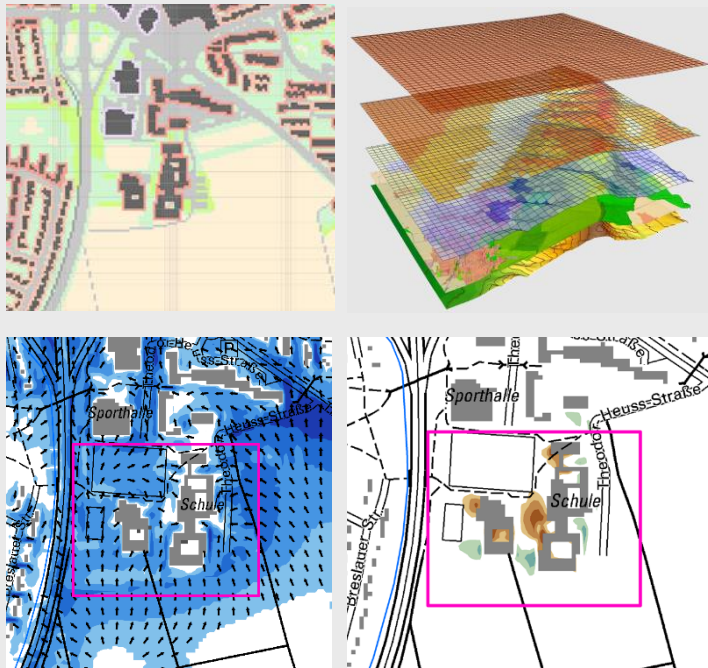


Klimaökologische Expertise zum Vorhaben „Campus Ost“ (Theodor-Heuss-Realschule) in Kornwestheim



Auftraggeber:

Stadt Kornwestheim

Fachbereich Hochbau und Gebäudetechnik

Jakob-Sigle-Platz 1

70806 Kornwestheim



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200
FAX (0511) 3887201

www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. Günter Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG)
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und
Kleinklima der IHK Hannover und Hildesheim

Hannover, September 2021



1. Einleitung

Die Stadt Kornwestheim beabsichtigt die Weiterentwicklung des Schulareals im Bereich der Theodor-Heuss-Realschule („Campus Ost“) am Ostrand des Kornwestheimer Stadtgebiets. Dabei sollen neue Schulgebäude entstehen um die Kapazitäten des Schulstandorts zu erhöhen. Die neuen Gebäude sollen sich in die bestehende Gebäudekulisse einfügen und daran an- und aufbauen. Gegenwärtig sind zwei Varianten (Variante 1 und 2) Gegenstand der Planungen.

Das Plangebiet ist gegenwärtig Teil von einer gesamtstädtischen klimaökologischen Untersuchung. In Abb. 1 ist ein Auszug der Klimaanalysekarte aus der aktuellen Stadtklimaanalyse Kornwestheim 2021 (GEO-NET 2021) dargestellt.

Dieser zeigt, dass aus Süden her von den Ackerflächen Kaltluft in Richtung des Plangebiets und des Stadtkörpers hineinströmt. Das Plangebiet selbst liegt am nördlichen Rand eines Kaltluftentstehungsgebietes und weist dabei einen mittleren bis hohen Kaltluftvolumenstrom auf. Die weiter nördlich befindliche Siedlungsflächen können davon profitieren, weshalb der Planfläche eine gewisse humanbioklimatische Bedeutung zukommt.

In Ergänzung zur Stadtklimaanalyse Kornwestheim (GEO-NET 2021) wird in der vorliegenden Expertise analysiert, inwieweit die Planflächen selbst sowie die umliegenden Stadtquartiere von dem geplanten Vorhaben humanbioklimatisch beeinflusst werden. Dabei wird die aktuelle klimaökologische Situation im Plangebiet detailliert betrachtet und die Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die klimaökologischen Funktionen mithilfe von Modellrechnungen untersucht und beurteilt. Weiterhin werden Hinweise gegeben, die eine klimaökologisch angepasste Gestaltung des Plangebiets unterstützen.

Das zu betrachtende Areal befindet sich am Ostrand Kornwestheims, grenzt im Westen an die B27 und wird im Osten von der Theodor-Heuss-Straße umschlossen. Nach Norden hin grenzen die Sporthalle Ost und das Alfred-Kercher-Bad sowie ein durch Mischnutzung geprägter Gebäudekomplex an. Der im Bestand befindliche Schulgebäudekomplex und die Sporthalle sowie die Sportflächen werden von einem Baumbestand umsäumt (siehe Abb. 2).

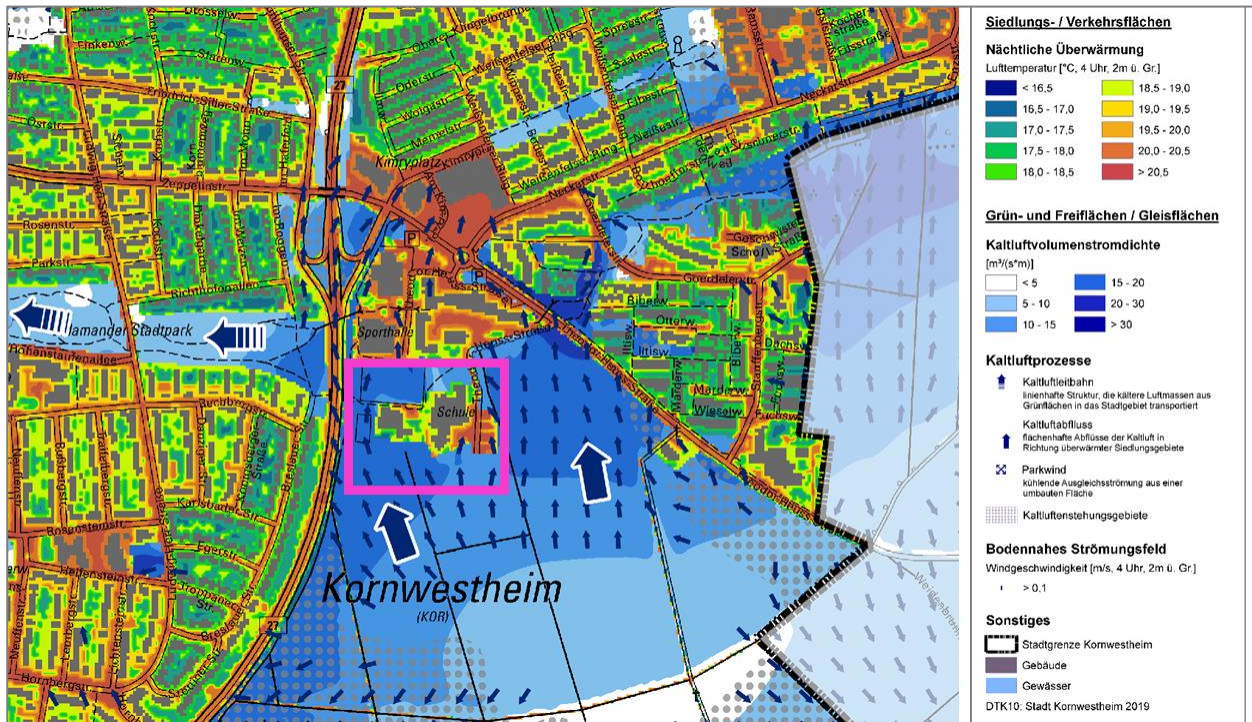


Abb. 1: Auszug aus der Klimaanalysekarte der Stadtklimaanalyse Kornwestheim 2021 (GEO-Net 2021). Planfläche „Campus Ost“ (violette Umrandung).

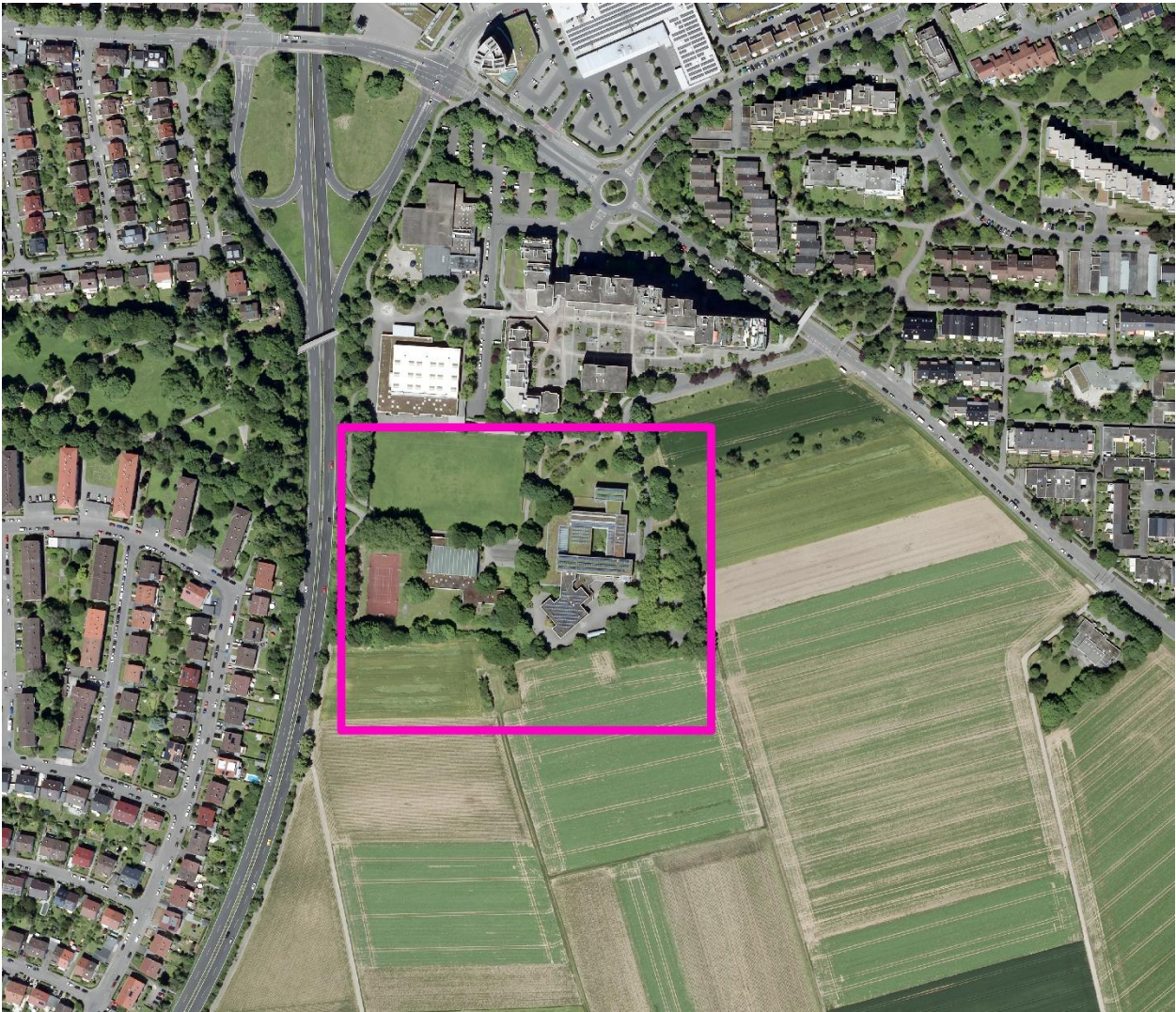


Abb. 2: Ausschnitt des östlichen Stadtgebietes von Kornwestheim mit dem Untersuchungsgebiet und der Planfläche „Campus Ost“ (violette Umrandung). Quelle Luftbild: Stadt Kornwestheim.

Zukünftig sollen neben der existierenden Realschule am Standort auch eine Gemeinschafts- und eine Grundschule etabliert werden. Dazu sind zusätzliche Gebäude notwendig. Die aktuelle Planung sieht zwei verschiedene Varianten dazu vor. Variante 1 sieht einen Anbau und eine Aufstockung des südlichen Gebäudeteils der Realschule vor. Zusätzlich sollen im Bereich der Sporthalle und der weiter westlich befindlichen Sportfläche zwei miteinander verbundene quadratische Gebäude realisiert werden. Es kommt somit zu einer Ausdehnung der Gebäudekörper in Westrichtung nahe der B27.

Variante 2 sieht Erweiterungsanbauten der Realschule am Nord- und am Süden vor. Am Süden ist dafür ein Rückbau des bestehenden Gebäudeteils notwendig. Zudem ist in dieser Variante ein Anbau an die bestehende Sporthalle in Südrichtung vorgesehen. Insgesamt kommt es bei dieser Planvariante zu einer Verlagerung der Baukörper in Ost- und Südrichtung. Die Sporthalle und der Sportplatz bleiben in diesem Planfall bestehen.



Abb. 3: Auszug Lagepläne der Planungsvarianten der zukünftigen Gebäudekonfiguration des Campus Ost. **Links:** Variante 1: Anbau RS & Neubau GMS & Neubau GRS. **Rechts:** Variante 2: Erhalt Sporthalle; Anbau RS & Neubau GMS & Neubau GRS. (Stand 21.10.2020).

Für die klimaökologische Bewertung von Planmaßnahmen werden ein Modelllauf für die derzeitige Situation sowie jeweils ein Modelllauf für den Planfall Variante 1 und Variante 2 durchgeführt, in dem die Änderung der klimaökologischen Parameter im Vergleich zum Bestand betrachtet werden.

Dementsprechend liegen der vorliegenden Analyse insgesamt drei Modellrechnungen zugrunde.

- ◆ Status quo = derzeitiger Zustand
- ◆ Plan-Zustand 1 = Umsetzung des Vorhabens gemäß Variante 1
- ◆ Plan-Zustand 2 = Umsetzung des Vorhabens gemäß Variante 2

Die modelltechnische Umsetzung aller Zustände ist in Abb. 4 dargestellt.

Zukünftig wird mit Realisierung des Vorhabens gemäß Variante 1 eine Umnutzung der bisherigen Turnhallen und der daneben befindlichen Sportfläche erfolgen. Auf diesem Areal soll eine Kombination aus zwei quadratischen Gebäuden mit zwei Innenhöfen entstehen. Weiterhin kommt es zur Umnutzung der Fläche südlich des Hauptgebäudeteils der Realschule. Hier wird der südliche Gebäudeteil aufgestockt und flächenmäßig in Richtung Süden erweitert. Es kommt in beiden Fällen zu einer zusätzlichen Versiegelung an vorheriger Freifläche.

Bei der Variante 2 ist der Flächenverbrauch durch die Umnutzung etwas geringer, da diese Planvariante an die bestehende Turnhalle in Südrichtung einen Gebäudeanbau im Bereich von bisheriger Grünfläche vorsieht, als auch Anbaumaßnahmen an Süd- und Nordende des bestehenden Realschulgebäudes. In diesen Fällen kommt es auch zu Flächenverbrauch von bisherigen Grünflächen, aber die Sporthalle und Sportfläche zwischen Turnhalle und B27 bleiben erhalten.

Die in beiden Planvarianten modelltechnisch realisierte Erschließungsstraße südlich des Schulareals soll nach aktuellen Planungen nicht mehr realisiert werden und wird nachfolgend nicht weiter betrachtet.



Abb. 4: Übersicht über den Status quo (oben) und die zwei Plan-Szenarien (Variante 1 und Variante 2 (unten)), wie sie in das Modell eingegangen sind (das gesamte Modellgebiet ist dargestellt).



2. Methodik

Bei numerischen Modellen wie FITNAH 3D müssen 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.

Die Modellrechnung wurde für den Status quo sowie für zwei Plan-Szenarien durchgeführt, um auf dieser Basis die klimaökologischen Auswirkungen der beiden Planvarianten auswerten und beurteilen zu können. Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 1.195 m x 995 m eine Fläche von etwa 1,94 km². Mit der hohen räumlichen Auflösung von 5 m x 5 m ist es möglich, die Gebäudestrukturen realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den Luftaustausch abzubilden.

Der Analyse liegt eine sommerliche Strahlungswetterlage zugrunde (wolkenloser Himmel, keine übergeordnete Windströmung), da die klimaökologischen Funktionen unter dieser Wetterlage fundiert untersucht werden können.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 4 Uhr morgens. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur in 2 m Höhe, das bodennahe Kaltluftströmungsfeld in 2 m Höhe und den Kaltluftvolumenstrom (jeweils in der Nachtsituation). Weiterhin wird die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) als Maß für die Wärmebelastung am Tage (14 Uhr) in 1,1 m Höhe betrachtet. Die Modellergebnisse werden je Parameter für den Status quo und das Plan-Szenario betrachtet. Um die vorhabenbezogenen Auswirkungen des jeweiligen Parameters besser kenntlich zu machen wurden Differenzen zwischen dem Plan- und dem Ist-Szenario berechnet und graphisch aufbereitet. Für eine bessere Darstellung des Plangebiets wurde bei den nachfolgenden Karten ein kleinerer Ausschnitt gewählt, als zuvor in Abb. 4 (die drei Graphiken „Status Quo“, „Variante 1“ und „Variante 2“ zeigen dort das gesamte Modellgebiet) gezeigt.

3.1 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, so dass 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.

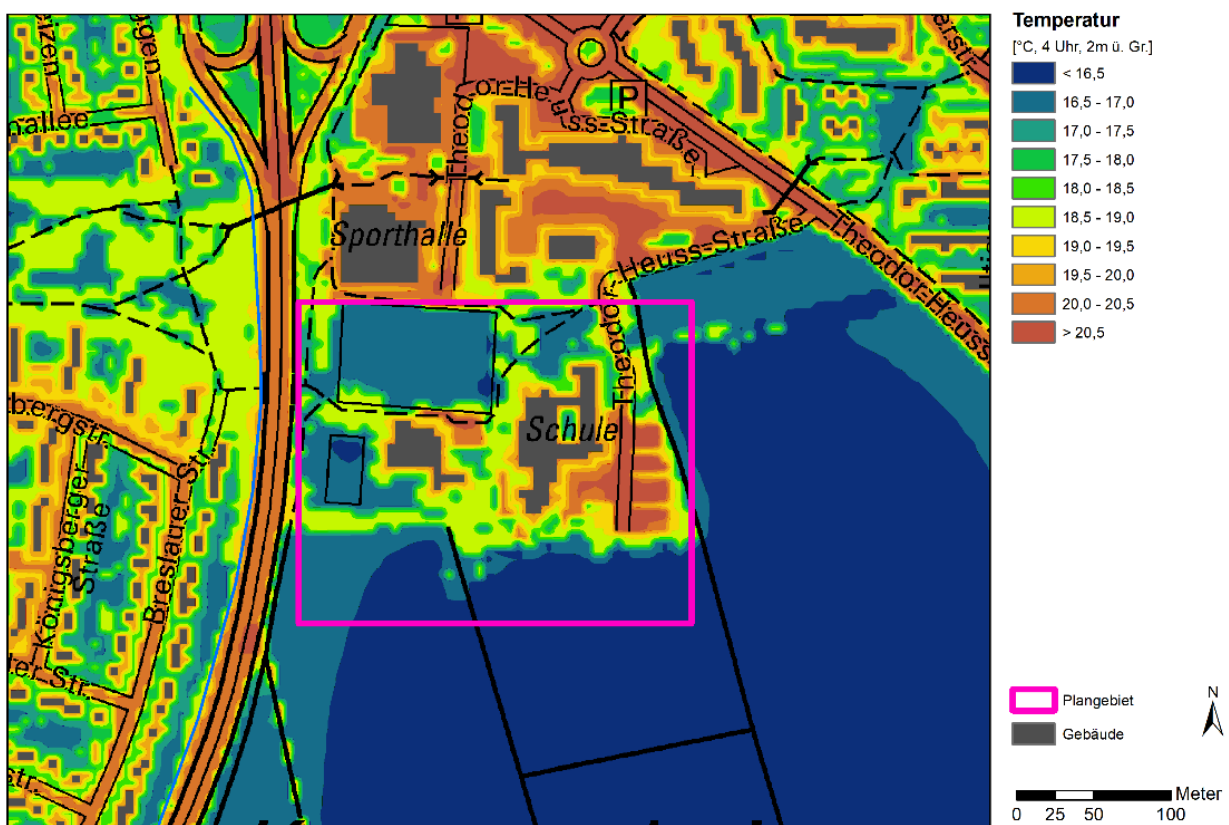


Abb. 5: Lufttemperatur im Status quo in 2 m über Grund um 04 Uhr.

Abb. 5 zeigt das Temperaturfeld um 04 Uhr nachts in einer Höhe von 2 m über Grund. Im gegenwärtigen Zustand ist im Untersuchungsgebiet eine heterogene Temperaturverteilung zwischen 15,0 °C und 22 °C zu erkennen. Im Bereich des B-Plangebietes zeigt sich ein relativ niedriges Temperaturfeld von ca. 16,5 – 17,0 °C für die Freiflächen. Im Bereich der baumbestellten Flächen liegen etwas höhere Temperaturen von bis zu 19 °C vor. In Annäherung an den Gebäudebestand und den Parkplatz-/Stellflächen erhöhen sich die Temperaturen. Dort werden teils Werte von über 20 °C erreicht.

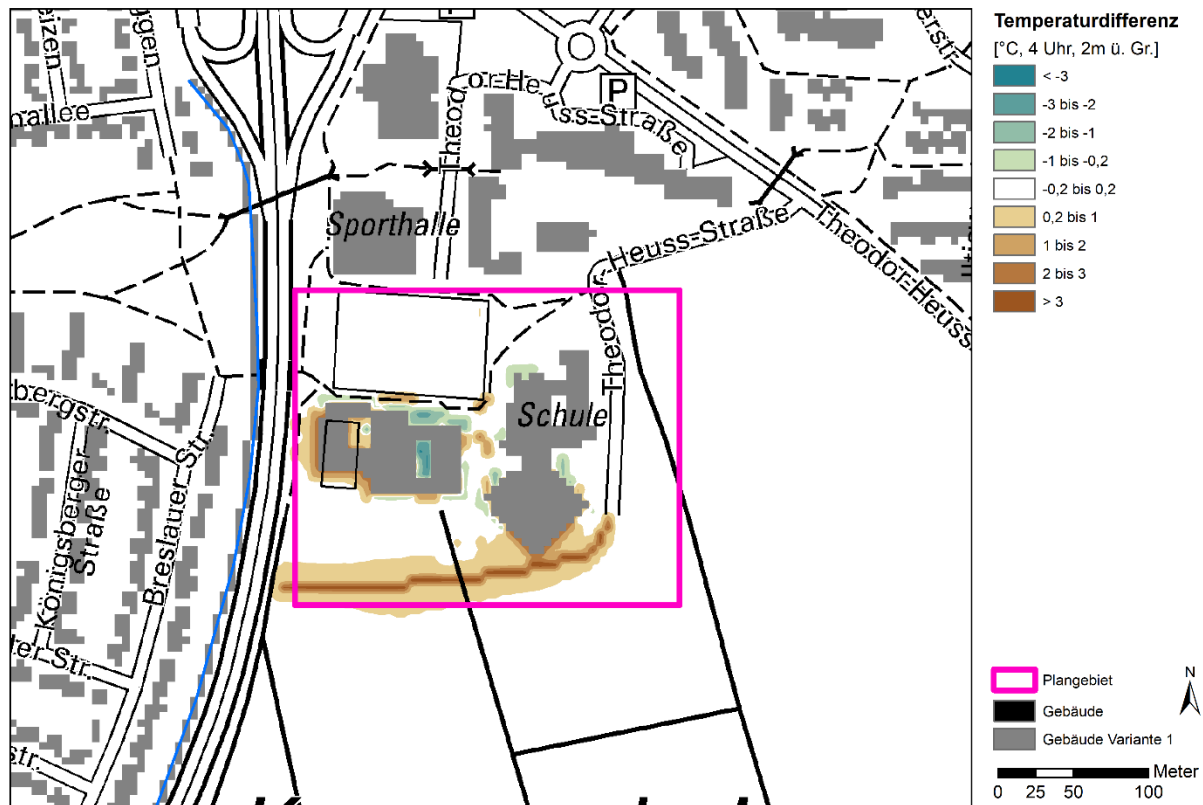


Abb. 6: Veränderung der Lufttemperatur im Plan-Szenario 1 (Variante 1) im Vergleich zum Status quo.

Abb. 6 zeigt die Differenz von Variante 1 und dem Ist-Zustand der nächtlichen Lufttemperatur.

Im Bereich der neuen Bebauung, also am West- und Südrand des Plangebiets zeigen sich aufgrund der neuen Baukörper und der Versiegelung Temperaturerhöhungen um bis zu 3 °K. Im Bereich des östlichen Innenhofs des Neubaus kommt es zu einer Entsiegelung gegenüber der bestehenden Sporthalle, sodass hier Temperaturabnahmen von bis zu 3 °K zu erkennen sind. Der gleiche Effekt zeigt sich nördlich der Sporthalle, wo es kleinflächig zu einer Entsiegelung kommt, welche im Planfall für kühlere nächtliche Lufttemperaturen sorgt. Außerhalb des Plangebiets kommt es zu keinen nächtlichen Temperaturveränderungen durch das Vorhaben.

In Abb. 7 ist die nächtliche Temperaturdifferenz zwischen der Variante 2 und dem Ist-Zustand dargestellt. Hier zeigen sich Temperaturzunahmen von bis zu 3 °C an den Rändern der neuen Gebäudeteile. Abnahmen der nächtlichen Temperatur zeigen sich im Bereich der neuen Innenhöfe wo es in allen drei Fällen zur Entsiegelung kommt, welche zu einer Reduktion der Temperatur um bis zu 2,9 °K führen.

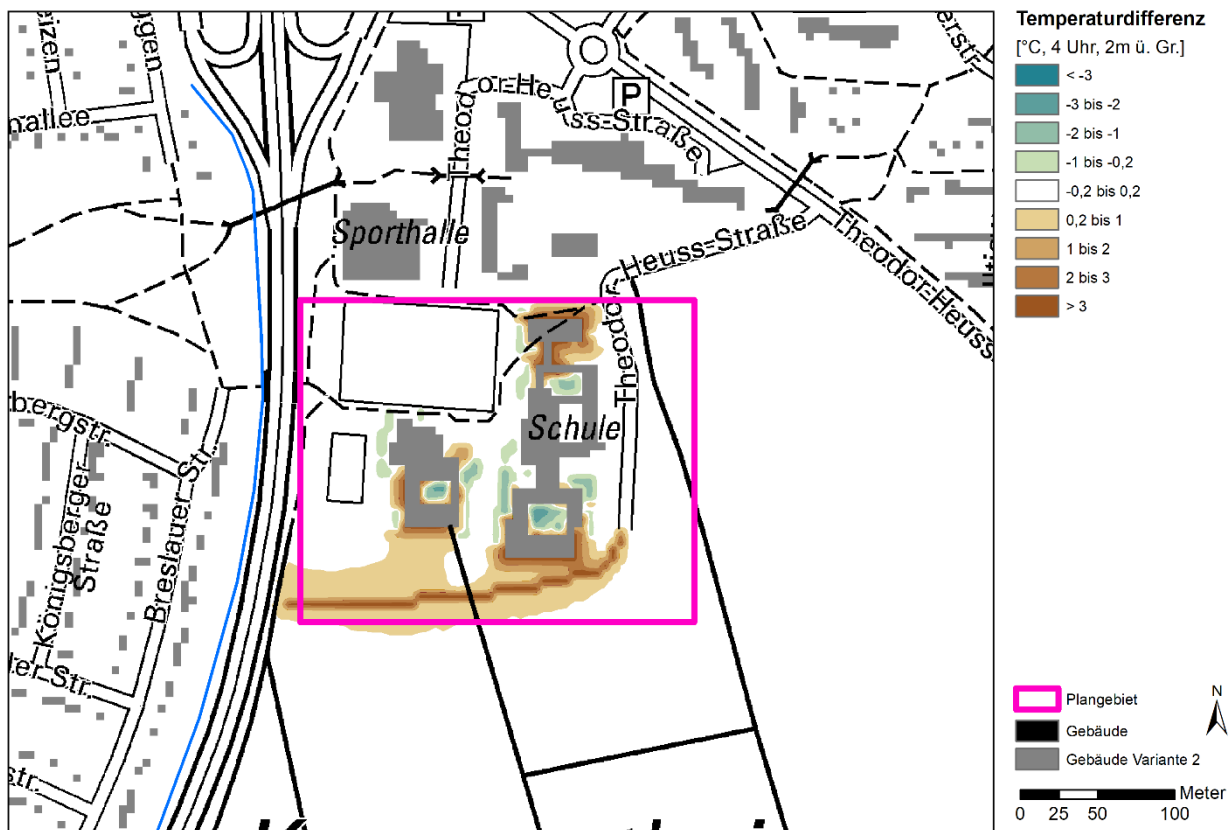


Abb. 7: Veränderung der Lufttemperatur im Plan-Szenario 2 (Variante 2) im Vergleich zum Status quo.

3.2 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, so dass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirkt sich dieser Faktor humanbioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach, bis gar nicht mehr durchlüftet wird. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer Luft eine bedeutende klimaökologische 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 auch der sogenannte Kaltluftvolumenstrom betrachtet.

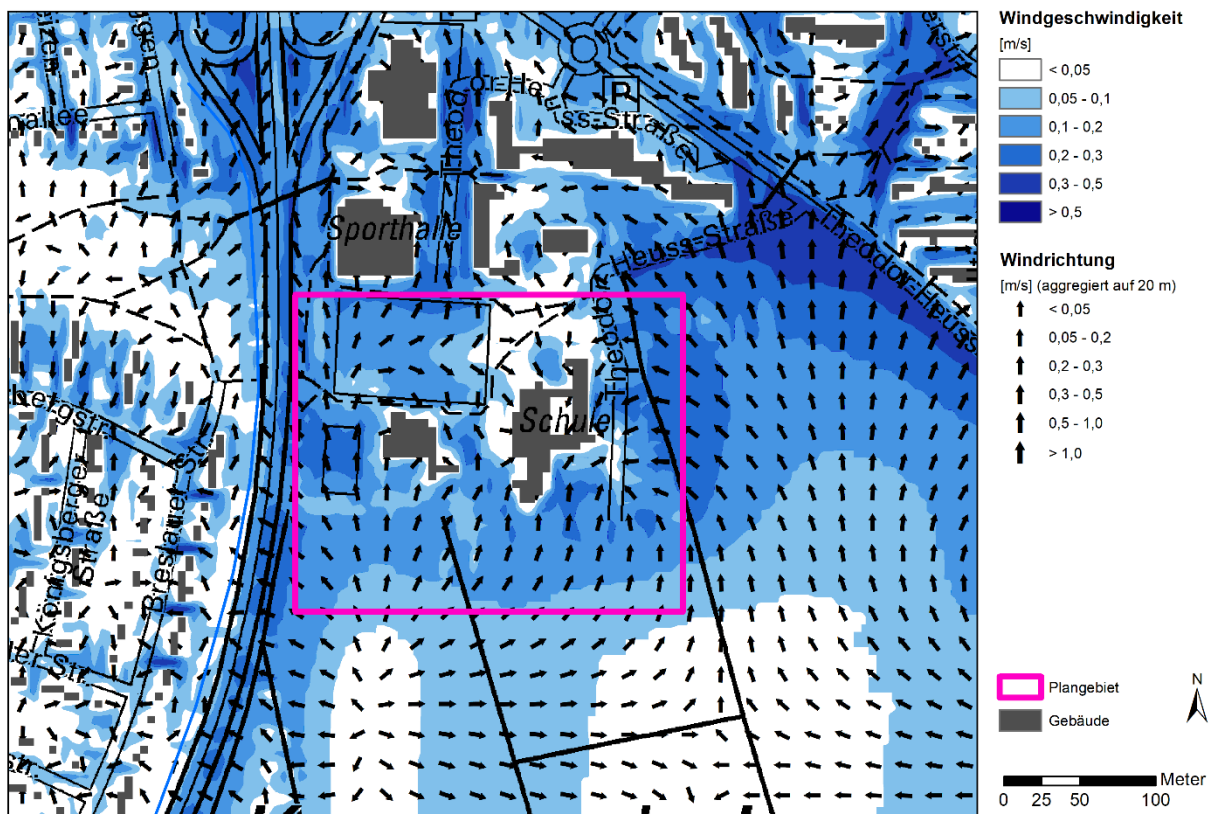


Abb. 8: Strömungsfeld (aggregiert auf 20 m-Auflösung) und Strömungsgeschwindigkeit im Status quo in 2 m über Grund um 04 Uhr.

Abb. 8 zeigt das zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen. Die Strömungsrichtung wird über die Pfeilrichtung in Form von Vektoren abgebildet. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Strömungsgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufungen dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen im Plangebiet liegt zwischen 0 m/s und 0,3 m/s, wobei deren Dynamik räumlich variiert. Die höchsten Geschwindigkeiten werden am Ostrand des Plangebiets durch das Vorhandensein der umliegenden Ackerfläche und im Westrand des Plangebiets entlang der B 27 erreicht, da über dem unbebauten Untergrund die Kaltluft entsprechend beschleunigt werden kann.

Die Luftströmungen im Plangebiet kommen aus Südrichtung von den Freiflächen und strömen zwischen den Gebäuden hindurch nach Norden bis sie im weiteren nördlichen Verlauf durch die Sporthalle weiter kanalisieren. Im Bereich der Sportplatzfläche ergeben sich Strömungen nach Osten hin zu dem wärmeren Bereich um das Schulgebäude herum. Der gleiche Effekt zeigt sich am Ostrand auf Höhe des Schulgebäudes, wo die kälteren Luftmassen von dem warmen Schulgebäude angezogen werden.

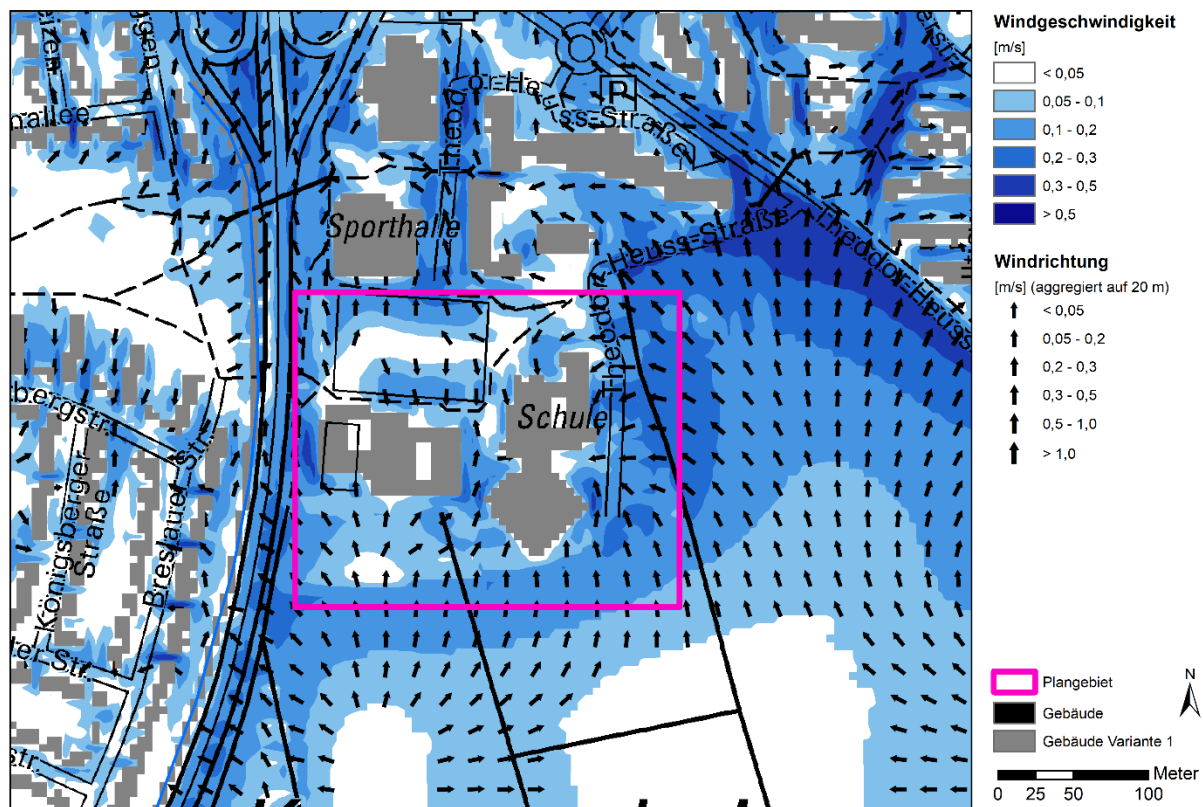


Abb. 9: Strömungsfeld (aggregiert auf 20 m-Auflösung) und Strömungsgeschwindigkeit im Planfall (Variante 1) in 2 m über Grund um 04 Uhr.

Das Strömungsgeschehen für den Planfall 1 (Variante 1) ist in Abb. 9 dargestellt. Es zeigt sich, dass die im Plangebiet „Campus Ost“ zukünftig zu realisierenden Gebäude als Strömungshindernisse fungieren, so dass bspw. am Westrand des Plangebiets mit der Ausweitung die nach Norden gerichteten Strömungen zwischen den neuen Gebäuden und der B 27 größtenteils zum Erliegen kommen. Dadurch kommt es auch im Bereich des Sportplatzes zu Verringerungen der Windgeschwindigkeiten. Zudem kommt es im Bereich des Anbaus am Südrand des Schulgebäudes aufgrund der Hinderniswirkung zu Reduktionen der Windgeschwindigkeit. Die Einflussnahme der neuen Strömungshindernisse lassen sich in Abb. 10 anhand der dargestellten Differenzenabbildung noch besser erkennen.

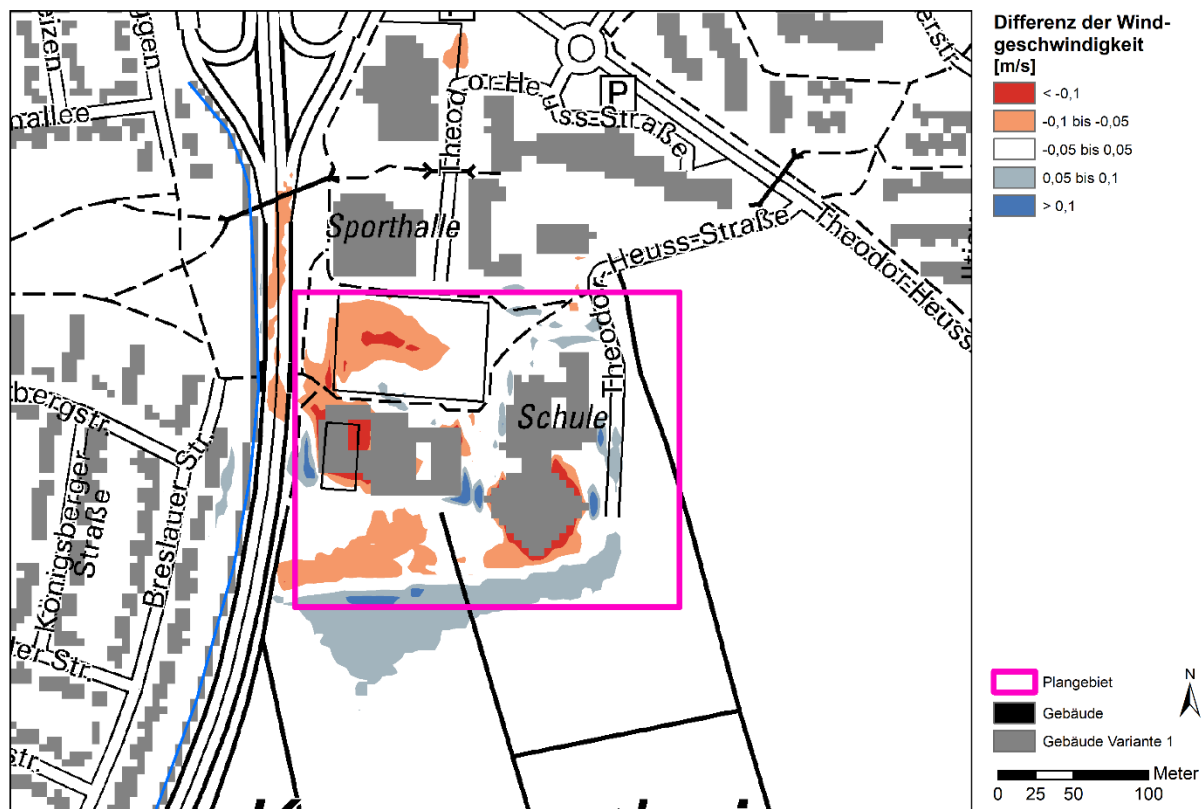


Abb. 10: Differenz der Windgeschwindigkeit (Planfall 1 (Variante 1) – Status Quo) in 2 m über Grund um 04 Uhr.

Das Strömungsgeschehen für den Planfall 2 (Variante 2) ist in Abb. 11 dargestellt. Durch die Gebäudeerweiterungen am Nord- und Südrand des Schulgebäudes kommt es in diesen Bereichen zu Abnahmen der Windgeschwindigkeit. Das Strömungsgeschehen in der Westhälfte des Plangebiets ändert sich nur geringfügig. Da es im Südbereich der Sporthalle und des Schulgebäudes zu Anbaumaßnahmen kommt verringert sich zwischen den beiden Gebäuden der Querschnitt. Infolgedessen kanalisiert die Luftströmung verstärkt in Nordrichtung. Die Einflussnahme auf die Windgeschwindigkeiten ist insbesondere in Abb. 12 ersichtlich. Nennenswerte Abnahmen der Windgeschwindigkeit gibt es im Bereich der neuen Anbauten an dem bestehenden Schulgebäude.

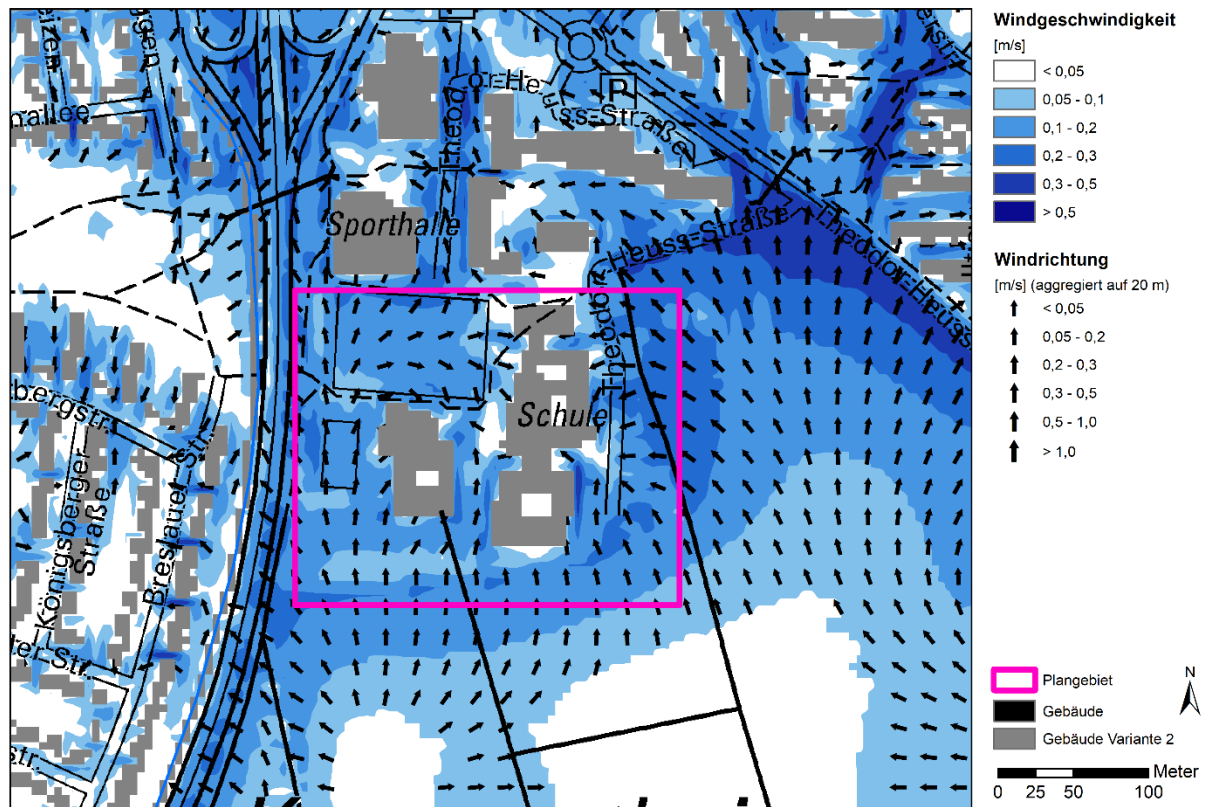


Abb. 11: Strömungsfeld (aggregiert auf 20 m-Auflösung) und Strömungsgeschwindigkeit im Planfall 2 (Variante 2) in 2 m über Grund um 04 Uhr.

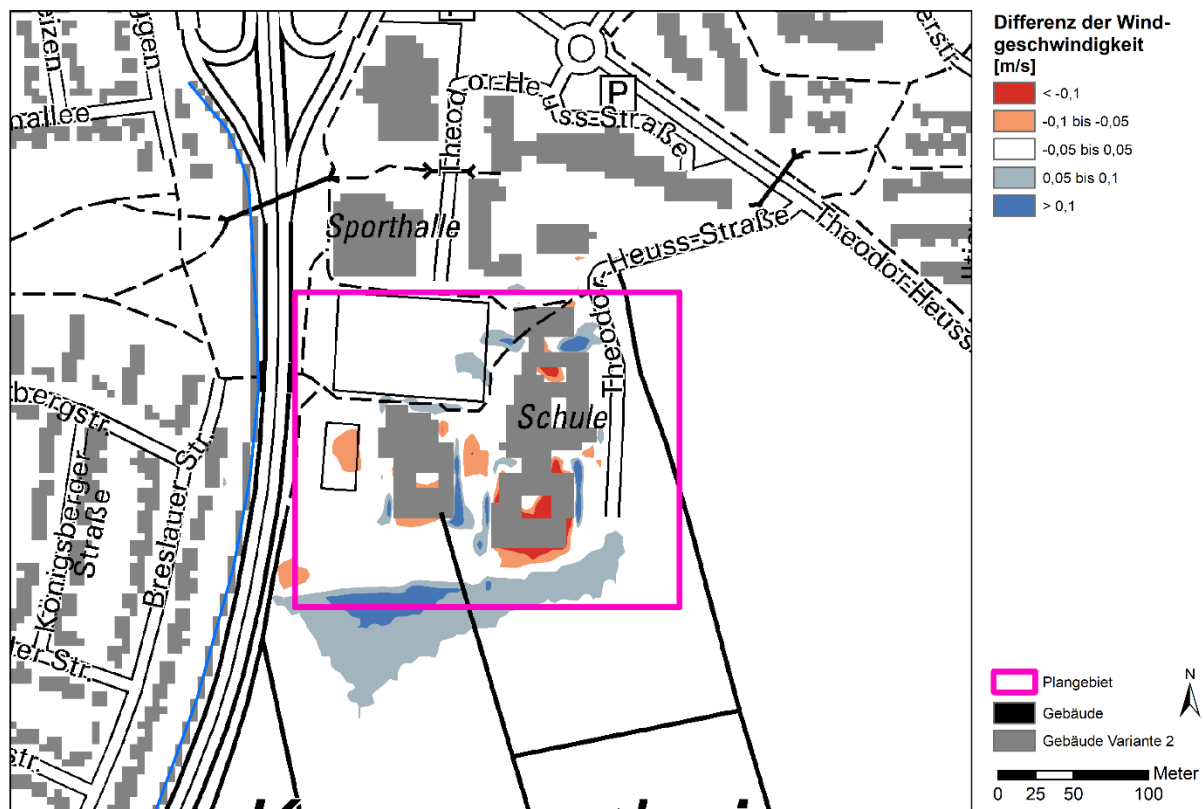


Abb. 12: Differenz der Windgeschwindigkeit (Planfall 2 (Variante 2) – Status Quo) in 2 m über Grund um 04 Uhr.

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum für den Status quo wird in Abb. 13 dargestellt. Die Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum geht im Wesentlichen mit der des bodennahen Strömungsfeldes einher.

Im Status quo strömt die Kaltluft aus Süd-Richtung hin zur verhältnismäßig warmen Randbebauung des Stadtkörpers im Bereich der Theodor-Heuss-Straße sowie im Bereich der Anschlussstelle der B 27. In diesen Gebieten werden maximale Werte des Kaltluftvolumenstroms von bis zu über $30 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ erreicht. Im Plangebiet selbst liegen mit Werten zwischen $5 - 10 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ sehr moderate Verhältnisse des Kaltluftvolumenstroms vor. Dies ist auch auf die zuvor gezeigten geringen Windgeschwindigkeiten zurückzuführen. Maximalwerte von $10 - 15 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ werden am Nordwestrand des Plangebiets erreicht. Dies ist bedingt auf den weiter südlich gelegenen Sportplatz, welcher zusätzlich zu den großen Ackerflächen für eine Versorgung bzw. Produktion von Kaltluft sorgt. Aufgrund der Strömungsrichtung nach Norden wird die produzierte Kaltluft in Richtung der außerhalb des Plangebiets befindlichen Sporthalle transportiert.

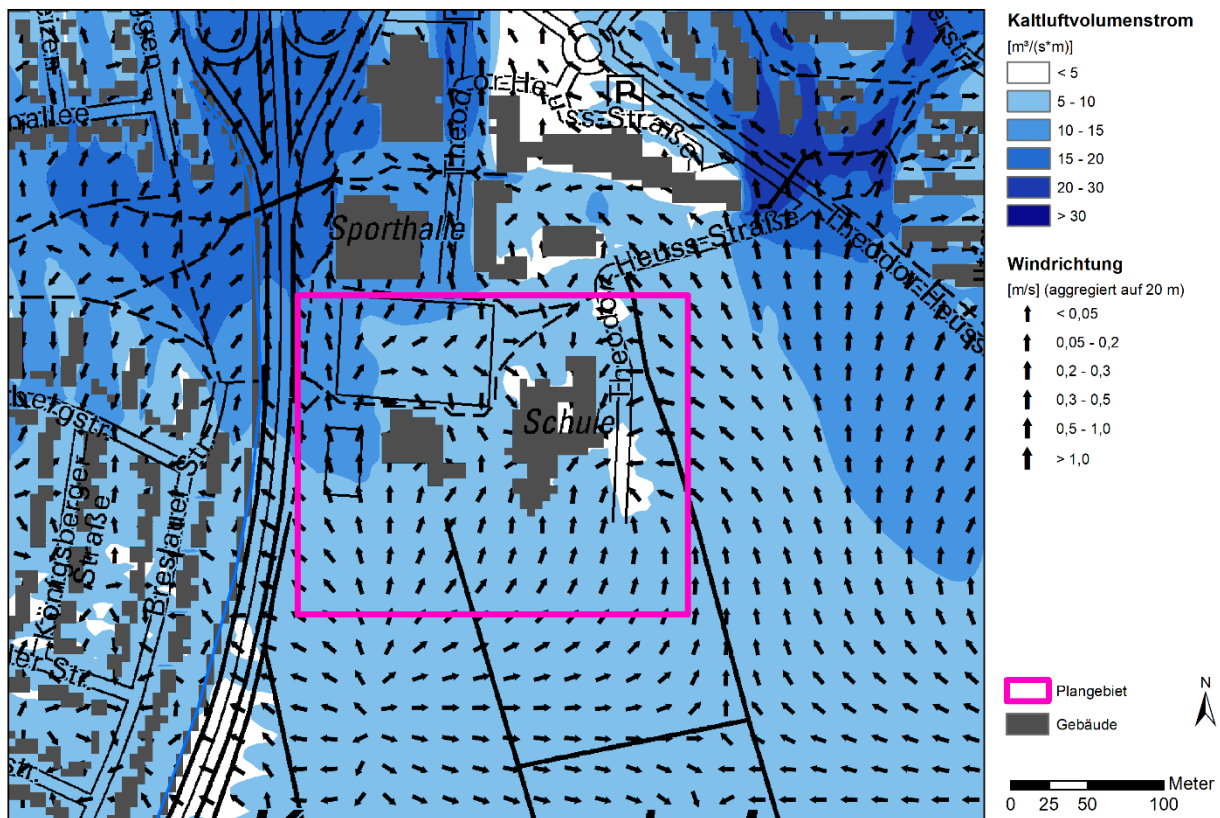


Abb. 13: Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Status quo um 04 Uhr.

Mit Umsetzung des geplanten Vorhabens lassen sich die für das Strömungsgeschehen beschriebenen Veränderungen erkennen, die durch die zusätzlichen Baukörper als Strömungshindernisse ausgelöst werden und sich ebenfalls in den Änderungen des Kaltluftvolumenstroms widerspiegeln. Ersichtlich werden diese in Abb. 14 (unten), wo die Differenzen des Kaltluftvolumenstroms zwischen Plan- und Ist-Zustand für die Planvariante 1 dargestellt sind.

Die größten Abschwächungen des Kaltluftvolumenstroms ergeben sich im Bereich der neuen Bebauung auf der jetzigen Sportfläche (bis zu $9,5 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$). Bedingt ist dieser Rückgang auf die zuvor beschriebene abriegelnde Wirkung der neuen Gebäude gegenüber der von Süden herkommenden Strömungen. Weitere Reduktionen des Kaltluftvolumenstroms ergeben sich durch den Anbau an das bestehende Schulgebäude und die damit einhergehende Strömungsreduktion. Leichte Erhöhungen des Kaltluftvolumenstroms zeigen sich am Ost- und Nordrand des bestehenden Schulgebäudes. Dies ist auf das leicht veränderte Strömungsregime zurückzuführen.

Außerhalb des Plangebiets zeigen sich in den Bereichen nördlich oberhalb der Theodor-Heuss-Straße und im Bereich der Anschlussstelle der B 27 sowie im Bereich des Salamander-Stadtparks und im Übergang der nördlich davon befindlichen Wohnbebauung leichte Verringerungen von zumeist unter $3 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$. Diese resultieren aus dem bereits erläuterten veränderten Strömungsregime, welches durch diese Planungsvariante und die damit verbundene Gebäudeausdehnung in Westrichtung hervorgerufen wird.

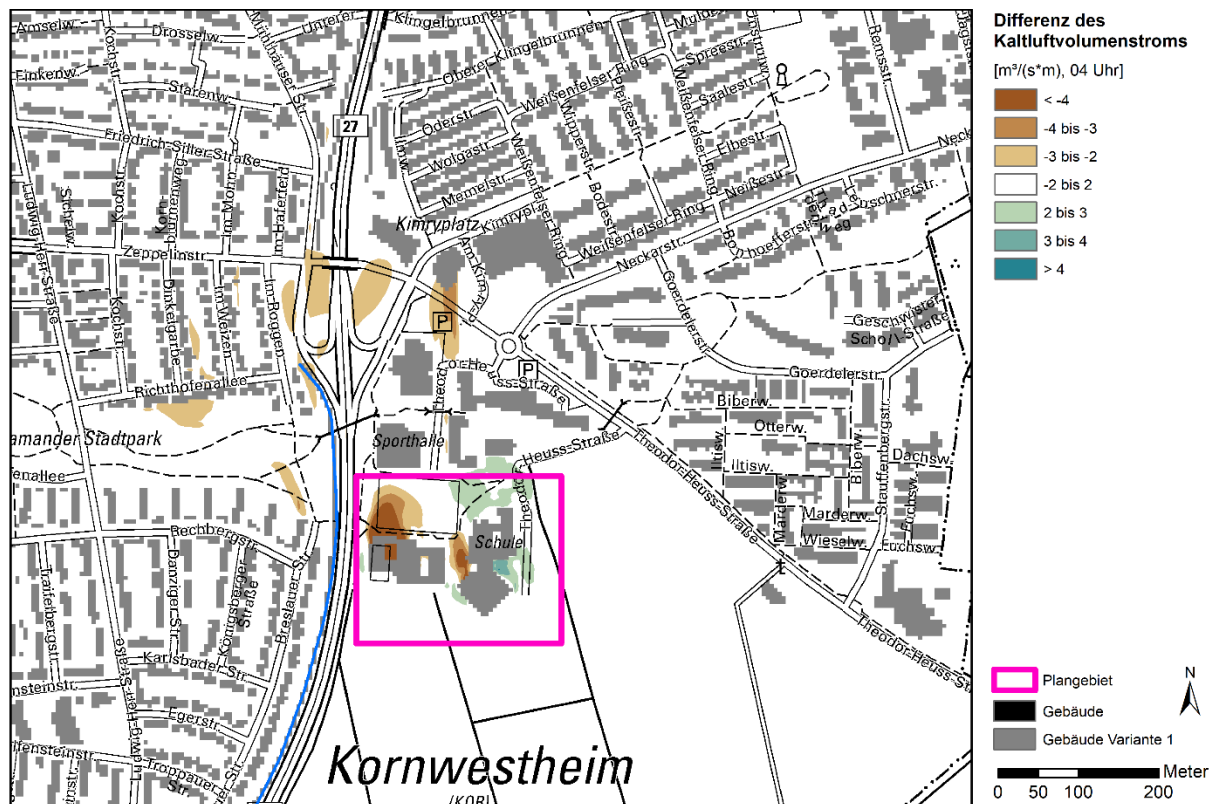
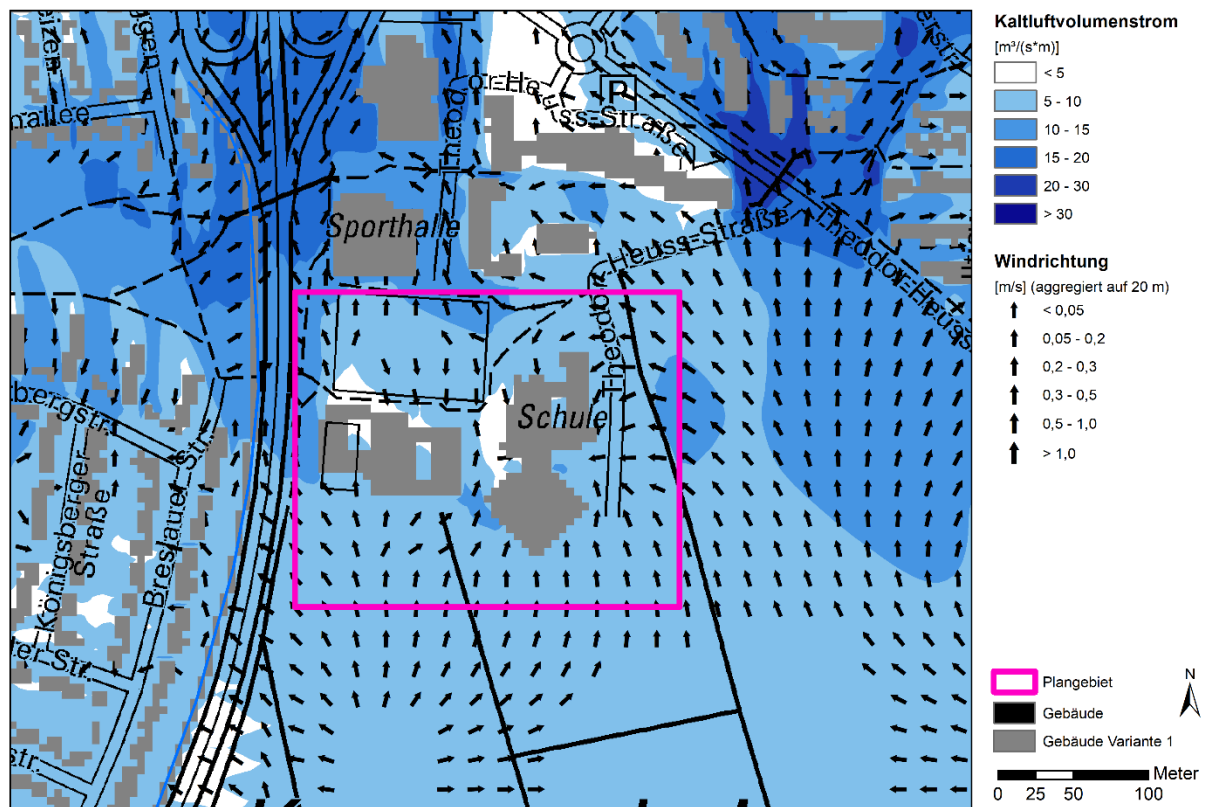


Abb. 14: Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Planfall 1 (Variante 1) in 2 m über Grund um 04 Uhr (oben) und Veränderung des Kaltluftvolumenstroms im Plan-Szenario 1 (Variante 1) im Vergleich zum Status quo (unten).



Bei Betrachtung der zweiten Planungsvariante und den damit verbundenen Änderungen des Kaltluftvolumenstroms (s. Abb. 15), zeigt sich, dass eine insgesamt deutlich geringere Fläche betroffen ist als in der zuvor betrachteten Variante 1. Die von der Reduktion betroffenen Bereiche liegen nahezu allesamt auf dem Schulgelände und befinden sich unmittelbar nahe der neu geplanten Gebäude bzw. Anbauten. Im Maximum ergibt sich eine Reduktion von ca. $4,6 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ im Bereich zwischen dem Schulgebäude und der westlich davon gelegenen Sporthalle. Leichte Erhöhungen des Kaltluftvolumenstroms zeigen sich am Ost- und Südrand der Gebäude auf dem Schulgelände.

Außerhalb des Plangebiets zeigt sich lediglich im Bereich der Anschlussstelle der B 27 ein kleinflächiger Bereich mit einer geringen Reduktion des Kaltluftvolumenstroms von $2,1 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$.

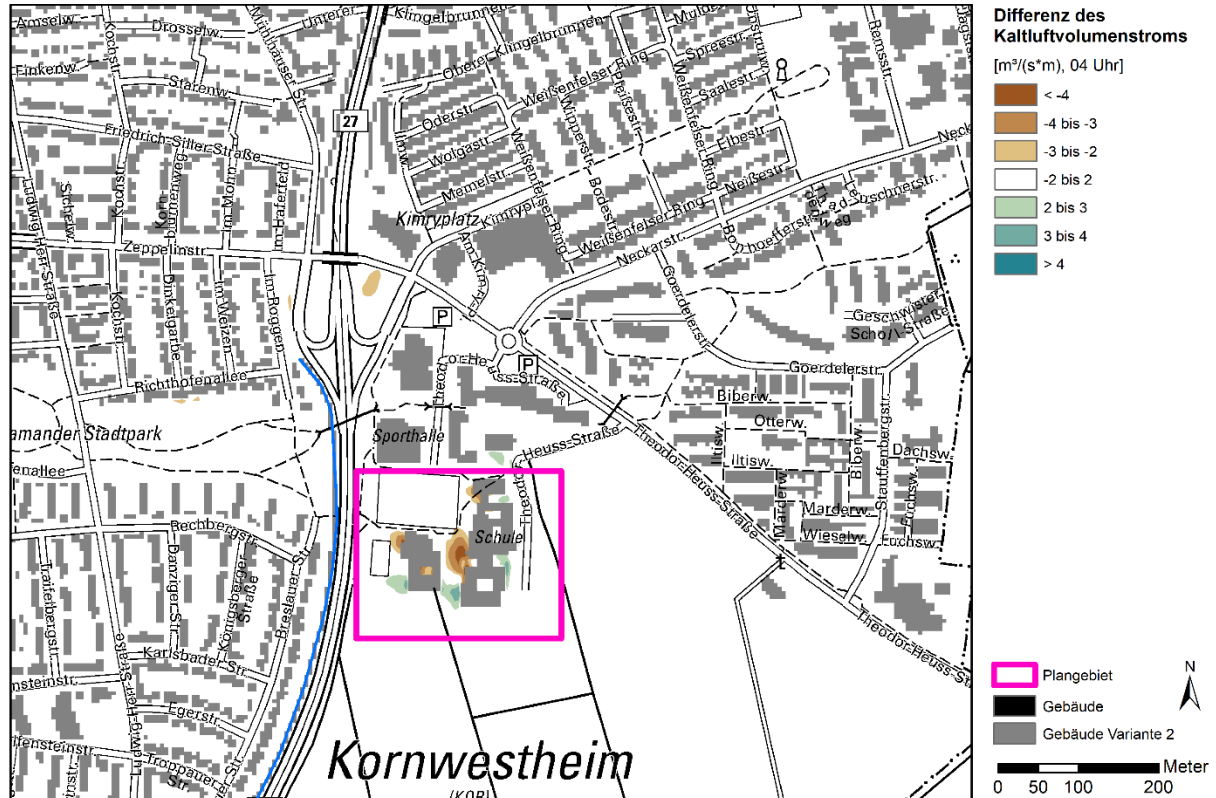
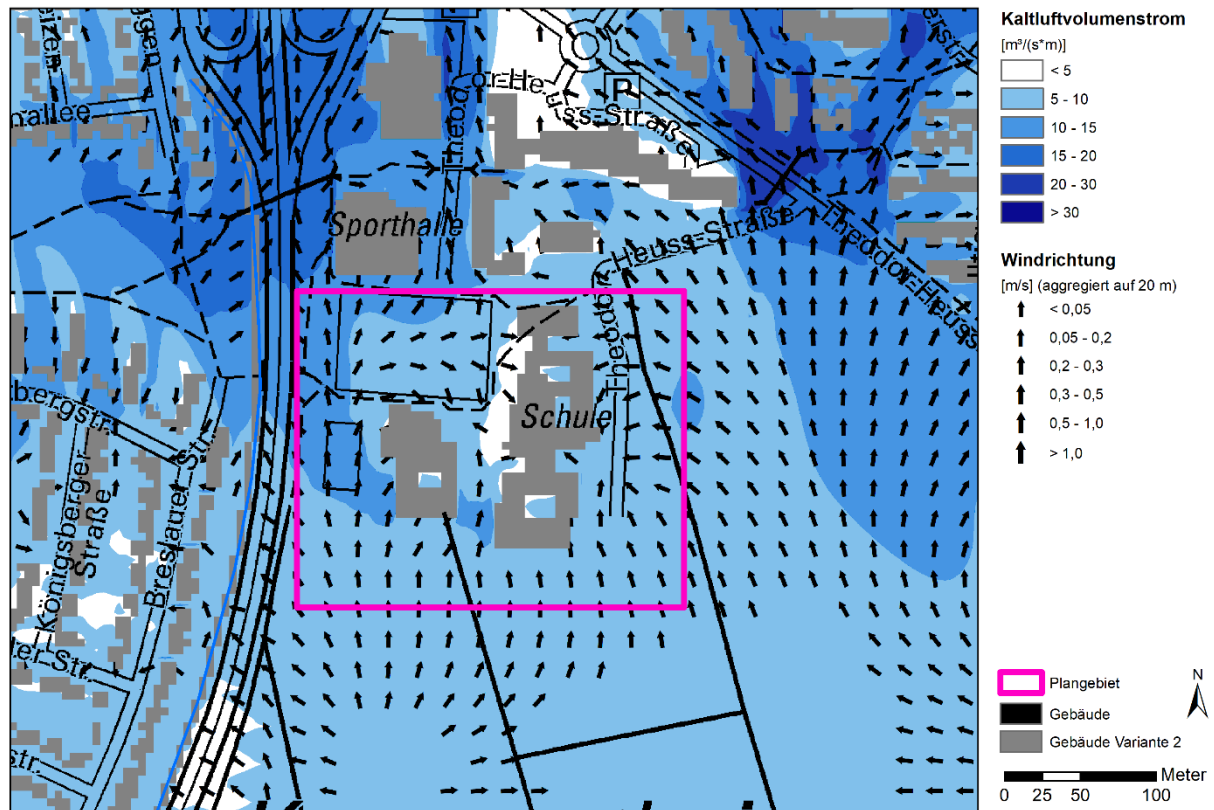


Abb. 15: Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Planfall 2 (Variante 2) in 2 m über Grund um 04 Uhr (oben) und Veränderung des Kaltluftvolumenstroms im Plan-Szenario 2 (Variante 2) im Vergleich zum Status quo (unten).

3.3 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 der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird der humanbioklimatische Index PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) um 14 Uhr herangezogen (Matzarakis und Mayer 1996). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert (siehe Tabelle A1 im Anhang, VDI 2004).

Abb. 16 zeigt die Verteilung der PET um 14 Uhr in 1,1 m über Grund für die derzeitige Situation (Status quo).

Im Plangebiet zeigen sich in Bereich der Ackerfläche ohne hohe Vegetation hohe Wärmebelastungen mit PET-Werten von bis zu $> 43^{\circ}\text{C}$ und sehr vereinzelt von über 45°C . Diese Flächen werden, mangels hoher Vegetation, nicht beschattet und erfahren keine Kühleffekte durch Verdunstung. Die baumbestandenen Flächen entlang des Schulgeländes, innerhalb der Planfläche, oder im Bereich des Salamander-Stadtparks hingegen zeigen mit PET-Werten im Bereich von $31 - 38^{\circ}\text{C}$ kühlere Verhältnisse. Die niedrigsten PET-Werte werden in diesen Bereichen erreicht. Das Plangebiet selbst zeigt mit Ausnahme des Innenhofs des Schulgebäudes verhältnismäßig moderate Verhältnisse.

Hohe PET-Werte sind insbesondere entlang der Straßen und nahe der Gebäude vorzufinden. Lokal werden Werte von bis zu 44°C erreicht werden.

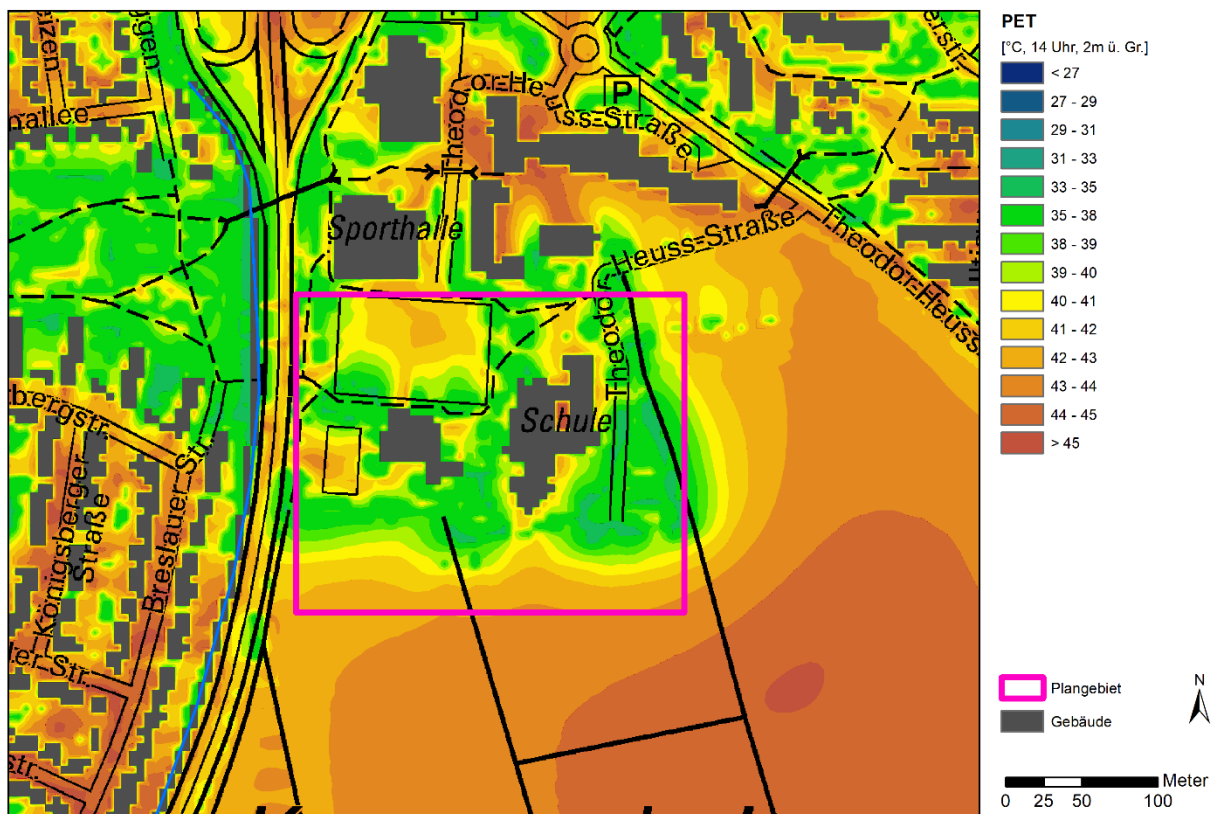


Abb. 16: Ausprägung der PET im Status quo in 1,1 m über Grund um 14 Uhr.

Durch das Planvorhaben gemäß Variante 1 ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine Veränderung der PET-Verteilung gegenüber dem Status quo (s. Abb. 17).

Insbesondere im Nahbereich der geplanten Gebäudeneu-/umbauten sowie deren Innenhöfen kommt es zu Temperaturzunahmen von bis zu über 4 °K. Dies liegt am zusätzlichen Bauvolumen und der Versiegelung von Flächen sowie die Wegnahme von verschattungswirksamen Bäumen gegenüber dem Status quo. Hotspots bilden hier u.a. die neuen Innenhöfe. Verringerungen der PET-Werte treten nur sehr lokal und sehr kleinflächig an vereinzelt Stellen auf und überschreiten nicht den Wert 2 °K. Auswirkungen, welche über das Plangebiet hinausreichen gibt es bzgl. der bioklimatischen Bedingungen nicht.

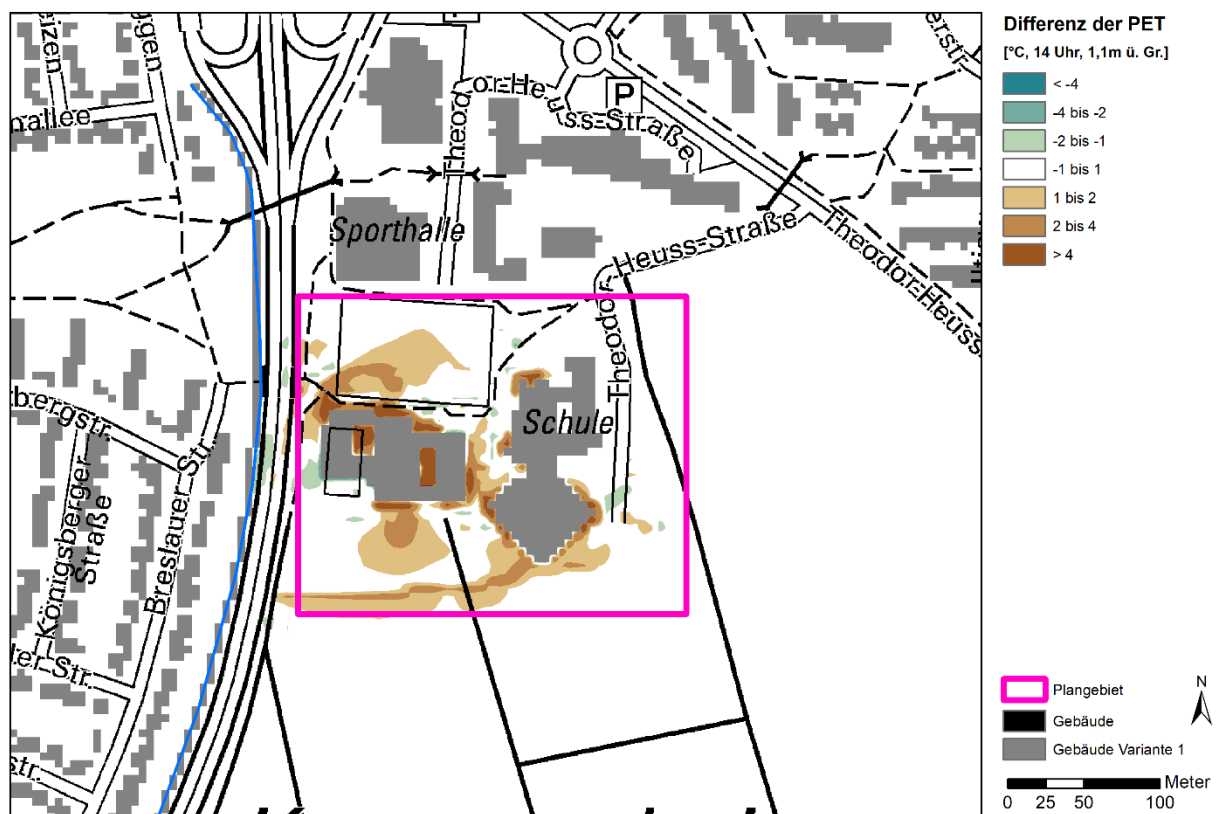


Abb. 17: Veränderung der PET im Plan-Szenario 1 (Variante 1) im Vergleich zum Status quo.

Die Auswirkungen der zweiten Planvariante (Variante 2) im Vergleich zum Status quo bzgl. der PET-Verteilung ist in Abb. 18 zu sehen. Insgesamt zeigt sich eine Erhöhung der PET-Werte durch das Vorhaben im Bereich der neuen Gebäudeteile und insbesondere innerhalb der neuen Innenhöfe. An diesen Stellen kommt es zu Erhöhungen der PET von bis zu 8 °K. Mit zunehmender Entfernung von den Gebäuden verringert sich PET-Zunahme und liegt zumeist zwischen 1 und 4 °K. Verringerungen der PET innerhalb des Plangebiets sind nur sehr lokal und kleinflächig im Wertebereich von 1-2 °K zu erkennen. Außerhalb des Plangebiets gibt es keine Veränderungen der humanbioklimatischen Bedingungen.

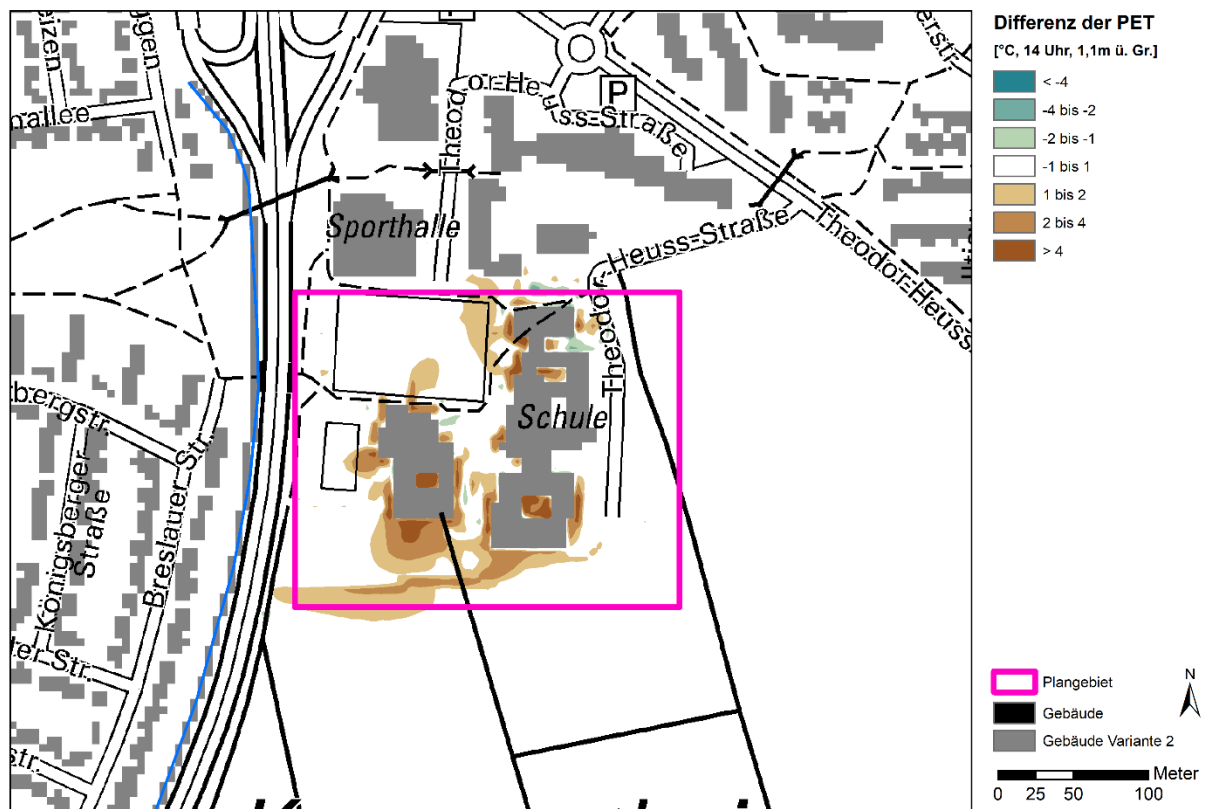


Abb. 18: Veränderung der PET im Plan-Szenario 2 (Variante 2) im Vergleich zum Status quo.

4. Schlussfolgerung und planerische Hinweise

Der Vergleich zwischen den Plan-Szenarien und dem Status quo zeigt, dass durch die Erweiterung des Gebäudebestands auf dem Schul-Campus und die damit verbundene Versiegelung und Errichtung von Baukörpern Veränderungen der klimaökologischen Situation einhergehen. Diese Veränderungen der thermischen Situation sowie des Strömungsregimes betreffen insbesondere die Flächen innerhalb des Plangebietes, aber vereinzelt auch Flächen außerhalb des Plangebiets.

In beiden betrachteten Planvarianten kommt es zu lokalen Erhöhungen der Lufttemperatur in der Nacht, da die versiegelten Oberflächen und die Gebäudemasse ihre gespeicherte Wärme während der Nachtstunden an die Umgebung abgeben. Im Bereich der neuen Innenhöfe kommt es in beiden Planvarianten zu leichten Temperaturabnahmen. Dies ist auf die Nutzungsänderung zurückzuführen und betrifft die Bereiche, an denen im Bestandsfall noch Gebäude oder beschattete Grünfläche vorhanden war.

Da es sich bei dem Schul-Campus jedoch nicht um einen Daueraufenthaltsbereich von Menschen handelt, aber um eine durchaus sensible Nutzung durch den täglichen Aufenthalt von Kindern, sind insbesondere die thermischen Bedingungen am Tage als klimaökologisch und humanbioklimatisch relevant zu erachten. Aufgrund der guten Grünausstattung des Schulgeländes um die Gebäude herum und insbesondere am Westrand ergeben sich verhältnismäßig gute bioklimatische Verhältnisse im Bestand. Durch das Vorhaben ergeben sich in beiden Planvarianten entlang der Gebäude Erhöhungen der PET-Werte von bis zu über 4 °K. Insbesondere die größtenteils versiegelten Innenhöfe erreichen die höchsten PET-Werte, was auf die mangelnde Durchlüftung und die unzureichende Verschattung in diesen Bereichen zurückzuführen ist. Insgesamt kommt es durch das Vorhaben in beiden Planvarianten zu einer Zunahme des Bauvolumens innerhalb des Plangebiets. Dies führt insgesamt zu einer Erhöhung der Wärmebelastung am Tage.

Insbesondere vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels ist davon auszugehen, dass sich die vorhandenen humanbioklimatischen Belastungen zukünftig verstärken werden. Gerade im Bereich sog. Hotspots, wo diese Belastungen besonders ausgeprägt sind, gilt es die Wärmebelastungen am Tage und zur Nacht zu vermindern (s. Planungshinweise). In diesem Zusammenhang tragen verschattungswirksame Grünflächen zukünftig eine umso bedeutendere Rolle. Zudem stellen sie nicht nur eine thermische Ausgleichsfläche dar, sondern können auch als Versickerungs- bzw. Retentionsfläche dienen, was vor dem Hintergrund einer möglichen zukünftigen Zunahme von Starkregenereignissen als ebenfalls relevant einzustufen ist.

Durch die neuen Gebäude ergeben sich Änderungen des Strömungsregimes. Generell kommt es in beiden Planvarianten in unmittelbarer Distanz zu den neuen Gebäuden zu lokalen Abnahmen der Windgeschwindigkeit. Bei Variante 1 kommt es durch die nach Westen hin erweiterte Gebäudeeinheit zu einer Abriegelung der Strömung nach Norden. Dies beeinträchtigt strömungstechnisch u.a. den weiter nördlich befindlichen Bereich mit Sportplatz und Sporthalle, aber auch Bereiche außerhalb des Plangebiets. Insbesondere hinsichtlich der nächtlichen Versorgung mit Kaltluft ist dies als nachteilig zu bewerten. Es kommt im Bereich nördlich des geplanten Sporthallen-Anbaus zu großflächigen Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms. Diese Flächen erstrecken sich auf den Bereich des Sportplatzes. Zudem wird die Funktion des Sportplatzes als Kaltluftlieferant aufgrund der verringerten Strömungen abgeschwächt. Auch die weiter nördlich gelegenen Bereiche können nicht, wie im Bestand, mit Kaltluft versorgt werden. Darüber hinaus ist der Kaltluftvolumenstrom im weiteren nördlichen (Anschlussstelle B 27) sowie nordwestlichen Bereich (Salamander-Stadtpark und teils angrenzende Wohnbebauung), wie zuvor beschrieben, in geringem Maße

verringert. Erhöhungen des Kaltluftvolumenstroms durch die Veränderten Strömungen ergeben sich am Nord- und Ostrand des Plangebiets.

Bei der Planvariante 2 kommt es durch die Anbauten am Nord- und Südrand des Schulgebäudes zu lokalen und kleinflächigen Änderungen der Strömung. Die Strömungen nördlich des Gebäudes werden nur gering durch Verringerungen und Umlenkungen beeinträchtigt. Schon im Status quo sind hier lediglich geringe Strömungen ausgeprägt. Zwischen dem Schul- und dem Sporthallengebäude kommt es zu leichten Erhöhungen der Windgeschwindigkeit, da sich der Strömungsquerschnitt durch die neuen Gebäude verringert. Im Westbereich des Plangebiets gibt es kaum Veränderungen des Strömungsgeschehens. Auswirkungen auf die Strömungsbedingungen außerhalb des Plangebiets gibt es keine. Bezüglich des Kaltluftvolumenstroms ergeben sich westlich der neuen Gebäude verhältnismäßig kleinflächige Verringerungen der Werte. Zunahmen des Kaltluftvolumenstroms gibt es nur im geringen Maße im südlichen Bereich des Plangebiets.

Insgesamt ist die Nutzungsänderung, die durch Vorhaben einhergeht, aus klimatischer Sicht in beiden Varianten als vertretbar einzuordnen. Variante zwei zeigt allerdings weniger weitreichende Auswirkungen auf das Strömungsgeschehen und der damit verbundenen Kaltluftversorgung innerhalb und außerhalb des Plangebiets. Aufgrund dessen ist diese Variante aus klimaökologischen Gesichtspunkten der Variante 1 zu bevorzugen. Aber auch bei dieser Variante sollte darauf geachtet werden, dass die klimaökologische Situation optimiert werden kann. So ist bspw. eine Bebauung in Südrichtung zu überlegen, da man nicht an bestehende Bebauungsbereiche heranrückt.

Zur Optimierung der klimaökologischen Situation werden im Folgenden planerische Gestaltungshinweise gegeben.

Planungshinweise

Konkrete Planungshinweise für beide Vorhaben (Variante 1 und Variante 2)

- ◆ Durch eine offeneren Gestaltung der Innenhöfe kann eine bessere Durchströmbarkeit in diesen Bereichen erreicht werden.
- ◆ Zusätzliche Baumanpflanzungen können der Aufheizung der Baukörper entgegenwirken und für eine bessere humanbioklimatische Situation sorgen. Dies gilt insbesondere für die Innenhofbereiche mit erhöhten PET-Werten und vor dem Hintergrund der als sensible einzustufenden Nutzung dieser Bereiche.
- ◆ Generell führt eine Reduktion der Baumasse zu einer Verbesserung der thermischen Bedingungen, da die tägliche Aufheizung der Gebäudekörper sowie die nächtliche langwellige Ausstrahlung reduziert werden.
- ◆ Es wird empfohlen weniger in die Fläche zu bauen, sondern, wenn möglich, in die Höhe, da somit die Einflussnahme auf das bodennahe Strömungsfeld möglichst geringgehalten wird.
- ◆ Es wird empfohlen möglichst viel Fläche unversiegelt zu belassen oder alternativ Teilversiegelungen (z.B. Rasengittersteine etc.) vorzunehmen.



- ♦ Auf eine abriegelnde Bebauung sollte an den Übergängen zwischen Gebäuden und unbebauter Umgebung möglichst verzichtet werden. Insbesondere im Bereich des Schulgeländes wäre dadurch eine weitere Durchströmbarkeit in Richtung Norden gegeben. Es wird empfohlen, die Gebäude so auszurichten, dass sie dem heranströmenden Kaltluftvolumen ein möglichst kleines Hindernis bieten und eine Durchströmung gewährleisten. Im Fall des Schulgeländes wäre dementsprechend eine Nord-Süd-Ausrichtung wünschenswert.
- ♦ Es sollte generell auf eine lockere Bebauung geachtet werden, die ausreichend große Lücken für eine Durchströmung lässt. Auf diese Weise können auch die dahinter liegenden Gebäude von der Kaltluftströmung profitieren. Von einer riegelartigen Bebauung ist abzuraten

Konkrete Planungshinweise für das Vorhaben (Variante 1)

- ♦ Es sollte geprüft werden, ob eine Aufweitung der „Engstelle“, welche durch die neuen Gebäude am Westrand des Plangebiets entsteht, möglich erscheint.
- ♦ Es sollte darauf geachtet werden, dass diese Engstelle, nicht zusätzlich durch weitere Hindernisse (Bauwerke, dichte Baumpflanzungen, Hecken etc.) verengt wird.
- ♦ Es sollte geprüft werden, ob eine Auflockerung des verringerten Querschnitts zwischen dem Schulgebäude und dem westlich gelegenen neuen Gebäude möglich erscheint, um die Durchströmung nach Norden hin zu ermöglichen bzw. zu verbessern.

Konkrete Planungshinweise für das Vorhaben (Variante 2)

- ♦ Es sollte geprüft werden, dass die geplante Bebauung am Ostrand eine weniger abriegelnde Wirkung in West-Ost-Richtung aufweist.

Allgemeine Hinweise

Durch eine geeignete Gestaltung der Aufenthaltsbereiche bzw. der Schulgebäude kann die Wärmebelastung am Tage vermindert werden. Geeignet ist generell eine offene Gebäudestruktur, kombiniert mit vernetzten Freiflächen.

Großkronige schattenspendende Bäume sorgen für Abkühlung und können die Attraktivität von schulischen Aufenthaltsflächen und Gehwegen erhöhen.

Während am Tage die direkte, kurzwellige Strahlung der Sonne wirksam ist, geben nachts Bauwerke und versiegelte Oberflächen die tagsüber gespeicherte Energie als langwellige Wärmestrahlung wieder ab. Durch die Verringerung des Wärmeinputs am Tage wird gleichzeitig weniger Strahlungsenergie in der Baumasse gespeichert und damit in der Nacht auch weniger Wärme an die Luft abgegeben. Neben einer hohen Grünausstattung lässt sich zudem durch die Verwendung von hellen Baumaterialien die Reflexion des

Sonnenlichtes (Albedo) erhöhen, so dass ebenerdig versiegelte Flächen oder auch Fassaden stärker zurückstrahlen. Dadurch bleiben sie kühler und nehmen damit insgesamt weniger Wärmeenergie auf.

Die Verschattung von Gebäuden und Freiflächen durch Bäume oder auch durch bautechnische Maßnahmen (Ausführungsbeispiele hierfür sind Vordächer, Vertikallamellen, Markisen, Sonnensegel oder eine Pergola) ist eine gute Maßnahme der Hitzevorsorge. Das primäre Ziel ist es, die direkte Aufheizung sowie die Wärmespeicherung der Gebäude über die Gebäudehülle (Dach, Fassade, Fenster) oder auch der befestigten Erschließungsflächen zu verringern. Sonnenexponierte Gebäudeseiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Großkronige Laubbäume sind gegenüber Nadelbäumen zu bevorzugen, da sie im Winter einen vergleichsweise geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können. Bei der Gestaltung der privaten Freiflächen kann der Aspekt der Verschattung in die Freiraumgestaltung integriert werden. Bei bestimmten Gebäuden spielen auch Nutzungszeiten eine Rolle. Beispielsweise wird eine Schule vor allem morgens bis zum früheren Nachmittag genutzt. Die Verschattung mit Bäumen sollte somit die intensive Nutzungszeit der Räume abdecken.

Der Überhitzung von Räumen vorzubeugen ist das wesentliche Ziel des sommerlichen Wärmeschutzes. Dabei geht es darum, ein behagliches Innenraumklima während der Sommermonate sicherzustellen und gleichzeitig den Energieverbrauch für die Kühlung möglichst gering zu halten. Der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz ist seit 2020 in dem Gebäudeenergiegesetz (GeG) geregelt und für neu zu errichtende Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude verpflichtend (GeG § 14 (2020) in Verbindung mit DIN 4108-2 (02-2013)). Effektive Maßnahmen um möglichst wenig Wärme in das Gebäude zu lassen, beziehen sich vor allem auf Fenster- und sonstige Glasflächen. Hier sind insbesondere außen liegende Sonnenschutzelemente wie Jalousien, Markisen und Fensterläden zu nennen. Eine weitere Möglichkeit stellt reflektierendes oder absorbierendes Sonnenschutzglas oder -folie dar. Neben der Verglasung sind aber auch die verwendeten Baumaterialien entscheidend. Je geringer ihre Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit sind, desto weniger tragen sie zur Aufheizung des Innenraums bei bzw. unterstützen dessen nächtliche Auskühlung.

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

Zu den weiteren effektiven Maßnahmen, die Erwärmung der Gebäude am Tage abzuschwächen, zählen Dach- und Fassadenbegrünung. Letztere wirkt zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits über die Verdunstungskälte des Wassers Wärme abgeführt wird. Eine Fassadenbegrünung ist insbesondere an West- und Südfassaden wirksam, da hier die stärkste Einstrahlung stattfindet. Darüber hinaus mindert eine Begrünung die Schallreflexion und damit die Lärmbelastung und kann zu einem gewissen Grad



Stäube und Luftschadstoffe binden. Die Möglichkeiten bei der Realisierung einer Fassadenbegrünung werden allerdings entscheidend von der baulichen Ausgangssituation mitbestimmt. Eine positive Wirkung kann auch durch die Verschattung der Südfassaden durch Bäume erbracht werden. Diese Verschattungswirkung sorgt auch für eine kühlere Innenraumtemperatur.

Bei einer Dachbegrünung wirkt die Vegetation zusammen mit dem Substrat isolierend und verringert damit das Aufheizen darunter liegender Räume. Zudem senkt die Dachbegrünung die Oberflächentemperatur des Daches aufgrund der Verdunstung von Wasser ab und verringert die Temperatur in der oberflächennahen Luftschicht. Allerdings kommt es bei einer hohen Traufhöhe von Gebäuden zu einer vertikalen Entkopplung der positiven Effekte. Nur relativ niedrige Gebäude (< 5 m) mit Dachbegrünung können zu einem im bodennahen Bereich positiven Abkühleffekt beitragen. Gründächer auf 4-5 geschossigen Gebäuden zeigen in der untersten Schicht der Stadtatmosphäre (= Aufenthaltsbereich des Menschen) keinen nennenswerten positiven Temperatureffekt. Voraussetzung für die Kühlwirkung ist allerdings immer ein ausreichendes Wasserangebot für die Vegetation. Sollte bei längeren Hitzeperioden die Vegetation austrocknen, steigen die Temperaturen wieder auf das Niveau eines normalen Daches an und können sogar darüber hinausgehen. Der Kühlungseffekt für die Innenräume bleibt dabei aber erhalten. Im Winter isoliert ein Gründach zusätzlich und kann zur Senkung des Heizbedarfes beitragen. Ein weiterer Vorteil von Dachbegrünung ist im Retentionsvermögen von Regenwasser zu sehen, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird.



5. Quellen

DIN 4108-2 (2013) Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (2013-02).

GeG (2020): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG).

GEO-NET 2021: Stadtklimaanalyse Kornwestheim, 2021, GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover; Auszug aus dem Arbeitstand vom Juli 2021.

KUTTLER, W. 2013: Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh (2. Auflage).

MATZARAKIS, A. und H. MAYER 1996: Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.

UBA 2016: Heizen, Raumtemperatur, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur (05.08.2021).

STADT KORNWESTHEIM 2021: Planungsunterlagen zum Vorhaben „Campus Ost“

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

VDI 2004: VDI- Richtlinie 3787 Blatt 9 Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Hannover, den 17.09.2021

Erstellt von:

Dr. rer. nat. Jens Dahlhausen

Geprüft von:

M. Sc. Meteorol. Melanie Schneider

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



6. Anhang

Tab. A 1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET in den Tagesstunden (Auszug nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
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