Maximaltemperatur ≥ 30 °C) führt (LUBW 2017).

Die KLIMOPASS-Ergebnisse werden von den aktuellen EURO-CORDEX-Daten bestätigt bzw. können darüber hinaus noch differenzierte Aussagen getroffen werden. Neben weiter steigenden Mitteltemperaturen (vgl. Abb. 15) ist im städtischen Raum gerade die Zunahme von Hitzeperioden von Relevanz, die sich in einem deutlichen höheren Auftreten von Tropennächten (derzeit 3, in der nahen Zukunft 7 - 14 pro Jahr) und Heißen Tagen (derzeit 10, in der nahen Zukunft 14 - 26 pro Jahr) äußert (Tab. 1). Damit erhöht sich Belastung für die Stadtbevölkerung und die Gefahr gesundheitlicher Schäden, insb. bei empfindlichen Bevölkerungsgruppen (Kleinkinder, hochaltrige Menschen).

Während die Jahresniederschläge tendenziell zunehmen, ändert sich das Niederschlagsmuster hin zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern. In Kombination mit den steigenden Temperaturen spiegelt sich dies auch in der klimatischen Wasserbilanz wider und sorgt für eine stärkere Gefährdung von Flora und Fauna durch sommerliche Trockenheit (Abb. 16). Im urbanen Raum bedeutet dies eine stärkere Beanspruchung (und meist ebenso Inanspruchnahme) des Stadtgrüns, das oftmals ohnehin schwierigere Standortbedingungen vorfindet. Entsprechend ist eine steigende Pflege des Stadtgrüns erforderlich, um dessen klimaökologische Funktionen zu erhalten.

Eine weitere Funktion (intakter) Grünflächen ist deren Wasseraufnahmefähigkeit und somit Schutz vor Starkregen, der in Städten zu besonders heftigen Schäden führen kann. Zukünftig ist von einer höheren Niederschlagsintensität auszugehen, auch die Zunahme von Starkregenereignissen deutet sich an, sodass bei den geplanten Bauvorhaben Maßnahmen zur Starkregenvorsorge empfohlen werden.

Tab. 1: Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Kenngrößen in Heidelberg – die Spannbreite spiegelt das Änderungssignal des 15. bis 85. Perzentils für 39 Modellläufe und die drei RCP-Szenarien 2.6, 4.5, 8.5 ab (basierend auf EURO-CORDEX-Daten, Referenzperiode basierend auf DWD-Daten).

	Referenzperiode (1971-2000)	Nahe Zukunft (2021-2050)	Mittlere Zukunft (2041-2070)	Ferne Zukunft (2071-2100)
Jahresmitteltemperatur [°C]	10,3	11,1 – 12,3	11,2 – 13,3	12,2 – 15,2
Heiße Tage [n/Jahr] (T_{max} ≥ 30°C)	10	14 - 26	14 - 35	15 - 56
Tropennächte [n/Jahr] (T_{min} ≥ 20°C)	3	7 – 14	6 – 24	8 – 51
Frosttage [n/Jahr] (T_{min} < 0°C)	59	35 – 50	29 – 47	18 – 48
Jahresniederschlag [mm/Jahr]	830	795 – 927	791 – 939	792 – 985
starker Niederschlag [n/Jahr] (N > 10mm/d)	24	22 – 29	22 – 30	23 – 32
Starkniederschlag [n/Jahr] (N > 30mm/d)	2	2 – 4	2 – 4	2 – 5

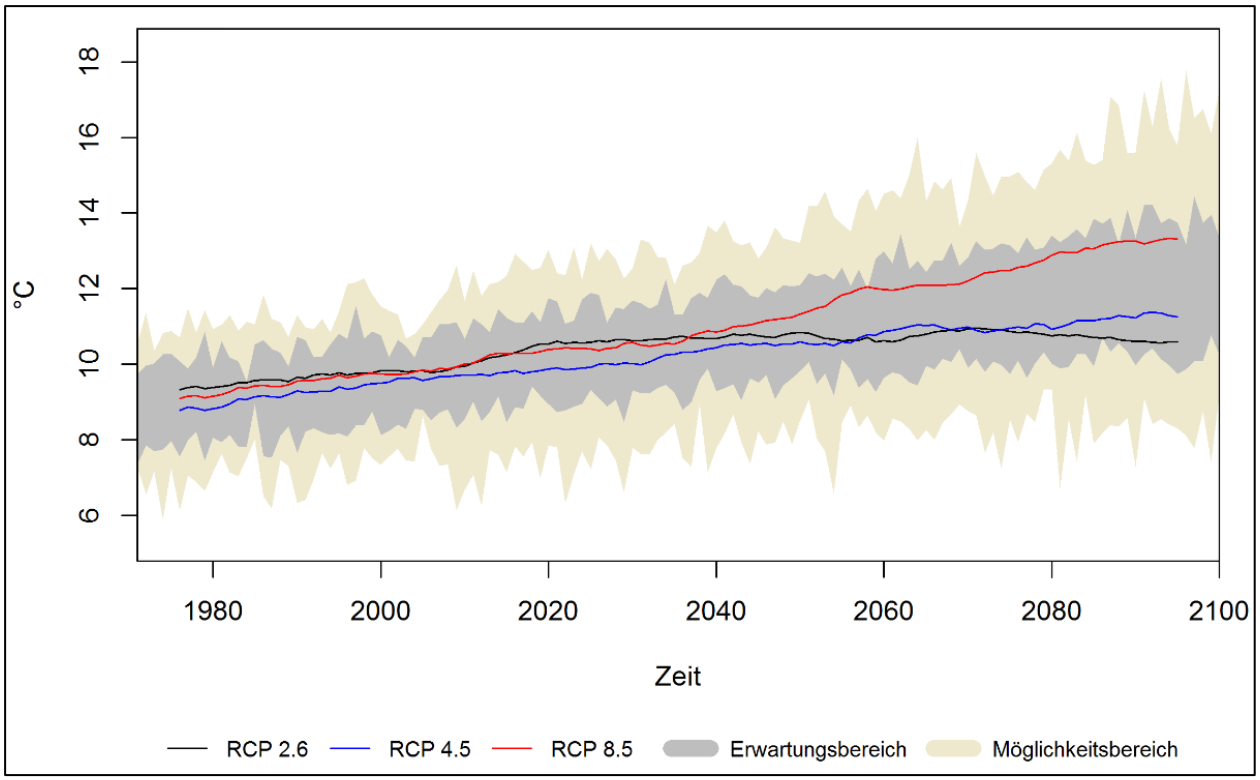


Abb. 15: Langjährige Änderung der Jahresmitteltemperatur in Heidelberg

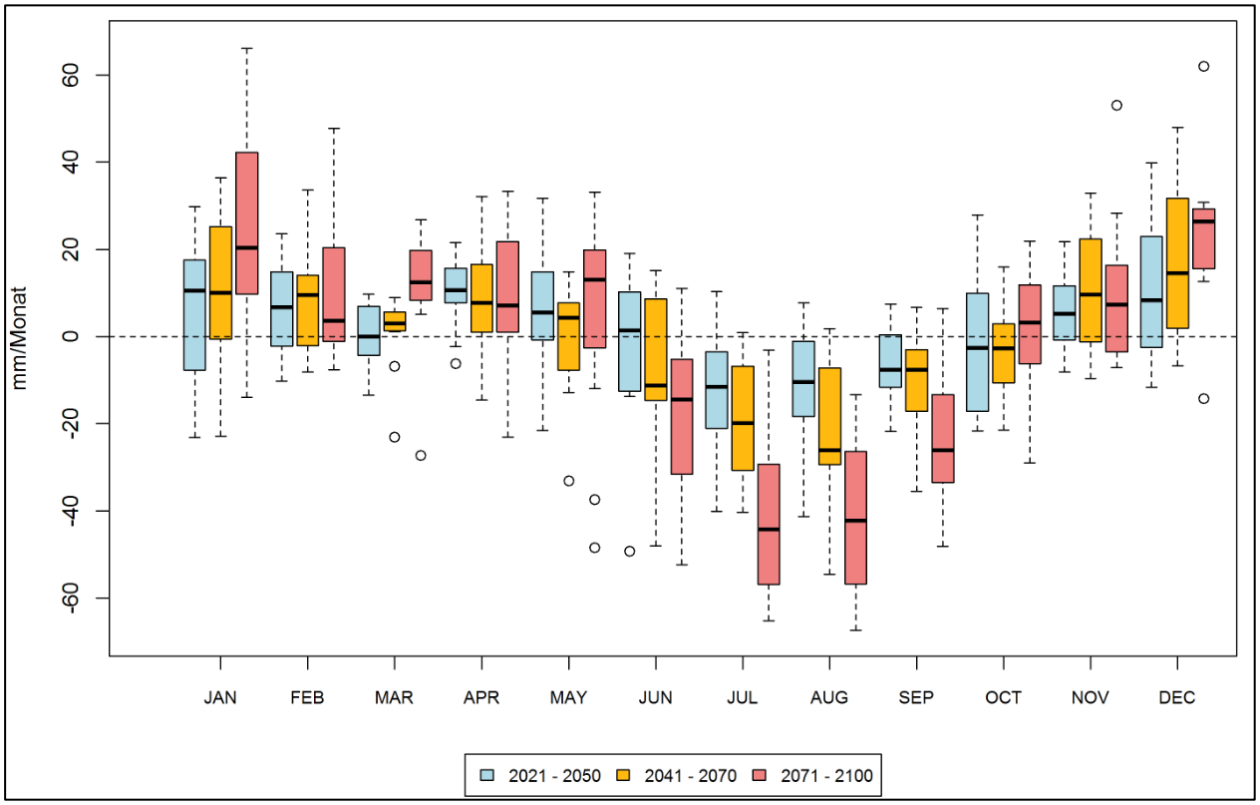


Abb. 16: Langjährige Änderung der mittleren monatlichen klimatischen Wasserbilanz in Heidelberg (RCP 8.5)

3 Klimaökologische Bewertung und Empfehlungen

Aus klimaökologischer Sicht lassen sich auf Grundlage der Modelluntersuchungen folgende zentralen Ergebnisse für die beiden Plangebiete „Großer Ochsenkopf“ und „Betriebshof alt“ festhalten:

Großer Ochsenkopf	Betriebshof alt
➥ Derzeit Trittstein für Kaltluft	➥ Derzeit hohe bioklimatische Belastung
➥ Zunahme der nächtlichen Überwärmung auf der Fläche - Anstieg der mittleren nächtlichen Lufttemperatur auf der Fläche um ca. 1,2 °C - Keine negativen Effekte auf die umliegende Bebauung erkennbar	➥ Geringere Wärmebelastung in der Nacht durch die großflächige Begrünung - Rückgang der mittleren nächtlichen Lufttemperatur auf der Fläche um ca. 1,4 °C - Geringe positive Effekte im unmittelbaren Nahbereich des Plangebiets
➥ Bodennahe Durchströmbarkeit des Plangebiets wird stark eingeschränkt, jedoch nur geringe negative Auswirkungen auf angrenzende Bebauung	➥ Grünfläche sorgt für Kaltluftproduktion und bessere Durchströmbarkeit des Plangebiets - Geplante Bebauung wird bodennah wirksam durchströmt - Positive Effekte auf südlich angrenzenden Bestand
➥ Abnahme des Kaltluftvolumenstroms auf der Fläche und im näheren Umfeld - Auf bestehende Bebauung jedoch nur kleinräumige Auswirkungen	➥ Steigerung des Kaltluftvolumenstroms auf der Fläche, im näheren Umfeld sowohl positive als auch negative Effekte
➥ Zunahme der Wärmebelastung am Tage - Durch die Bebauung und Versiegelung Anstieg der PET im Mittel um ca. 0,8 °C	➥ Abnahme der Wärmebelastung am Tage - Rückgang der PET im Mittel um ca. 2,0 °C - Unter Bäumen bis zu 10 °C geringere PET
➥ Steigende Wärmebelastung tagsüber und in der Nacht durch den Klimawandel (in der nahen Zukunft z.B. Zunahme von im Mittel 10 auf 14 – 26 Heiße Tage pro Jahr)	

Insgesamt führt die vorgesehene Bebauung zu einer Verschlechterung der klimaökologischen Situation im Plangebiet „Großer Ochsenkopf“, während für den „Betriebshof alt“ eine Verbesserung erreicht wird. Da es sich um verschiedene Standorte mit unterschiedlichen Voraussetzungen handelt, können die Auswirkungen nicht 1:1 miteinander verglichen werden. Dennoch ist eine Abwägung der klimaökologischen Belange möglich, aus deren Sicht – unabhängig von den Belangen bzw. Erfordernissen anderer Fachplanungen – die geplanten Bauvorhaben als vertretbar einzuschätzen sind.

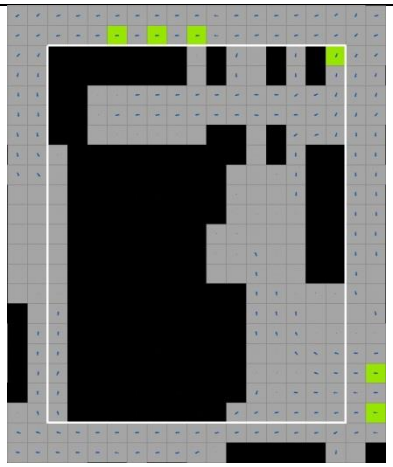
Zwar handelt es sich beim „Großen Ochsenkopf“ um eine klimaökologisch bedeutende Fläche, die Funktionen für das nächtliche Kaltluftprozessgeschehen aufweist, das Potential einer (wenn auch nicht gut angebundenen) Rückzugsfläche an heißen Sommertagen bietet und zudem eine größere Grünfläche darstellt als die im Plangebiet „Betriebshof alt“ angedachte Begrünung. Doch hat die hochaufgelöste Modellrechnung gezeigt, dass sich die negativen Auswirkungen weitestgehend auf das Plangebiet „Großer Ochsenkopf“ selbst beschränken und nur in geringem Maße Effekte auf die angrenzende bestehende Bebauung nach sich ziehen. Zudem kann die geplante begehbare Dachbegrünung bei konsequenter Umsetzung ebenfalls Aufenthaltsqualität bieten.

Dem steht mit dem „Betriebshof alt“ eine heute bereits bioklimatisch belastete Fläche gegenüber, deren Belastung sich durch den Klimawandel weiter erhöhen und in deren direktem Umfeld ein Mangel an Grünflächen für die Bevölkerung gesehen wird. Mit der geplanten großzügigen Grünfläche wird im Plangebiet eine Verbesserung der bioklimatischen Situation in der Nacht erreicht, von der die geplante Bebauung und in geringem Maße auch das Umfeld profitieren. Gleichzeitig verbessert sich die bioklimatische Situation am Tage und die öffentliche Zugänglichkeit der Grünfläche sorgt für einen Rückzugsort an heißen Sommertagen, der von der ansässigen Wohnbevölkerung genauso wie von den Beschäftigten der umliegenden Gewerbe- bzw. Bildungseinrichtungen genutzt werden kann. Mit Blick auf das gesamte Quartier sind somit die positiven Effekte der Aufwertung des „Betriebshofs alt“ als mindestens ausreichend zu bewerten, um die negativen Auswirkungen der Bebauung des „Großen Ochsenkopf“ zu kompensieren.

Klimaökologische Empfehlungen für das Plangebiet „Großer Ochsenkopf“

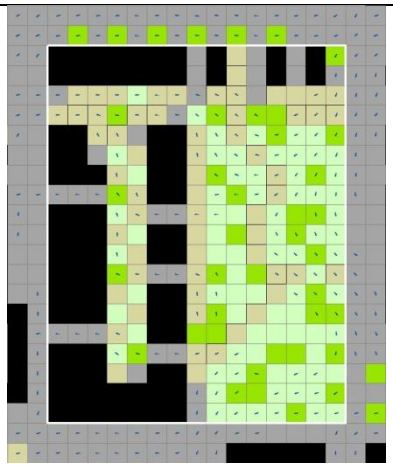
Die in Abb. 1 (links) dargestellte angedachte Bebauung des Plangebiets orientiert sich an den Anforderungen eines neuen Betriebshofs und wird in seiner Grundstruktur (Gebäudekörperstellung, Dimensionierung, Zufahrten, etc.) als gegeben hingenommen. Mit den Dachbegrünungen sind Maßnahmen zur klimaökologischen Anpassung vorgesehen. Bei deren Umsetzung bzw. darüber hinaus werden folgende Empfehlungen für das Plangebiet ausgesprochen:

- Umsetzung des begehbaren und intensiv begrünten Dachs auf der Abstellhalle für Stadtbahnen
  - Verschattete Bereich einplanen (wenn möglich mit Bäumen), sodass eine öffentlich zugängliche Grünfläche mit Aufenthaltsqualität geschaffen wird
- Versiegelung so gering wie möglich halten
  - Parkplätze mit Bäumen begrünen (Verschattung) und möglichst teilversiegelt gestalten (Rasengittersteine, etc.)
- Keine weitere Bebauung von Kaltluft-Trittsteinen des Neckartalabwinds



Status quo (Skizze)

- Überbaute Fläche: ca. 56 %
- Versiegelte Fläche: ca. 44 %
- Grünflächen: < 1 %



Standortvorschlag Plan-Zustand (Skizze)

- Überbaute Fläche: ca. 30 %
- Versiegelte Fläche: ca. 16 %
- Grünflächen: ca. 54 %

(weißer Rahmen = Plangebiet, schwarz = Gebäude, grau = versiegelt, beige = teilversieget, hellgrün = Grünfläche, dunkelgrün = (Straßen)Bäume, blaue Pfeile = bodennahes Strömungsfeld in der Nacht)

Abb. 17: Schematische Darstellung der Flächennutzung des Status quo sowie Plan-Zustands für die Modellrechnung

Klimaökologische Empfehlungen für das Plangebiet „Betriebshof alt“

Der hier untersuchte Standortvorschlag für das Plangebiet „Betriebshof alt“ erfüllt bereits viele Aspekte einer klimaökologisch orientierten Planung, deren konsequente Umsetzung bei der tatsächlichen Gestaltung des Plangebiets eingehalten werden sollte:

- Erhöhung des Grünanteils auf mindestens 50 % durch Reduktion der Versiegelung und überbauten Fläche (Abb. 17)
- Schaffung einer öffentlich zugänglichen Grünfläche mit Bäumen als Verschattungselementen
- Innenhofbegrünung der geplanten halboffenen Blockrandbebauung

Darüber hinaus werden folgende Maßnahmen zur klimaökologischen Optimierung des Standorts empfohlen:

- Gestaltung der öffentlich zugänglichen Grünfläche mit einer hohen Mikroklimavielfalt
  - Verschattete Aufenthaltsbereiche mit Sitzgelegenheiten schaffen
  - Verschattung möglichst durch Bäume, ggf. zusätzlich temporäre Elemente (z.B. Pergola)
  - Anschluss an den natürlichen Boden herstellen und keine Unterbauung der Grünfläche vornehmen (Erhöhung der Kühlleistung des Bodens und Schutz vor Austrocknung)
  - ggf. Elemente bewegten Wassers zur Steigerung der Aufenthaltsqualität am Tage integrieren (Brunnen/Fontäne)
- Wege
  - Schwachversiegelte Wege innerhalb des Plangebiets
  - Zusätzlich möglichst Straßenbäume an wichtigen Rad-/Fußwegen am Rand des Plangebiets
  - ruhendem Verkehr möglichst wenig Raum geben
- Gebäude
  - Fassadenbegrünung der Süd-/Südwestfassaden (positive Effekte auf das Außen- und Innenraumklima, mögliche Synergieeffekte: Lärmschutz, Luftreinhaltung, Biodiversität)
  - Dachbegrünung (positive Effekte auf das Außenraumklima in Dachniveau, mögliche Synergieeffekte: Regenwasserrückhalt, Gebäudeenergie, Biodiversität)

Mit der Grünfläche wird eine kaltluftproduzierende Fläche sowie ein möglicher Trittstein für Kaltluft geschaffen. Aus klimaökologischer Sicht wäre perspektivisch eine Anbindung an den Neckartalabwind in Form einer Grünachse wünschenswert.

Die großflächige Neugestaltung des Plangebiets bietet den Vorteil, dass sich die genannten Maßnahmen besser umsetzen lassen als dies im Bestand möglich wäre. Zusätzlich sollten bei der Neugestaltung (auch im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels) die Belange der Starkregenvorsorge berücksichtigt werden.

Literaturnachweis

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg., 2017): Planungsempfehlungen für die (stadt-) klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. KLIMOPASS-Berichte.

Matzarakis, A. und H. Mayer (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.

Stadt Heidelberg (2015): Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg. Fortschreibung des Gutachtens von 1995. GEO-NET Umweltconsulting GmbH und ÖKOPLANA im Auftrag der Stadt Heidelberg.

UBA – Umweltbundesamt (2016): Heizen, Raumtemperatur. Online (Abruf 03.06.2019): *www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur*

VDI (2003): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5. Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2008): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Hannover, den 20.06.2019

Erstellt von:

Janko Löbig (M.Sc. Geoökologie)

Geprüft von:

Dipl.-Geogr. Peter Trute

Die Erstellung der Klimaexpertise erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Die Klimaexpertise bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Eigentum und Nutzungsrecht liegen bei der Auftraggeberin