



Dr. Dütemeyer
Umweltmeteorologie

Kruppstraße 82-100 / ETEC
45145 Essen

Tel.: (0201) 72 66 72 0

E-Mail: info@dr-duetemeyer.de
Internet: www.dr-duetemeyer.de

Klimatologische Stellungnahme

Stadtklimatische Bewertung des B-Planvorhabens V34/I in Leverkusen-Hitdorf

Auftraggeber (AG):

LCM Immobilien GmbH & Co. KG
Ohmstraße 2
85716 Unterschleißheim

AG-Auftragsdatum:

26.06.2020

Durchführung:

Dipl. Geogr. Dr. rer. nat. D. Dütemeyer
Dr. Dütemeyer Umweltmeteorologie
Kruppstr. 82 – 100 / ETEC
45145 Essen

Fassung:

1c

Essen, 17.08.2020

Ort und Datum

Dr. Dirk Dütemeyer

Unterschrift Projektleiter

Hinweise zu diesem Bericht mit dem Titel:

*Stadtklimatische Bewertung des
B-Planvorhabens V34/I in Leverkusen-Hitdorf*

von Dr. Dütemeyer Umweltmeteorologie, Essen, 2020

A) Versionshinweise

Die vorliegende Version 1c enthält gegenüber der Vorgängerversion 1a + b neben einigen Rechtschreibkorrekturen Ergänzungen in den Kapiteln 4.3 „Luftqualität“ und 5 „Planungsempfehlungen“ sowie im Literaturverzeichnis.

B) Urheberrechtshinweise und Haftungsausschluss zur Weiterverwendung des Inhaltes dieses Berichtes

In diesem Bericht werden teilweise Informationen aus externen Quellen verwendet. Die urheberrechtlich zulässige Verwendung dieser Informationen wurde geprüft und ergab folgende **wichtige Nutzungshinweise**:

Einige der aus externen Datenquellen stammenden Informationen sind kostenfrei verwendbar, wenn die Informationen mit einer deutlichen **Herkunftskennzeichnung** versehen sind.

In diesem Bericht sind daher an den betreffenden Stellen, insbesondere an Abbildungen und Tabellen, die erforderlichen Verwendungshinweise oder Herkunftskennzeichnungen gemäß der von den Urhebern geforderten Zitierweisen direkt und eindeutig vermerkt.

Im Falle der Weiterverwendung der Inhalte dieses Berichtes, insbesondere bei der – auch auszugsweisen – Offenlegung oder Weitergabe, sind unbedingt die Herkunftskennzeichnungen der jeweiligen Informationen zu übernehmen bzw. die Hinweise zur Weiterverwendung zu beachten.

Der Autor haftet **nicht** für **Abmahnungen** über die unzulässige Weiterverwendung oder fehlende Herkunftskennzeichnungen bzw. Urheberverweise bei der Weiterverwendung des Inhaltes dieses Berichtes. Im Streitfall wird der Autor dieses Berichtes durch Vorlage des Originalberichtes seine erbrachte Zitierpflicht nachweisen.

Ausschließlich vom Autor erarbeitete Aussagen und Darstellungen dürfen bei Nennung des Autors, des Titels und des Erscheinungsjahres kostenfrei verwendet werden.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Tabellen.....	II
Verzeichnis der Abbildungen.....	II
Zusammenfassung.....	1
1 Thematische Einführung	2
2 Aufgabenstellung	7
3 Methodik.....	9
4 Ergebnisse	11
4.1 Thermische Situation	11
4.2 Austauschverhältnisse / Durchlüftung	11
4.2.1 Lokale Kaltluftprozesse	14
4.2.2 Primäre Durchlüftungssituation	17
4.3 Luftqualität	20
4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	21
5 Planungsempfehlungen.....	22
6 Arbeitsmaterialien und Literatur.....	27
6.1 Arbeitsmaterialien	27
6.2 Literatur.....	27
Anhang.....	29
A1 Berechnung der Kaltluftproduktion nach WIESNER.....	29
A2 Berechnung der Kaltlufthöhe und -fließgeschwindigkeit nach DEFANT und BRIGSS	30
A3 Berechnung der Windfeldstörzonen nach VDI.....	31
A4 Ergänzende Informationen	32

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Anteil des Plangebietes an der Kaltluftproduktion im rechtsrheinischen Kaltlufteinzugsgebiet, berechnet nach WIESEN (1986).....	15
Tab. 2:	Empfehlungen der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ (VDI 2003) zur abschätzenden Beurteilung der Auswirkungen der Veränderungen der Kaltluftproduktion.....	15
Tab. 3:	Theoretische Kaltluflhöhen und -fließgeschwindigkeiten ausgewählter Kaltluftabflussbahnen im Untersuchungsraum (berechnet nach DEFANT (1933) und BRIGGS (1979) gemäß VDI (2003)).....	17
Tab. 4:	Emissionen von Feinstaub (PM10) und Stickoxiden (NOx) nach ausgewählten Emittentengruppen im Umkreis von 1 km ² des Plangebietes.	21
Tab. 5:	Rangliste klimawandelangepasster Baumarten (eigene Sortierung).....	24

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Schematische maßstabsgetreue Darstellung der vereinfachten Wärmestrahlung von großen Einzelgebäuden bei Windstille.	2
Abb. 2:	Schematische, nicht maßstabsgetreue Darstellung der Abklingfunktion der Konzentration atmosphärischer Spurenstoffe c aus der Quelle Q entlang des Ausbreitungsweges x.	3
Abb. 3:	Schematische, nicht maßstabsgetreue Darstellung der Zone mit gestörtem Windfeld hinter einem Strömungshindernis.	4
Abb. 4:	Kaltlufttransporte und Eindringtiefe in die Bebauung in Abhängigkeit der Geländeneigung (schematisch).	5
Abb. 5:	Lokale (mikroskalige) und regionale (mesoskalige) Kaltluftprozesse (schematisch).	6
Abb. 6:	Lageplan des Plangebietes.	7
Abb. 7:	Luftbild zum Plangebietsbereich.	8
Abb. 8:	Vogelperspektive zum Plangebietsbereich (Blickrichtung Nordost).	8
Abb. 9:	Lagekarte des Planentwurfs.	9
Abb. 10:	Strahlungs nächtliche Oberflächentemperaturen im Plangebietsbereich.	12
Abb. 11:	Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte von Leverkusen (ergänzt).	13
Abb. 12:	Klimamerkmale während der Nachtsituation austauscharmer Strahlungswetterlagen im Umfeld des Plangebietes.	14
Abb. 13:	Kaltluftproduktionsflächen im Plangebietsbereich.	15
Abb. 14:	Relief im Plangebietsbereich.....	16
Abb. 15:	Strömungshindernisse und Ventilationsflächen im Plangebietsbereich.	18
Abb. 16:	Vogelperspektive zum Plangebietsbereich (Blickrichtung Nordwest).....	19
Abb. 17:	Animation des geplanten Hallenkomplexes als Ansicht vom Damm der Autobahn A59 mit Blickrichtung Südwesten.	20
Abb. 18:	Ausgestaltung des Planentwurfs.	23
Abb. 19:	Unterschiede zwischen realer Landnutzung und Landnutzung in der Klimaanalyse NRW.....	32

Zusammenfassung

In dem Gewerbepark Wiesenstraße zwischen Hitdorf und Rheindorf in Leverkusen ist die Ansiedlung von neuen Lager- und Logistikhallen geplant. Mit dieser klimatologischen Stellungnahme werden die stadtklimatisch-lufthygienischen Auswirkungen des Vorhabens ermittelt und bewertet, insbesondere hinsichtlich der Durchlüftungsverhältnisse in Hitdorf und in den nördlich gelegenen Freilandflächen.

Die Untersuchung erfolgt durch Auswertung bereits vorhandener Fachunterlagen sowie einige anerkannte empirische Verfahren der Kartenanalyse und ergab folgende Ergebnisse:

Das Plangebiet und die angrenzenden Siedlungen Hitdorf und Rheindorf stellen keine Gebiete mit hoher **Wärmebelastung** dar. Durch den geplanten neuen Hallenkomplex ist nachts aufgrund der schnellen Auskühlung keine zusätzliche Erwärmung der unmittelbaren Umgebung zu erwarten. Am Tage könnte sich der Hallenkomplex im Falle einer dunklen Fassadenfarbe aufheizen und Wärme in die nächste Umgebung abstrahlen. Durch die Wärmeverteilung mit dem Wind wären die umliegenden Wohngebiete Hitdorf und Rheindorf aufgrund der eingeschränkten Ventilation allerdings nicht betroffen.

Der Anteil des Plangebietes an der lokalen **Kaltluftproduktion** beträgt $\leq 0,8\%$ und ist damit nach der VDI-Kaltluftrichtlinie vernachlässigbar. Potenzielle **lokale Kaltluftflüsse** sind aufgrund zu geringer Mächtigkeiten und Fließgeschwindigkeiten bedeutungslos. Eine quer zum Rhein orientierte Ventilation zwischen Rheinufer und den Freilandflächen nordöstlich des Plangebietes ist nicht feststellbar.

Die **primäre Durchlüftung** erfolgt durch Südost- und Nordwestwinde. Die durch Strömungshindernisse bedingte Gebietskammerung verhindert eine weitläufige **bodennahe** Durchlüftung. Da der geplante Hallenkomplex nicht höher als die unmittelbar umliegenden Strömungshindernisse ist, würden bei einer Realisierung die bestehenden Ventilationsstörzonen nicht vergrößert, sodass der neue Hallenkomplex diesbezüglich ohne Wirkung ist. Unabhängig von den Bodenwindverhältnissen findet die Ventilation auch **oberhalb** der Hindernisschicht statt, sodass zumindest in den aufgelockerten Bebauungen Hitdorfs und Rheindorfs ein Durchgreifen des oberen Windes bis zum Bodenbereich stattfinden dürfte.

Bei der **Luftqualität** sind Hauptquellen der Spurenstoffe Feinstäube und Stickoxide im Plangebietsbereich vor allem der Straßenverkehr, während der Anteil des Schiffverkehrs und des Hausbrandes relativ gering sind. Grenzwertüberschreitungen bei Feinstäuben und Stickoxiden wurden nicht festgestellt, wenngleich die Luft aufgrund des Einflusses der in der weiteren Umgebung liegenden Großindustrien in Köln, Leverkusen und Dormagen nicht als Frischluft eingestuft werden kann.

Aufgrund fehlender Antriebe für lokale Kaltlufttransporte und aufgrund der durch Strömungshindernisse verursachten Gebietskammerung erfüllt das Plangebiet unabhängig von den verschiedenen Windsystemen bereits im Ist-Zustand keine für die benachbarten Siedlungen Hitdorf oder Rheindorf relevante Ventilationsfunktion.

Der geplante Hallenkomplex wird, da er sich nahtlos der bestehenden Hindernisstruktur unterordnet, keine Auswirkungen auf die Durchlüftung haben, zumal keine nachteiligen thermischen Wirkungen auf die Wohngebiete Hitdorfs oder Rheindorf aufgrund der Distanzen zu erwarten sind.

Das Planvorhaben wird daher klimatologisch-lufthygienisch als umweltverträglich eingestuft.

Zur lokalen Hitzeprävention an den geplanten Hallen werden Verschattungen durch Bäume, Fassadenbegrünungen oder helle Fassadenfarben und ggf. Dachbegrünungen empfohlen.

1 Thematische Einführung

Hinweis: Sofern der Leser mit der Thematik bereits vertraut ist, wird die Fortsetzung mit Kap. 2 ab Seite 7 empfohlen.

Im Rahmen der umweltgerechten Gestaltung von Bauvorhaben gilt es in der Bauplanung u. a., die **Schutzgüter „Klima“** und **„Luft“** besonders zu berücksichtigen (BauGB (2020) § 1 Abs. 6. Nr. 7, UVPG (2020) §16 & Anl. 4 Nr. 4 b & c, BImSchG 2020). Da sich Städte gegenüber der freien Landschaft im Allgemeinen durch ein höheres thermisches Niveau („Städtische **Wärmeinsel**“) sowie erhöhte **Spurenstoffbelastung** bei gleichzeitig **reduzierten Durchlüftungsverhältnissen** (Wind) auszeichnen (KUTTLER 2004a,b), gilt es in der Stadtplanung, diese Mängel so weit wie möglich zu reduzieren. Dabei ist seit der BauGB-Novelle 2011 bei Bauvorhaben auch dem Nachhaltigkeitsprinzip in verstärktem Maße Rechnung zu tragen, indem neben Maßnahmen zum Klimaschutz (insb. durch EnEV 2015) auch solche zur **Klimawandelanpassung** schon heute zu ergreifen sind (BauGB (2020) § 1a Abs. 5). Als weitere Rechtsgrundlagen sind BImSchG/-V, TA-Luft und BNatSchG zu nennen.

Die Ausprägung der **stadtklimatischen Effekte** ist primär von der Lagedichte der Bebauung und der räumlichen Verteilung von versiegelten Flächen und Quellen atmosphärischer Spurenstoffe abhängig (HELBIG et al. 1999). Mit zunehmender räumlicher Dichte dieser Faktoren verstärken sich die stadtklimatischen Effekte.

Bei einem freistehenden Einzelgebäude, das sich in der Sonne aufgeheizt hat, ist die **Wärmestrahlung** bei Windstille aus physikalischen Gründen (Strahlungsabstandsgesetz) auf die nähere Umgebung beschränkt und selbst bei großen Gebäuden nach wenigen zehner Metern nicht mehr nachweisbar. Als Analogie kann ein Lagerfeuer oder Osterfeuer dienen, dessen Flammen viele hundert Grad heiß sind, deren Wärmestrahlung jedoch bereits in wenigen Metern Abstand soweit abgeklungen ist, dass dort ein Aufenthalt problemlos möglich ist. Gebäudefassaden heizen sich jedoch nur auf Temperaturen von deutlich unter 100 °C auf. Entsprechend klein ist der räumliche Wirkungsbereich der Wärmestrahlung (**Abb. 1**).

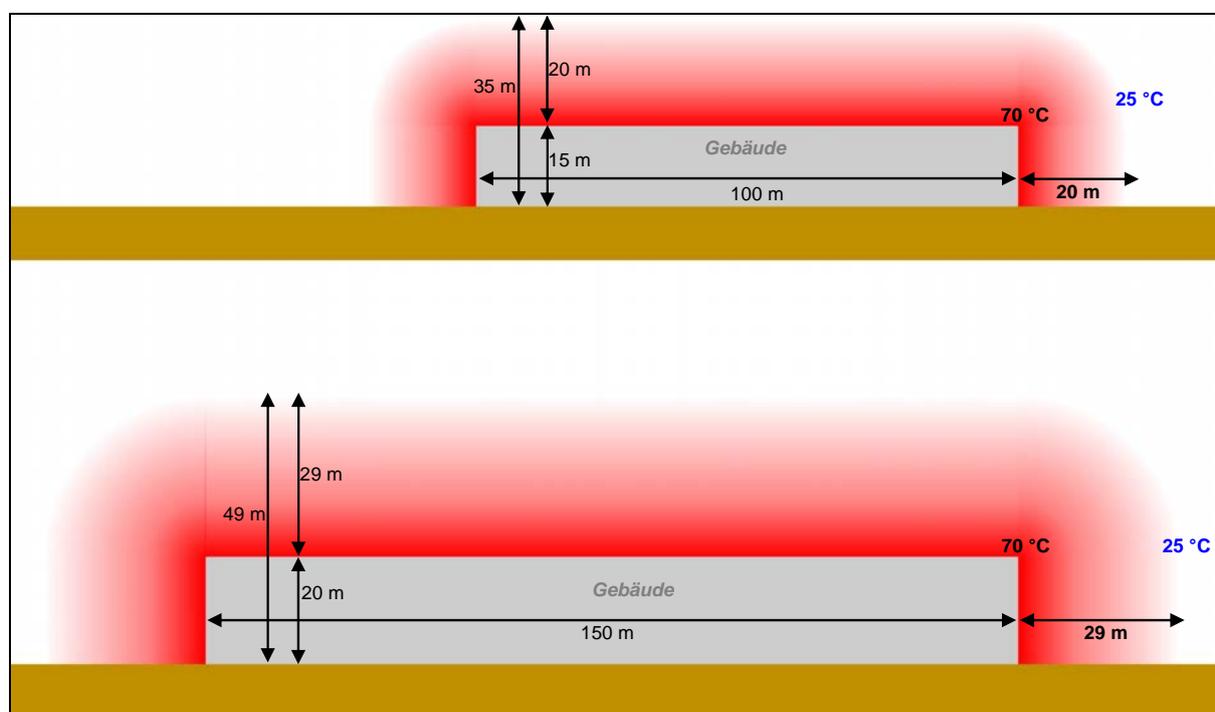


Abb. 1: Schematische maßstabsgetreue Darstellung der vereinfachten Wärmestrahlung von großen Einzelgebäuden bei Windstille.

Gleiches gilt für **Spurenstoffe**, deren Konzentration mit zunehmender Entfernung von einer einzelnen Quelle rasch abnehmen (FGSV 2012, MÖLLER 2003) (**Abb. 2**). In der Atmosphäre kommt zusätzlich der turbulente Austausch bzw. die räumliche Verteilung der Eigenschaften mit dem **Wind** zum Tragen. Auch hier gilt, dass mit zunehmender Entfernung von den Verursachern die Effekte aufgrund der Durchmischung bzw. Verdünnung mit der Luft schnell abklingen, bis sie nicht mehr nachweisbar sind (VDI 3782 / 1 2009).

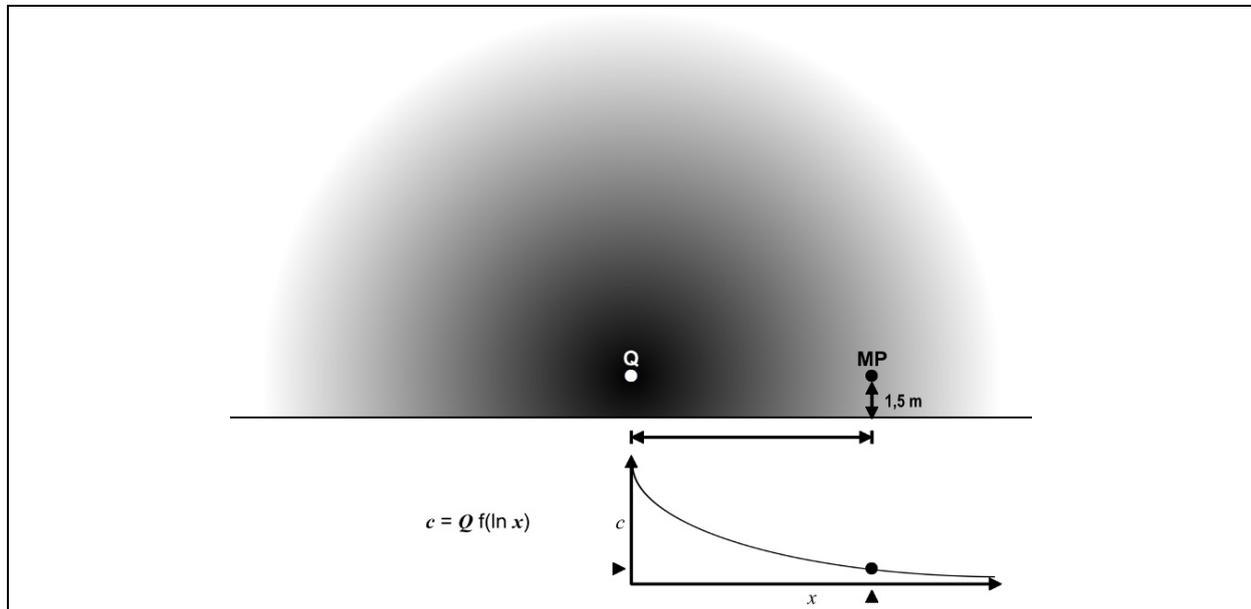


Abb. 2: Schematische, nicht maßstabsgetreue Darstellung der Abklingfunktion der Konzentration atmosphärischer Spurenstoffe c aus der Quelle Q entlang des Ausbreitungsweges x .

Bei **Gebäuden** beträgt die leeseitige Entfernung, bis zu der die Effekte verschwunden sind, je nach Breiten-Höhen-Verhältnis des Gebäudes zwischen dem ungefähr dreifachen der Gebäudehöhe bei hohen schmalen hohen Gebäuden bis zum 32-fachen der Gebäudehöhe bei eingeschossigen, sehr weitläufigen Gebäuden (VDI 3783 / 10 2010). Als gute Näherung für typische städtische Gebäude gelten 20 Gebäudehöhen (**Abb. 3**).

Die stadtklimatischen Effekte bilden sich somit dadurch aus, dass Gebäude oder Spurenstoffquellen räumlich so dicht angeordnet sind, dass sich deren räumlichen Wirkungsbereiche ungünstiger Eigenschaften gegenseitig überlagern und verstärken. Daher sind die stadtklimatischen Effekte in dicht bebauten Innenstadtbereichen deutlicher ausgeprägt als am aufgelockert bebauten und grüneren Stadtrand oder in ländlichen Siedlungen (MW-BW 2012).

Einen Beitrag zur **Verbesserung des Stadtklimas** können **Freiflächen**, Wälder und Gewässer in der Peripherie von Städten leisten (MW-BW 2012). Diese „Freilandklimatope“ besitzen günstige klimatisch-lufthygienische Eigenschaften mit „Wohlfahrtswirkung“ (VDI 3787/1 2015): Sie weisen einen aufgeprägten Tages- und Jahresgang der Temperatur und Feuchte sowie gute Austauschverhältnisse bei geringen Windfeldveränderungen auf. In windschwachen Strahlungsnächten ist aufgrund starker Oberflächenabkühlung **Kaltluft**-produktion möglich. Ferner sind die Areale i. d. R. aufgrund fehlender Emittenten lufthygienisch unbelastet („**Frischluf**t“). Dies trifft insbesondere auf ausgedehnte Wiesen- und Ackerflächen sowie auf Freiflächen mit lockerem Gehölzbestand zu. Den Freiflächen kommt daher eine hohe **Erholungsfunk**tion zu. Ferner können die Freiflächen unter bestimmten Vorrau-

setzungen auch auf die Umgebung wirken und z. B. die klimatische Situation in einer angrenzenden Bebauung verbessern.

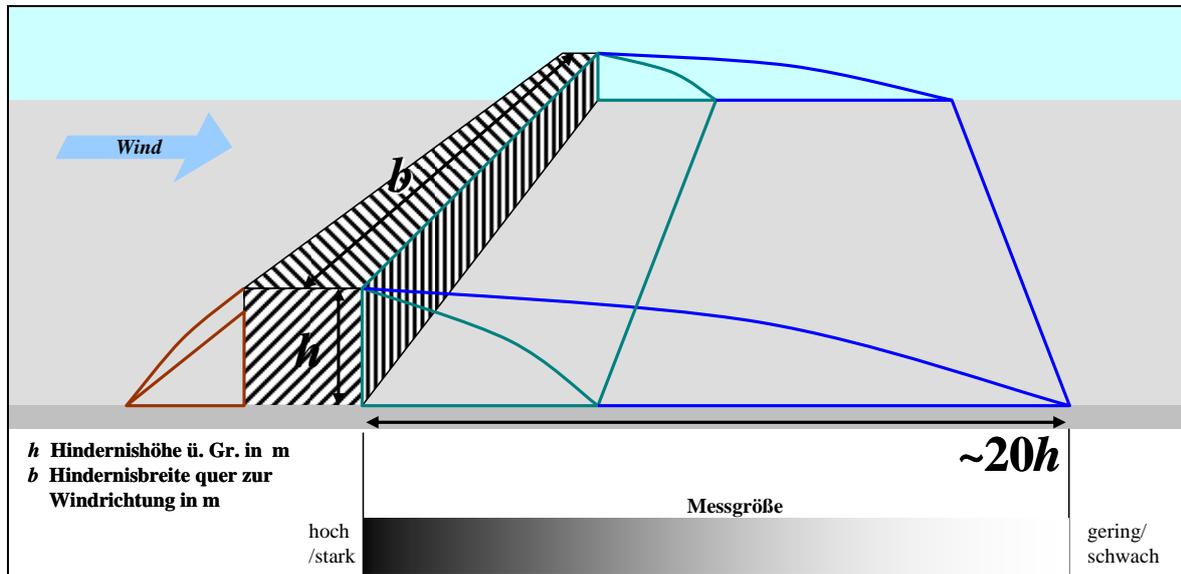


Abb. 3: Schematische, nicht maßstabsgetreue Darstellung der Zone mit gestörtem Windfeld hinter einem Strömungshindernis.

Freilandklimatope werden daher *im Allgemeinen* mit einer hohen **Empfindlichkeit** gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet; d. h. bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen können zu spürbaren klimatischen Beeinträchtigungen der Klimafunktion der Freiflächen führen. Die konkrete **planerische Relevanz** von Freilandklimatopen, Wäldern, Gewässern und Parks ist jedoch *im Einzelfall* immer von den lokalen Verhältnissen oder den Witterungsverhältnissen abhängig.

Die planerische Relevanz ist insbesondere dann gegeben, wenn neben der **lokalen Erholungsfunktion** die Möglichkeit besteht, dass unter geeigneten Relief- und Witterungsbedingungen die kühlere und ggf. auch saubere Luft aus dem Umland über raugkeitsarme Ventilationsbahnen oder durch den direkten Zustrom aus hinreichend großen Parks in **angrenzende Gebiete** mit ungünstigeren mikroklimatischen Bedingungen transportiert werden und dort zu einer **Verbesserung** des Klimas beitragen kann (MW-BW 2012). Die Freifläche besitzt dann eine hohe „**Klimaaktivität**“. Diese Funktion ist insbesondere während **windschwacher** oder **heißer Witterungsbedingungen** von Bedeutung. Insbesondere in heißen, klaren Nächten kann durch den Zustrom kühlerer Luft aus dem Umland (**Kaltluft**) in Stadtquartieren die **Wärmebelastung** spürbar reduziert werden.

Da lokale Kaltluft aufgrund der relativen Schwere am Boden lagert und dort äußerst lagestabil ist, erfolgt bei Fehlen eines übergeordneten Windes ein **Kaltlufttransport** entweder über einen **gravitativen Abfluss** in geneigtem Gelände oder durch eine nahe gelegene, ausgeprägte städtische **Wärmeinsel**, die als relatives örtliches Tiefdruckgebiet die Kaltluft bodennah vom Umland („von der Flur“) in Richtung Siedlung saugt (**Flurwind**) (VDI 3787 / 5 2003). Je größer das Geländegefälle oder je ausgeprägter die Wärmeinsel ist, desto höher sind vertikale Mächtigkeit und Fließgeschwindigkeit der Kaltluft (**Abb. 4**). Andererseits reagiert fließende Kaltluft empfindlich auf Strömungshindernisse wie Wälder, Hecken/Gehölze, Dämme oder Bebauung, welche zum **Kaltluftstau** führen können.

Die **planerische Relevanz** eines Freilandklimatops bezüglich der Kaltluft wäre nach VDI 3787 / 5 (2003) dadurch gegeben, dass

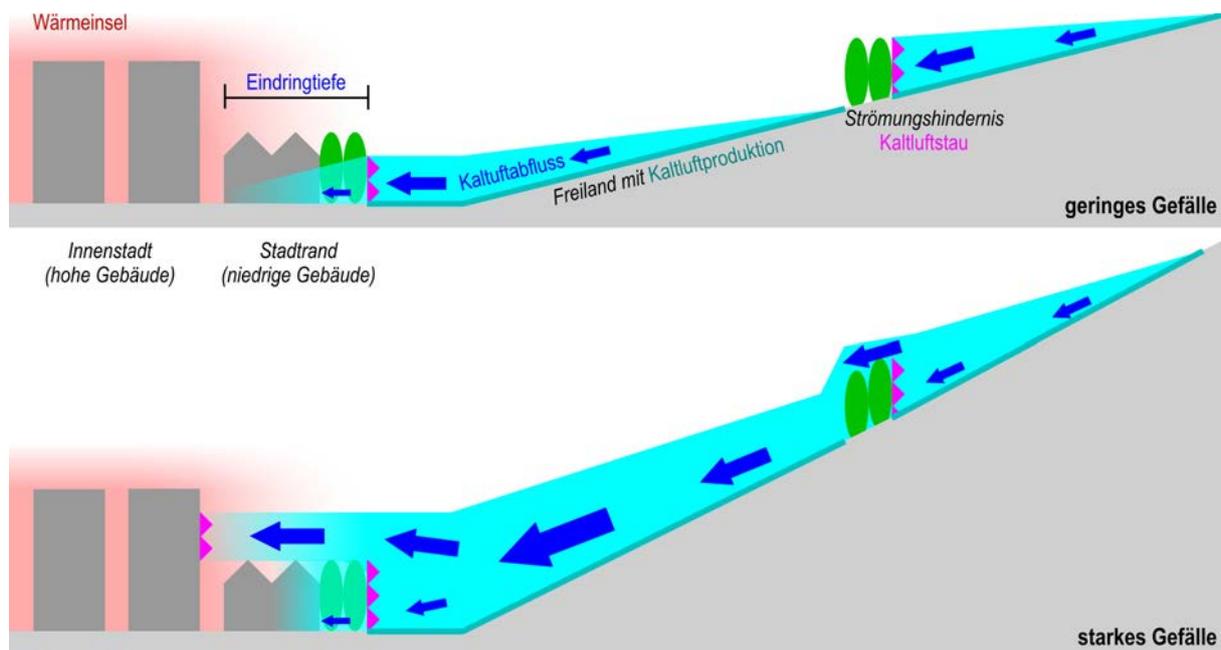


Abb. 4: Kaltlufttransporte und Eindringtiefe in die Bebauung in Abhängigkeit der Geländeneigung (schematisch).

- die Kaltluft ohne Einfluss eines etwaigen übergeordneten Windfeldes entweder rein gravitativ, d. h. aus **eigenem Antrieb**, oder als durch eine städtische Wärmeinsel initiiertes **Flurwind** aus der Fläche (**Quellgebiet**) abfließt,
- hinsichtlich der Fließrichtung einer wärmeren Fläche oder einem wärmeren Gebiet mit sensibler Nutzung zufließt (**Wirkraum**, z. B. Wohngebiet), in dem die Kaltluft zur Verbesserung des Klimas beitragen kann,
- die Kaltluft eine hinreichende Geschwindigkeit und vertikale Mächtigkeit hat, um in den Wirkraum einzudringen.
- die Kaltluft im Wirkraum noch eine hinreichende **Untertemperatur** besitzt, um einen spürbaren Kühlungseffekt zu erzielen.

Kaltluft, die diese Anforderungen erfüllt, benötigt zur Entstehung sehr große Freilandflächen von i. d. R. mehreren Quadratkilometern **Größe** (VDI 3787 / 5 2003). Zwar wird auch auf kleineren Freiflächen Kaltluft gebildet, deren Merkmale sind jedoch deutlich schwächer ausgeprägt und deren räumliche Wirkung ist stark begrenzt (z. B. bei **innerstädtischen Parks**) (KUTTLER 2011). Innerhalb der **dichten Bebauung** ist auf kleinsten Freiflächen (z. B. Baulücken oder größeren grünen Verkehrsinseln) die positive Klimawirkung nur noch schwach bis gar nicht ausgeprägt und ohne nennenswerte Wirkung auf die Umgebung, deren Überwärmung an dieser Stelle dominiert und die Wirkung der kleinen Freiflächen überlagert.

Die **Eindringtiefe** von Kaltluft aus dem Umland in die **Bebauung** ist von der vertikalen Kaltluftmächtigkeit abhängig (**Abb. 4**). Ist diese niedriger als die städtischen Bebauungsstrukturen, bleibt die Eindringtiefe in Bodennähe aufgrund der Riegelwirkung der Bebauung auf einige zehner bis wenige hundert Meter beschränkt, wenn nicht raugkeitsarme, d. h. von Strömungshindernissen freie, **Ventilationsbahnen** vom Umland her weit in die Bebauung hineinreichen (DÜTEMEYER 2000). Nach MAYER et al. (1994) sollten Ventilationsbahnen mindestens 1 Kilometer lang und 50 Meter breit sein. Selbst unter diesen günstigen Voraus-

setzungen ist die Tiefenwirkung der Kaltluft begrenzt, weil sie mit zunehmender Eindringtiefe durch die warme Bebauung zunehmend erwärmt wird (sog. „Altern der Kaltluft“).

Ist die Kaltluftmächtigkeit höher als die städtischen Bebauungsstrukturen, besteht die Möglichkeit, dass Teile der Kaltluft zunächst über die Bebauung hinwegströmen, um anschließend an geeigneten offenen Stellen (z. B. größere baumfreie Parks, Verkehrsachsen oder Bahntrassen) wieder zum Boden abzusinken.

Fließt die Kaltluft nicht in Richtung Bebauung, sondern in entgegengesetzter Richtung zu tiefer gelegenen Umlandbereichen ab, bleibt die Relevanz auf die lokale Erholungsfunktion beschränkt.

Wird in Gebieten mit ausgeprägtem Relief lokale Kaltluft auch in der **großräumigen Umgebung** gebildet (z. B. in den ländlichen Räumen der Mittelgebirge), werden in Verbänden aus Tälern unterschiedlicher Größenordnungen die Kaltluftströme in kleineren (Seiten-) Tälern von den regionalen bzw. **mesoskaligen Kaltluftströmen** aus den nachgeordneten größeren Tälern überlagert, sodass die lokale Kaltluft hangaufwärts bis über die Talschulter in Nebentäler geschoben wird (**Abb. 5**).

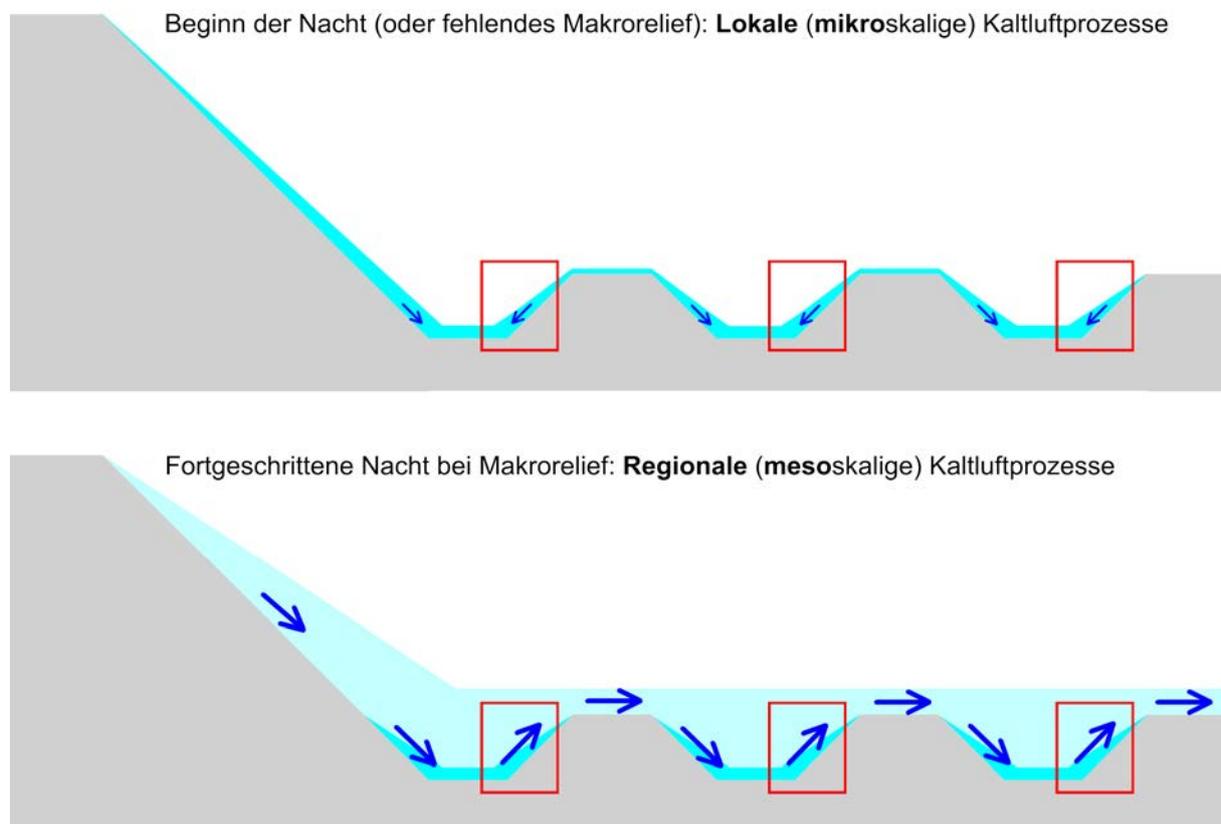


Abb. 5: Lokale (mikroskalige) und regionale (mesoskalige) Kaltluftprozesse (schematisch).

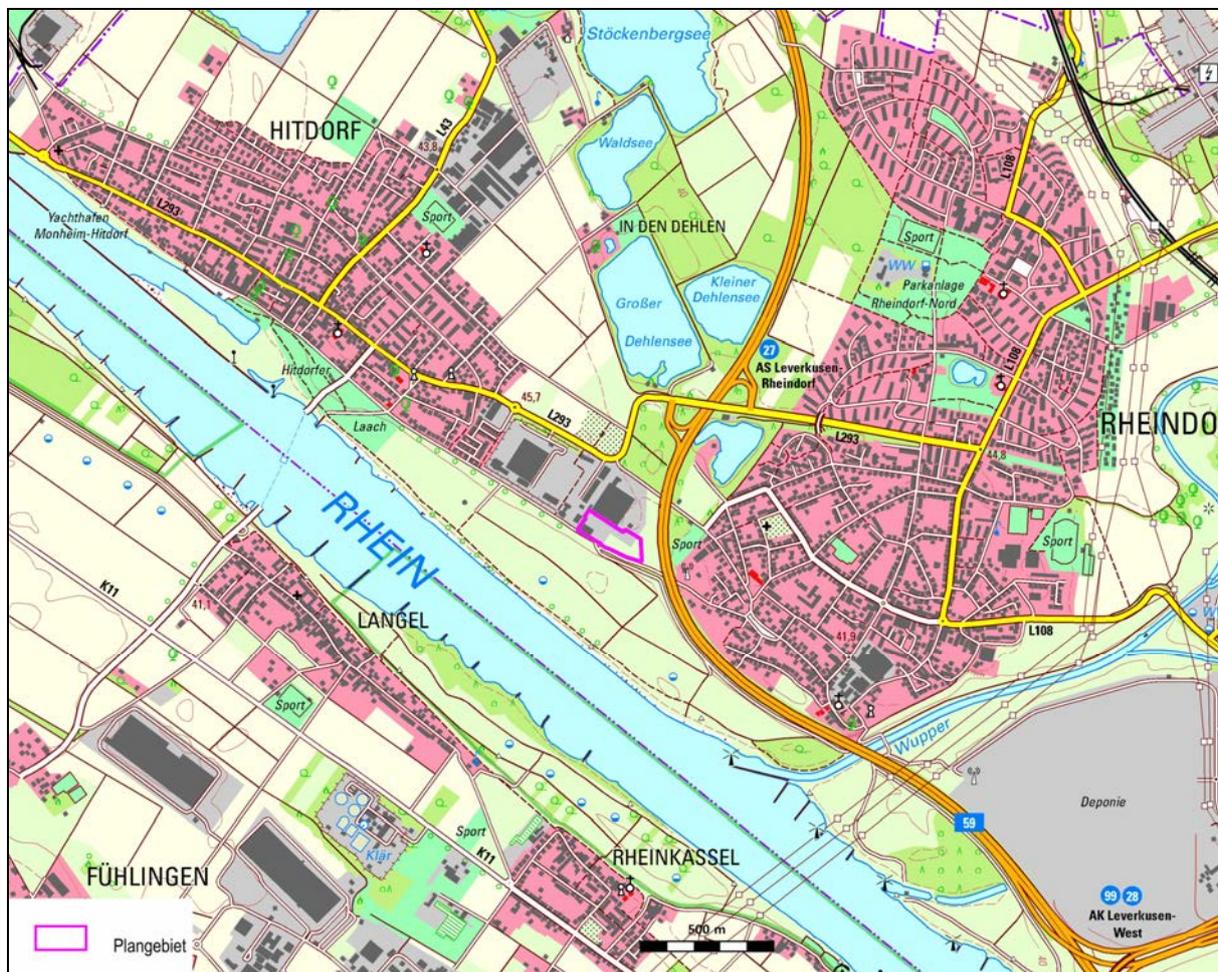
Die Bildung von lokaler Kaltluft in austauscharmen Nächten heißer Tage ist nicht obligatorisch, wenn z. B. die **Böden** des Freilandes **trocken** sind und sich daher ebenso erwärmen können wie versiegelte Flächen oder wenn aufgrund einer geeigneten Wetterlage heiße Luft aus dem **Mittelmeerraum** oder aus **Kontinentaleuropa** heranströmt, die auch nachts die lokale Abkühlung auf den Freiflächen kompensiert.

2 Aufgabenstellung

In dem Gewerbepark Wiesenstraße zwischen Hitdorf und Rheindorf (**Abb. 6 bis Abb. 8**) ist die Ansiedlung von neuen Lager- und Logistikhallen geplant (B-Planvorhaben V34/I) (**Abb. 9**).

Das derzeit überwiegend als Freiland genutzte, 2,2 ha große Areal grenzt an die weitläufigen Freilandflächen in der Aue des 300 m entfernt gelegenen Rheins, der in dieser Region eine bedeutende Ventilationsfunktion für die anliegenden Siedlungen aufweist (WIRTH 2000, DÜTEMEYER 1998, KUTTLER et al. 1998). Hierbei handelt es sich um dem Rheinverlauf folgende, hauptsächlich südöstliche Winde, die sowohl als durch das Rheintal umgelenkte übergeordnete Winde bei allochthoner (austauschreicher) Witterung als auch als regionale bodennahe Kaltluftströme während autochthoner (austauscharmer) Witterung auftreten.

Die neuen Lagerhallen bilden einen zusammenhängenden Gebäudekomplex von insgesamt 200 m Länge, 69 m Breite und 13 m Höhe, der zwischen den bestehenden Hallen und dem Damm der Autobahn A59 errichtet werden soll (**Abb. 9**).



Kartengrundlage: LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), ergänzt.

Abb. 6: Lageplan des Plangebietes.



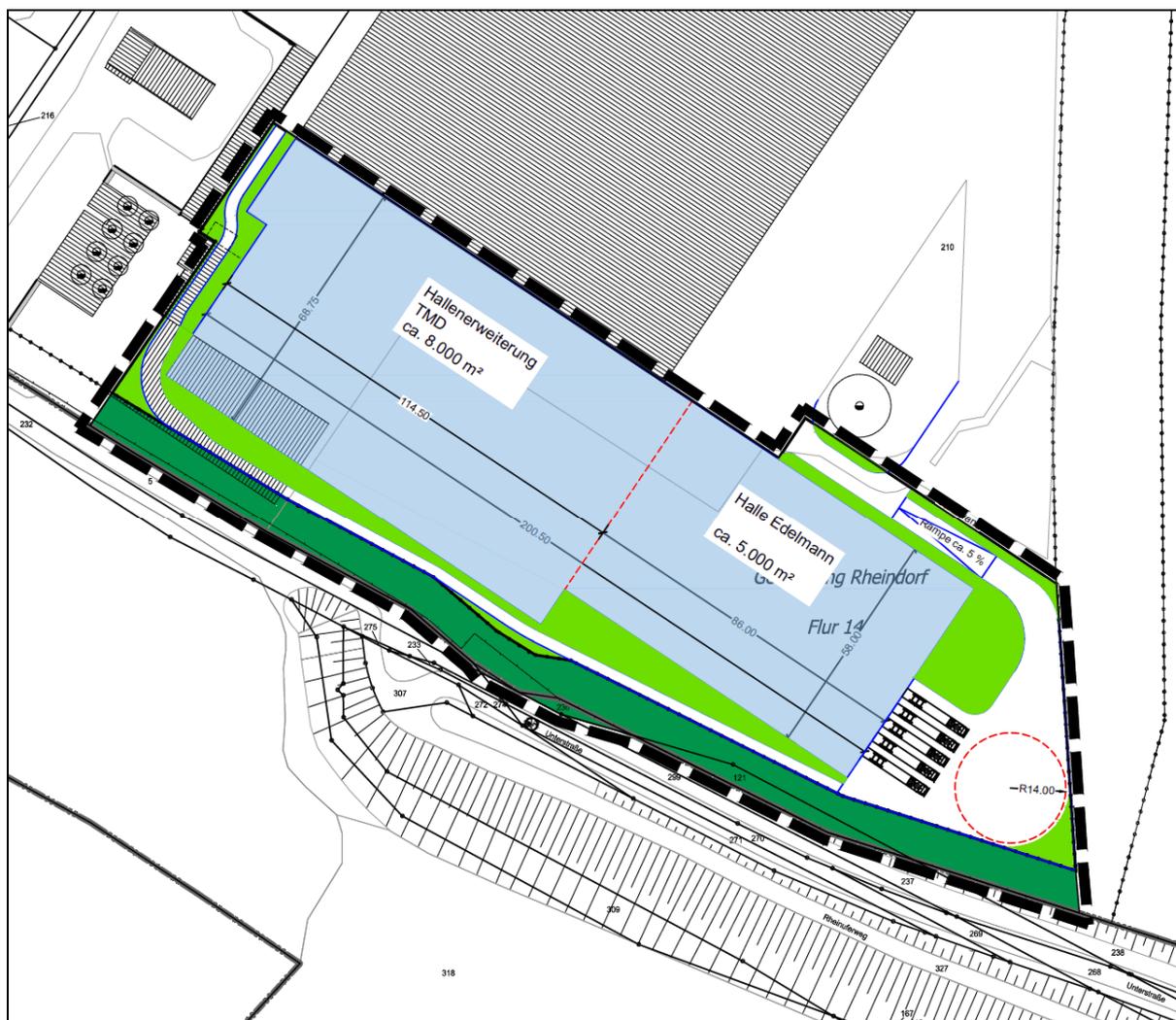
Kartengrundlage: LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), ergänzt.

Abb. 7: Luftbild zum Plangebietsbereich.



Pinkfarbiger Rahmen: Plangebiet. Bildquelle: Google Maps/Google Earth 2020, © Google 2018, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG, © 2009 Google, ergänzt.

Abb. 8: Vogelperspektive zum Plangebietsbereich (Blickrichtung Nordost).



Quelle: Stadt Leverkusen (2018), Fachbereich Stadtplanung: Vorhabenbezogener Bebauungsplan V 34/I „Gewerbefläche Hitdorf-Ost/Wiesenstraße“ - Anlage 5 zur Vorlage Nr. 2018/2132 Stand: Juli 2018,

Abb. 9: Lagekarte des Planentwurfs.

Nach Vorgabe des Umweltamtes der Stadt Leverkusen sind die stadtklimatisch-lufthygienischen Auswirkungen des Vorhabens zu ermitteln und zu bewerten, insbesondere hinsichtlich der Durchlüftungsverhältnisse in Hitdorf und in den nördlich gelegenen Freilandflächen.

3 Methodik

Alle nachfolgend beschriebenen Untersuchungsmethoden werden arbeitsmethodisch nach den Empfehlungen der VDI-Richtlinien-Reihen „Umweltmeteorologie“ (Reihen 3781 – 3790) der „Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss“ (KRdL), Düsseldorf, sowie nach der 39. BImSchV / TA-Luft oder LAI durchgeführt.

Gemäß den behördlichen Anforderungen handelt es sich bei diesem Gutachten um eine fachliche Stellungnahme. Hierbei kommen keine detaillierten quantitativen Methoden zum Einsatz, sondern die Aussagen werden argumentativ-qualitativ erarbeitet. Dabei werden mittels auf Expertenwissen beruhenden Analogieschlussbetrachtungen bzw. Plausibilitätsprü-

fungen für den Untersuchungsraum bereits vorliegende Fachunterlagen ausgewertet und/oder andernorts festgestellte klimatologische Sachverhalte zu vergleichbaren Fragestellungen unter Berücksichtigung lokaler Spezifika auf das hiesige Untersuchungsgebiet übertragen.

Diese Vorgehensweise ist allgemein anerkannt, da die Problematik und Behandlung der vorliegenden Fragestellung ortsunabhängig immer den gleichen Mustern folgt und in der Literatur seit vielen Jahren zahlreich für viele Orte beschrieben ist, sodass die dortigen Aussagen als gesichert gelten. Die Herleitung einer plausiblen Einschätzung des hiesigen Planvorhabens ist somit möglich.

Bei der Auswertung vorhandener oder bereitgestellter Fachunterlagen wurden ausschließlich diejenigen Unterlagen berücksichtigt, deren Aussagen wissenschaftsmethodisch eindeutig dargelegt, plausibel und mit einer nachprüfaren Autoren- bzw. Quellangabe versehen sind. Ergänzend wurden öffentlich zugängliche, kostenfreie Fachinformationsquellen und Literatur ausgewertet, sofern diese wissenschaftlich etabliert sind und sachdienliche Informationen liefern. Die Auswahl der Fachinformationsquellen erfolgte ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Folgende Unterlagen wurden ausgewertet (siehe auch Arbeitsmaterialien im Literaturverzeichnis):

- Planentwurf des hiesigen Vorhabens (STADT LEVERKUSEN 2018).
- Analyse stadtklimatischer Gegebenheiten zur Erstellung einer Klimagütekarte für das Stadtgebiet Leverkusen (WIRTH 2000)
- Klimaanalyse NRW (LANUV NRW 2018)
- Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet Leverkusen 2020 (BEZ.-REG. KÖLN 2020)
- Online-Emissionskataster Luft NRW (LANUV NRW 2020)
- Geodaten des Landes NRW (LAND NRW 2020)
 - Orthofotos
 - Topografische Karten TK25, TK10 und DGK 5
 - Digitales Geländehöhenmodell
 - Digitales Gebäudemodell
- Luftbilder aus Google Earth (GOOGLE 2020)
- Thermalbildkarten Leverkusen1993 (STADT LEVERKUSEN 1993).

ferner

- Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn – Praxishilfe“ (REGION KÖLN/BONN 2019)
- Klimatisch-lufthygienisches Gutachten zum Stadtgebiet Leverkusen, darunter: Stellungnahme zum Sonderbearbeitungsgebiet Nr. 4 Hitdorf-Ost (EMONDS 1987)
- Urban-orographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns (DÜTEMEYER 2000)

Ergänzend wurden einige einfache empirische kartografisch-topografische Analysen zu folgenden Sachverhalten durchgeführt (zu deren Methodik siehe Anhang):

- Abschätzung der Kaltluftproduktion nach WIESNER gemäß VDI-„Kaltlufttrichtlinie“ VDI 3787 Blatt 5
- Abschätzung von Kaltluftschichtdicken und -fließgeschwindigkeiten nach DEFANT und BRIGGS
- Bestimmung von Ventilationsbahnen nach MATZARAKIS und MAYER (vgl. S. 5)
- Abschätzung von Windfeldstörzonen von ausgewählten Gebäuden gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10

4 Ergebnisse

4.1 Thermische Situation

Der Plangebietsbereich ist dem Stadtrand mit seiner aufgelockerten und stark durchgrünten Bebauung sowie den weitläufigen Freiflächen zuzuordnen. Entsprechend sind die thermischen Verhältnisse als **kühl** bis **mild** einzustufen. Die Karten der Oberflächentemperaturen in **Abb. 10** und die Wärmebelastungszonen in **Abb. 11** sind zwar über 20 Jahre alt, haben abgesehen von den zwischenzeitlich auf den Nachbargrundstücken des Plangebietes errichteten beiden Großhallen weiterhin Gültigkeit:

In den Siedlungsbereichen kühlen in Strahlungsnächten die Oberflächen soweit aus, dass nur noch die Asphaltdecken der größeren Straßen eine leichte Erhöhung der **Oberflächentemperaturen** aufweisen. Die Hausgrundstücke mit ihren Gärten jedoch kühlen sich auf das Niveau des benachbarten Freilandes ab. Daher ist auch die räumliche Differenzierung der **Lufttemperaturen** sehr gering. In den Nachttemperaturkarten von WIRTH (2000) variiert die Lufttemperatur zwischen den Flächennutzungen in Hitdorf und dessen Umgebung um weniger als 1 K. Folgerichtig stuft WIRTH (2000) die Siedlungen Hitdorf und Rheindorf als **niedrig** wärmebelastet ein (**Abb. 11**). Gleichzeitig werden die Freiflächen zwischen Hitdorf und den nördlichen Baggerseen als Ausgleichsräume mit mittlerer Wirkung ausgewiesen. Dieses ist zumindest in thermischer Hinsicht insofern kurios, als sich die Siedlung und der Freilandbereich thermisch nicht unterscheiden und daher kein „Ausgleich“ stattfinden sollte.

Die jüngere Klimaanalyse NRW, die auf Flächennutzungskartierungen aus den Jahren 2012 bis 2016 beruht (**Abb. 12**), weist die Randbereiche der Siedlungen Hitdorf und Rheindorf ebenfalls als **schwach** wärmebelastet aus, stuft deren Kernbereiche jedoch etwas höher als **mäßig** wärmebelastet ein.

Zusammenfassend stellen das Plangebiet und die angrenzenden Siedlungen Hitdorf und Rheindorf keine Gebiete mit *hoher* Wärmebelastung dar.

Der geplante neue Hallenkomplex wird daran nichts ändern:

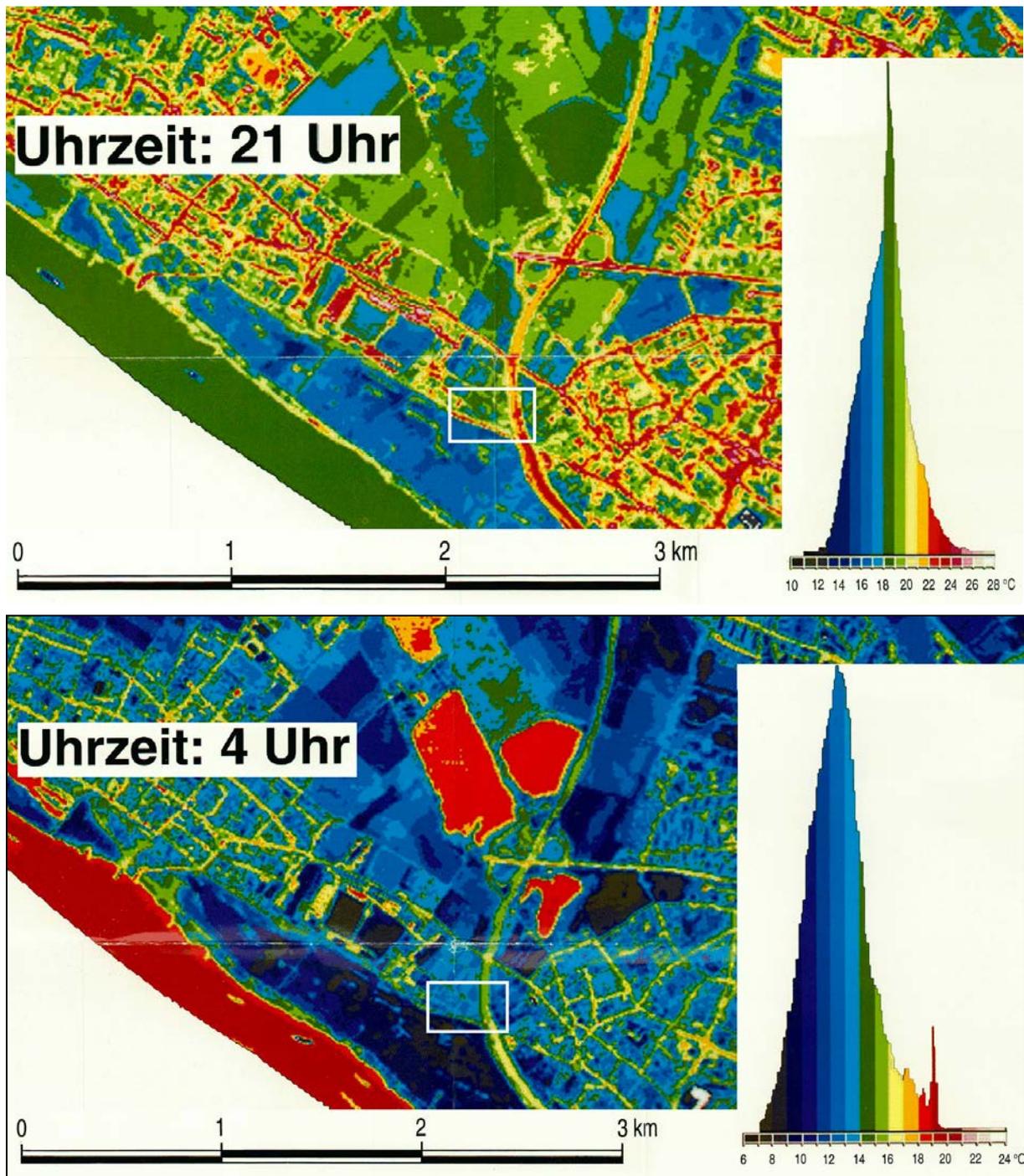
Da Hallenkörper als große Hohlräume **nachts** schnell auskühlen, ist durch den geplanten **neuen Hallenkomplex** nachts **keine** zusätzliche **Erwärmung** der unmittelbaren Umgebung zu erwarten.

Am Tage könnte sich der Hallenkomplex im Falle einer dunklen Fassadenfarbe aufheizen und Wärme in die nächste Umgebung abstrahlen (vgl. S. 2). Durch die Wärmeverteilung mit dem Wind wären die umliegenden **Wohngebiete** allerdings **nicht** betroffen, wie auf S. 19 erläutert wird.

4.2 Austauschverhältnisse / Durchlüftung

Bei den Windverhältnissen sind drei Strömungsregime zu unterscheiden, die in unterschiedlichen räumlichen Maßstäben wirken.

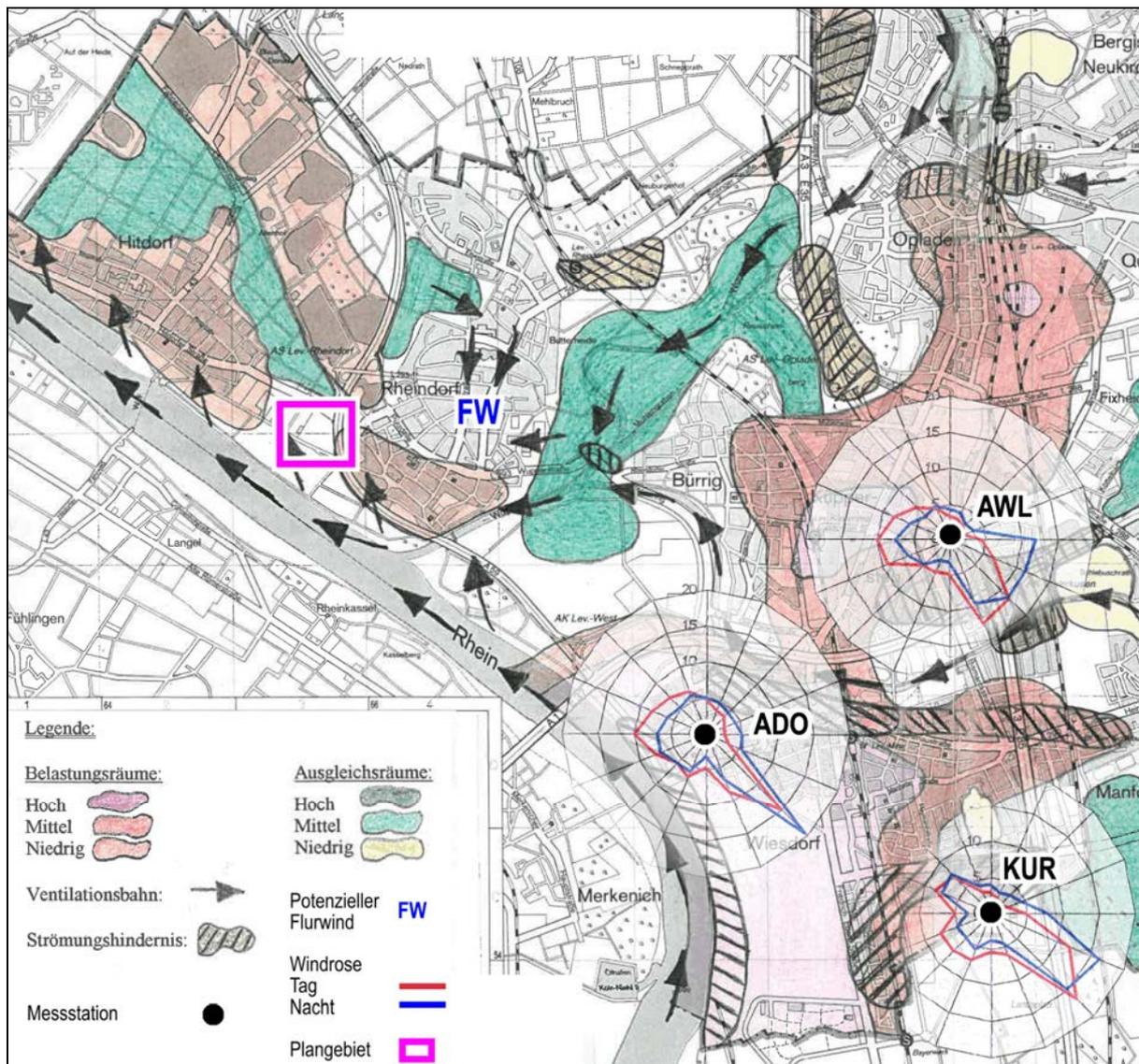
- Bei den üblicherweise vorherrschenden **austauschreichen** (sog. allochthonen) Witterungsbedingungen prägen **überregionale**, bis zu mehrere Kilometer mächtige Windfelder die Durchlüftung. Sie durchdringen mit relativ hohen Windgeschwindigkeiten die bodennahe Atmosphäre und verwischen dabei die relativ schwachen lokalen Klimateffekte durch Durchmischung (d. h. Verdünnung) und schnellen Abtransport. Bei ausgeprägtem Relief sind in Bodennähe Umlenkungen des Windfeldes möglich. Dieses trifft hier auch für die **Kölner Bucht** zu, die zu überwiegend dem Rheintal folgenden, südöstlichen Winden führt (im Gegensatz zum nordwestdeutschen Tiefland mit seinen überwiegend südwestlichen Winden) (DÜTEMAYER 2000).



Weißer Rahmen: Plangebiet. Bildquelle: Stadt Leverkusen (1993), Umweltamt: Thermalbildkarten Leverkusen, Abendsituation und Morgensituation, 1993.

Abb. 10: Strahlungsnächtliche Oberflächentemperaturen im Plangebietsbereich.

- Während sog. **autochthoner**, d. h. wolkenfreier und sonnenreicher sowie austausch- armer, von überregionalen Windfeldern unbeeinflusst, Wetterlagen tritt das **lokale Klima** in Erscheinung. Hierbei bestehen zwischen den unterschiedlichen Flächennut- zungen kleinräumige klimatische Wechselwirkungen, die in **Bodennähe** stattfinden. Die wichtigsten **lokalen** Windsysteme sind **Kaltluftflüsse** sowie in warmen Städten **Flurwinde** (vgl. S. 4). Ihre vertikale Mächtigkeit ist i. d. R. auf maximal einige zehner Meter und Ihre Reichweite auf wenige Kilometer beschränkt.

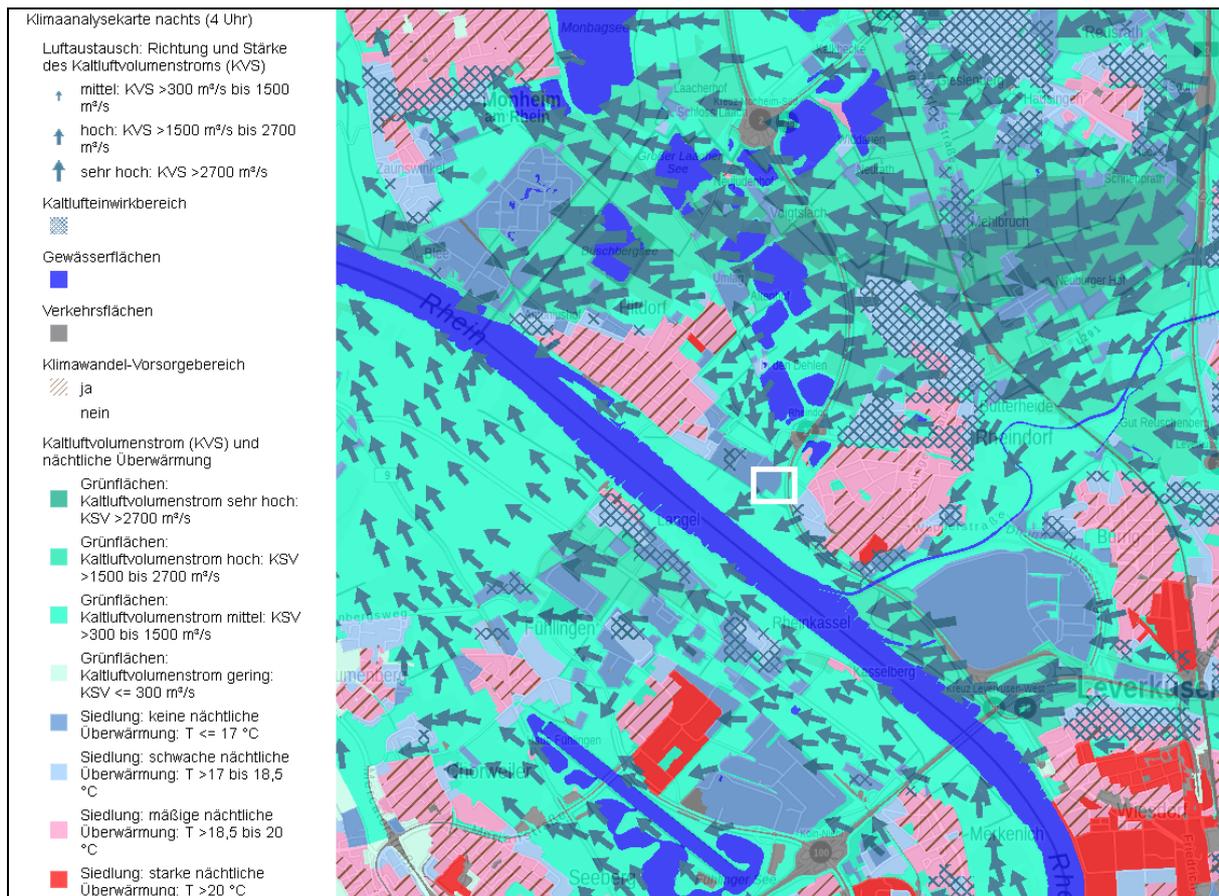


Quelle: Wirth, T (2000).: Analyse stadtklimatischer Gegebenheiten zur Erstellung einer Klimagütekarte für das Stadtgebiet Leverkusen. Diplomarbeit Universität Bonn, Hrsg. Stadt Leverkusen, 2000, verändert und ergänzt.

Abb. 11: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte von Leverkusen (ergänzt).

- Der dritte Durchlüftungsfall tritt ebenfalls während autochthoner Witterungsbedingungen auf, wenn lokale Windsysteme regional vermehrt nebeneinander auftreten und sich gegenseitig verstärken. Sie bilden dann **regionale Windsysteme**. Dieses trifft auch für die Kölner Bucht zu, wo sich die lokalen Kaltluftflüsse von den Hanglagen beiderseits des Rheins zwischen Bonn und Düsseldorf im Rheintal vereinen und als bis zu 120 m mächtiger **Rheintalwind** dem Flusslauf folgend über viele zehner Kilometer grob nach Nordwesten abfließen (vgl. Karte der Kaltluftbahnen in REGION KÖLN/BONN 2019).

Im hiesigen Fall überwiegen bekanntermaßen die regionalen südöstlichen Winde (**Abb. 11**), hervorgerufen durch allochthone Winde oder den autochthonen Rheintalwind (WIRTH 2000, DÜTEMAYER 2000, REGION KÖLN/BONN 2019). Bevor diese Durchlüftungssituation näher untersucht wird, wird zunächst geprüft, ob *lokale* Kaltluftprozesse hier überhaupt eine Relevanz haben.



Weißer Rahmen: Plangebiet. Quelle: FIS Klimaanpassung NRW, Hrsg.: Landesamt f. Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW unter Verwendung von Daten von © GeoBasis-DE/BKG 2016, © Geobasis NRW 2016, Datenlizenz: Deutschland-Namensnennung-Version 2.0, Planet Observer © LANUV 2018.

Abb. 12: Klimamerkmale während der Nachtsituation austauscharmer Strahlungswetterlagen im Umfeld des Plangebietes.

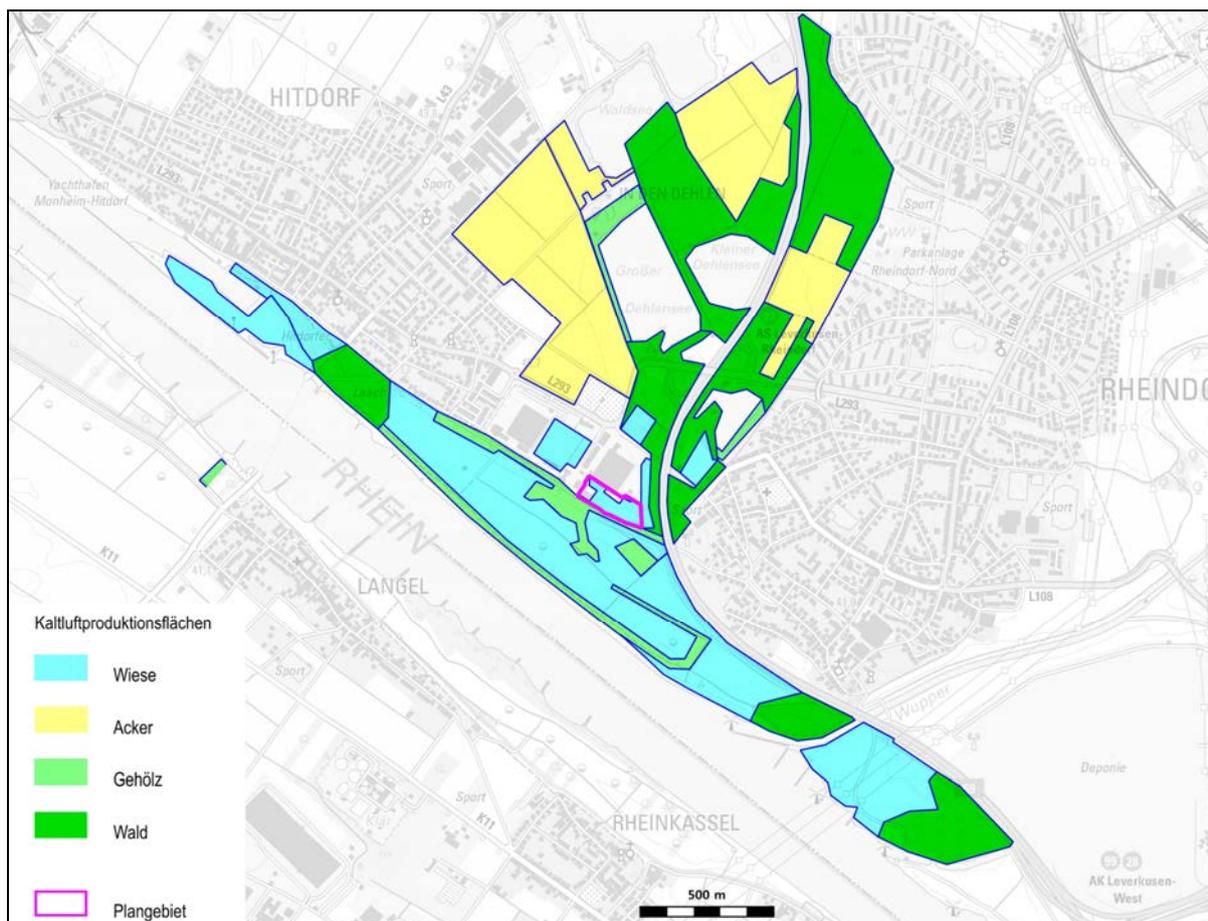
4.2.1 Lokale Kaltluftprozesse

Lokale Kaltluftflüsse erfordern lokale Kaltluftproduktionsflächen, hindernisarme Ventilationsbahnen sowie entweder ein ausgeprägtes Relief für den gravitativen Antrieb oder eine ausgeprägte Wärmeinsel für einen Flurwind.

Die Umgebung des Plangebietes weist prinzipiell weitläufige Freiland- und Waldflächen als Kaltluftproduktionsflächen auf, wobei hier die linksrheinischen Flächen unberücksichtigt bleiben, da dortige potenzielle lokale Kaltluftflüsse nicht den Rhein überqueren können, da sie vorher mit dem Rheintalwind flussabwärts verdriftet werden.

Die **Kaltluftproduktionsflächen** der näheren Umgebung des Plangebietes sind in **Abb. 13** dargestellt. Die Flächen ließen sich prinzipiell beliebig insbesondere nach Norden erweitern. Für die Darstellung des lokalen Bezugs zum Plangebiet ist die hiesige Auswahl jedoch ausreichend. Die Flächen haben zusammen eine Größe von ca. 224 ha und erzeugen in Sommernächten 300 Mio. m³ Kaltluft (**Tab. 1**). Der Anteil der Freiflächen des **Plangebietes** beträgt 1,7 ha bzw. 2,3 Mio. m³ Kaltluft.

Im Falle der **Planrealisierung** beträgt damit der **Verlust** in der Kaltluftproduktion des dargestellten Kaltlufteinzugsgebietes 0,8 % (**Tab. 1**). Gemäß der „Kaltluftrichtlinie“ (VDI 2003) wären die Auswirkungen auf die gesamte Kaltluftproduktion als „**gering**“ zu beurteilen (vgl. **Tab. 2**). Unter der Berücksichtigung der gegenüber der Darstellung wesentlich größeren Kaltlufteinzugsgebiete ist der Anteil des Plangebietes an der Kaltluftproduktion **vernachlässigbar**.



Kartengrundlage: LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), ergänzt.

Abb. 13: Kaltluftproduktionsflächen im Plangebietsbereich.

Tab. 1: Anteil des Plangebietes an der Kaltluftproduktion im rechtsrheinischen Kaltluft-einzugsgebiet, berechnet nach WIESEN (1986).

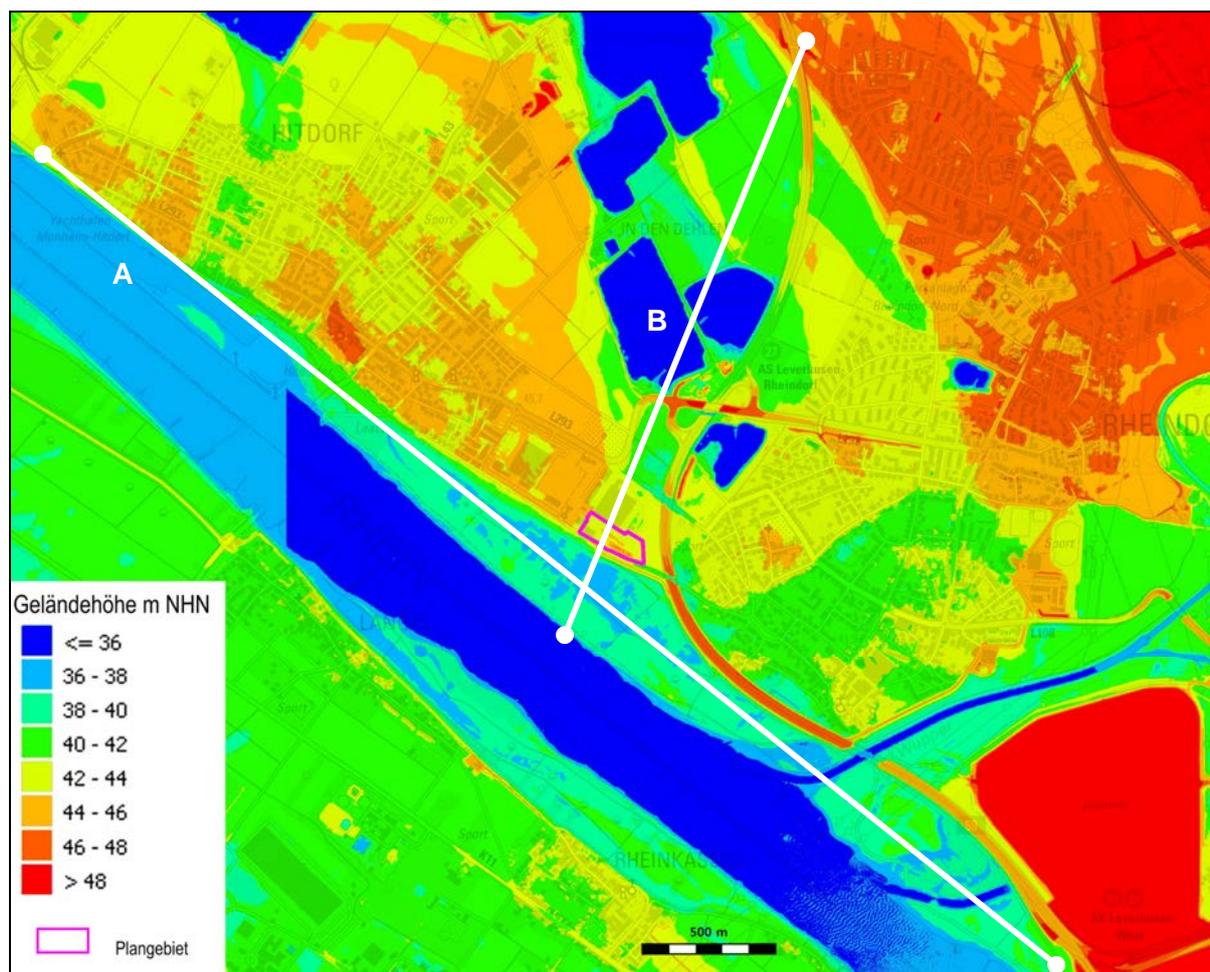
	Ist				Plan	Bilanz	
	Wiese	Ackerland	Wald	Summe	Wiese	Verlust	Verbleib
Fläche							
ha	68,50	61,01	94,30	223,81	1,65	0,7%	99,3%
Stundenvolumen der Teilflächen (Mio. m³)							
Sommer	9,99	8,90	12,69	31,58	0,24	0,8%	99,2%
Jahresmittel	10,87	9,54	14,36	34,78	0,26	0,8%	99,2%
Gesamtnächtliches Volumen der Teilflächen (Mio. m³)							
Sommer	94,89	84,52	120,60	300,00	2,29	0,8%	99,2%
Jahresmittel	162,43	142,23	215,86	520,52	3,92	0,8%	99,2%

Tab. 2: Empfehlungen der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 „Lokale Kaltluft“ (VDI 2003) zur abschätzenden Beurteilung der Auswirkungen der Veränderungen der Kaltluftproduktion.

Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5%	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch

Davon unberührt bleibt das sog. „Salamitaktikproblem“, siehe Planungsempfehlungen auf S. 26.

Bezüglich eines Kaltluftabflusses spielt das lokale Relief eine entscheidende Rolle. Je größer das Geländegefälle und je länger die Fließstrecke sind, desto höher sind vertikale Mächtigkeit und Fließgeschwindigkeit der Kaltluft. In **Abb. 14** sind neben dem Relief zwei potenzielle Kaltluftabflussbahnen A und B dargestellt, für die anhand der Gleichungen von DEFNAT und BRIGGS (s. Anhang. A2) die Kaltluftfließgeschwindigkeiten und die vertikalen Mächtigkeiten des bodennahen fließenden Teils der Kaltluftschicht abgeschätzt wurden (**Tab. 3**).



Weißer Linien: potenzielle Kaltluftabflussbahn. Kartengrundlage: LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), ergänzt.

Abb. 14: Relief im Plangebietsbereich.

Da entlang beider Kaltluftabflussbahnen A und B das Gefälle mit $\leq 0,7\%$ faktisch nicht vorhanden ist, würden trotz der langen Fließstrecken von mehreren Kilometern potenzielle Kaltluftflüsse nur Mächtigkeiten von ca. 3 m sowie Fließgeschwindigkeiten erreichen, die mit $\leq 1,4$ m/s dem **Schwachwindbereich** zuzuordnen wären. Selbst wenn die Strecke B nach Norden bis um Hangfuß den Bergischen Landes bei Reusrath verlängert würde, wären Kaltluftmächtigkeit und -fließgeschwindigkeit mit 5,1 m bzw. 1,6 m/s nur unwesentlich größer (s. Tab. 3, Spalte „B (erweitert)“). Die potenziellen lokalen **Kaltluftflüsse** wären damit **zu schwach** und **zu niedrig**, um Gehölzreihen und Wälder zu überwinden oder in Siedlungskörper mit i. d. R. deutlich höherer **Bebauung** einzudringen. Kartografische Analysen von

REGION KÖLN/BONN e. V. (2019) bestätigen das Fehlen von regionalen Kaltluftzuflüssen aus dem Bergischen Land in den Plangebietsbereich. WIRTH (2000) kommt zu der gleichen Schlussfolgerung, leitet aber stattdessen aus seinen Messungen für Rheindorf einen lokalen **Flurwind** ab, der von Norden in die Siedlung eindringen könnte (vgl. Abb. 11, S. 13). Aufgrund der im obigen Kap. 4.1 beschriebenen thermischen Verhältnisse ist aber davon auszugehen, dass die Überwärmung Rheindorfs für eine Initiierung eines Flurwindes zu schwach ist.

Tab. 3: Theoretische Kaltfluthöhen und -fließgeschwindigkeiten ausgewählter Kaltluftabflussbahnen im Untersuchungsraum (berechnet nach DEFANT (1933) und BRIGGS (1979) gemäß VDI (2003)).

Streckenname ►	A	B	B (erweitert)
Relief			
Höhenunterschied in m	6	16	25
Fließstrecke in m	4.000	2.200,0	4.000
Hangneigung in %	0,2%	0,7%	0,6%
Hangneigung in Grad	0,1	0,4	0,4
Klimatologie			
Kaltluftuntertemperatur (Vorgabe)	-5 K	-5 K	-5 K
Höhe Kaltluft in m	2,0	3,1	5,1
Fließgeschwindigkeit Kaltluft in m/s	0,5	1,4	1,6

Die Klimaanalyse NRW zeigt hingegen für den Plangebietsbereich einen nordöstlichen Kaltluftzufluss (Abb. 12, S. 14). Dieser basiert jedoch auf einer falschen Flächennutzungskartierung, bei der die meisten Gehölz- und Waldflächen als Freiland- oder Parkflächen ausgewiesen sind (s. Abb. 19 in Anhang A4) und so einen ungehinderten bodennahen Kaltluftfluss vortäuschen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Plangebietsbereich **lokale Kaltluftprozesse** aufgrund zu geringer Mächtigkeiten und Fließgeschwindigkeiten **bedeutungslos** sind. Eine quer zum Rhein orientierte **Ventilation** zwischen Rheinufer und den Freilandflächen nordöstlich des Plangebietes findet **nicht** statt.

4.2.2 Primäre Durchlüftungssituation

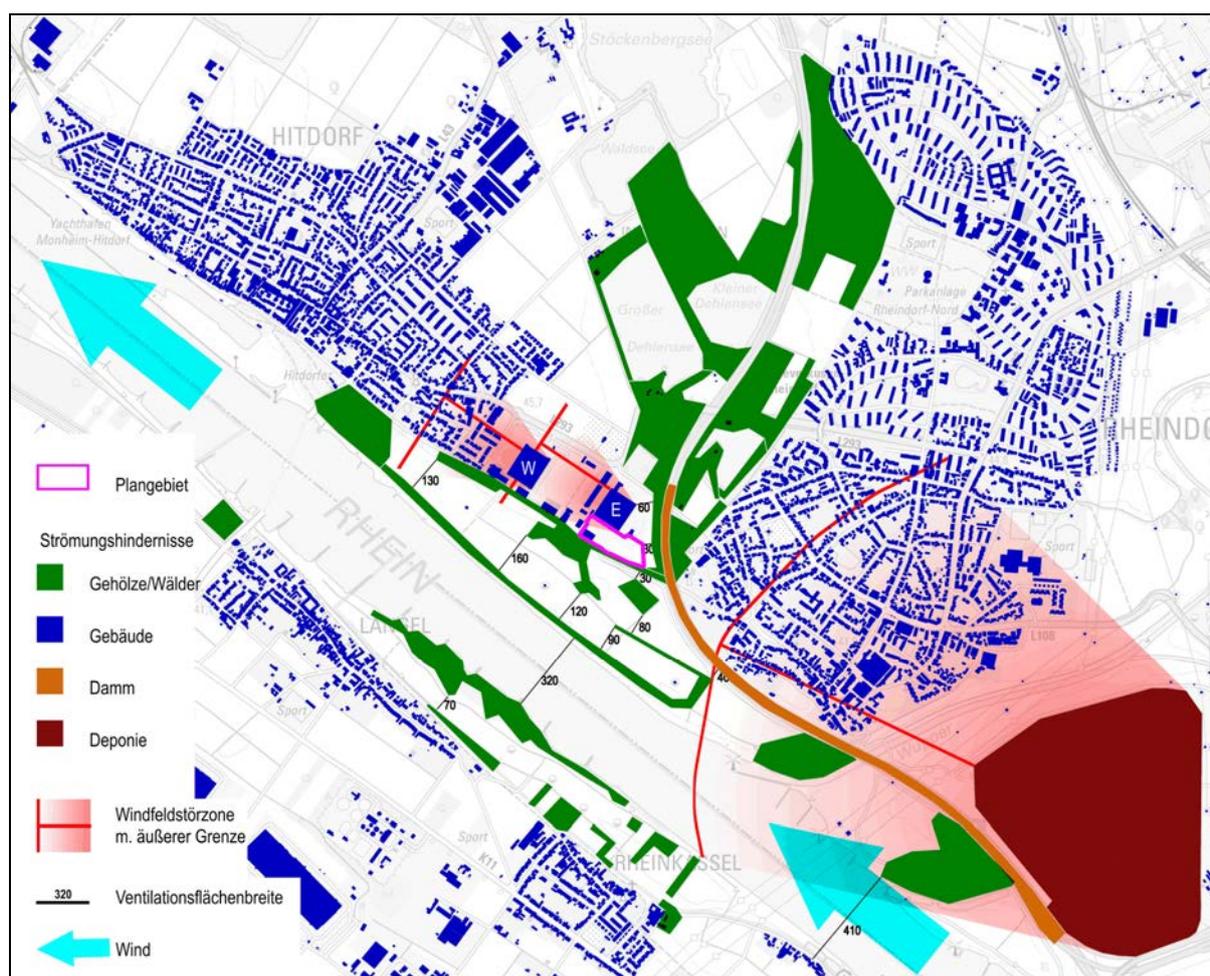
Für die Belüftung des Plangebietsbereichs und der angrenzenden Siedlungen Hitdorf und Rheindorf sind primär die **südöstlichen Winde** verantwortlich, die sowohl während allochthoner Witterung mit überregionalen Winden als auch bei autochthoner Witterung mit dem regionalen Kaltluftstrom des Rheintalwindes auftreten (vgl. Windrosen in Abb. 11, S. 13). Da beide Windsysteme nach DÜTEMEYER (2000) die gleiche Windrichtungsverteilung aufweisen und vertikale Mächtigkeiten erreichen, welche die meisten topografischen Strukturen wie Gebäude und Wälder deutlich überschreiten, spielt die Genese der Winde in der weiteren Betrachtung keine Rolle. Stattdessen ist bei der Ventilation zwischen dem Bodenniveau und den höheren Luftschichten zu unterscheiden.

Die Durchlüftung der **Siedlungen** ist insbesondere im **Bodenniveau** von Bedeutung. In dieser Höhenschicht üben jedoch topografische **Strömungshindernisse** wie Gehölze und Wäl-

der, Gebäude, Dämme und Deponien einen deutlichen Einfluss auf die Ventilation aus. Sie führen im Allgemeinen zu einer deutlichen Reduzierung der Windgeschwindigkeit im Vergleich zu höheren Luftschichten. In Siedlungen, insbesondere in dichter Bebauung, kann es gleichzeitig punktuell im Bereich enger Gebäudelagen und Straßenschluchten zu sporadischen Düseneffekten mit hoher Böigkeit kommen.

Ferner besteht bei Bodenwinden mit sehr hoher vertikaler Mächtigkeit die Möglichkeit, dass diese über sehr dichte Hindernisstrukturen wie Wälder und Blockrandbebauungen hinweg strömen und dabei den Bodenbereich nur noch schwach durchlüften.

Die Verteilung von Strömungshindernissen im Plangebietsbereich zeigt eine ausgeprägte **Gebietskammerung** (Abb. 15), auf die bereits WIRTH (2000) hingewiesen hat.



Kartengrundlage: LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), ergänzt.

Abb. 15: Strömungshindernisse und Ventilationsflächen im Plangebietsbereich.

Während der Rhein eine mindestens 320 m breite und durchgehende **Ventilationsbahn** darstellt, führen die Gebäude der Siedlungen, der Damm der Autobahn A59 sowie die Gehölzstreifen in der Rheinaue und die Wälder östlich des Plangebietes zu einer Unterteilung in **Ventilationskammern** von mehreren zehnern bis zu 160 m Breite, in denen zwar jeweils ein Luftaustausch möglich ist, eine durchgehende, gebietsübergreifende bodennahe Ventilation jedoch verhindert wird. Insbesondere das **Plangebiet** ist eine enge Konstellation aus Strömungshindernissen eingebettet, die aus den bestehenden Gewerbebauten im Westen und

Norden (insbesondere Halle E), dem Autobahndamm mit seinen hohen Gehölzböschungen im Osten, den Gehölzen im Süden und den Waldstücken im Norden besteht. Damit **fehlen** Ventilationsflächen für einen direkten Anschluss des Plangebietes an die Siedlungen Hitdorf und Rheindorf sowie an die nordöstlichen Freiflächen.

Bereits im Ist-Zustand erzeugen die beiden großen Hallen E und W bei vertikalen Windangriffsflächen von 128 x 13 m bzw. 136 x 15 m gemäß VDI 3783 Blatt 10 (2010) (s. Anhang A3) leeseitige **Störzonen** im Windfeld, die bei südöstlicher Anströmung 320 m bzw. 360 m weit bis in den Ostrand der Hitdorfer Siedlung hineinreichen.

Da der **geplante Hallenkomplex** mit einer Höhe von 13 m nicht höher als die vorhandenen Hallen ist und luvseits von diesen liegt, würden bei einer Realisierung die bestehenden Störzonen nicht vergrößert.

Die Gebäudehöhe des zu planenden Hallenkomplexes müsste gemäß Anhang A3 theoretisch mindestens 42 m betragen, um über die bestehenden Störzonen hinaus weiter nach Hitdorf hineinzureichen.

Neben der Hauptwindrichtung Südost treten als zweites Maximum gegenläufige **Nordwestwinde** auf, die laut WIRTH (2000) zu 16 % bis 18 % der Jahresstunden bzw. an durchschnittlich 60 Tagen im Jahr beobachtet werden und Bestandteil eines Berg-Tal-Windsystems mit diurnaler Windrichtungsumkehr sind. Der potenzielle Wirkungsbereich des Plangebietes liegt dann südöstlich von diesem. Die nächstgelegene sensible Flächennutzung ist die ca. 250 m entfernte Wohnsiedlung **Rheindorf**. Dazwischen liegt der Damm der Autobahn A59 mit seinen hohen Seitenböschungen aus Gehölzpflanzungen, die ein Strömungshindernis darstellen (s. vorige Abb. 15 und **Abb. 16**).



Pinkfarbiger Rahmen: Plangebiet. Bildquelle: Google Maps/Google Earth 2020, © Google 2018, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BGK, © 2009 Google, ergänzt.

Abb. 16: Vogelperspektive zum Plangebietsbereich (Blickrichtung Nordwest).

Der Damm mit seinen Gehölzen ist gegenüber dem Plangebiet höher als der geplante **Hallenkomplex (Abb. 17)**, sodass durch diesen das Strömungsfeld leeseits des Damms **nicht** zusätzlich modifiziert wird.



Bildquelle: Tektoplan / ITC Logistic / LCM Immobilien

Abb. 17: Animation des geplanten Hallenkomplexes als Ansicht vom Damm der Autobahn A59 mit Blickrichtung Südwesten.

Die bisher beschriebenen Durchlüftungsverhältnisse bezogen sich auf das unmittelbare Bodenniveau. Da die Winde jedoch hohe vertikale Mächtigkeiten haben, wird der untersuchte Gebietsbereich auch **oberhalb** der Siedlungen und Wälder gut durchlüftet.

In den Wohnbereichen Hitdorfs und Rheindorfs dürfte dabei die aufgelockerte Bebauung ein Durchdringen des Windes bis in den Bodenbereich begünstigen, wenngleich dort die Ventilation durch die Gebäude als Strömungshindernisse reduziert wird.

4.3 Luftqualität

Für das Plangebiet und seine weitere Umgebung sind laut Leverkusener Luftreinhalteplan 2020 (BEZ.-REG. KÖLN 2020) keine Auffälligkeiten bei den **Immissionskonzentrationen** der atmosphärischen Spurenstoffgruppen **Feinstäube** (PM_x) und **Stickoxide** (NO_x) zu verzeichnen. Mit einer Gefahr von Grenzwertüberschreitungen gemäß 39. BImSchV ist daher bei beiden Spurenstoffen nicht zu rechnen.

Bezüglich der **Spurenstoffquellen** liefert das Emissionskataster NRW (LANUV NRW 2020) grobe Informationen auf einem 1-km²-Raster, die nach Emittentengruppen aufgeschlüsselt werden können (**Tab. 4**). Sowohl für Feinstäube als auch Stickoxide spielt die lokale Industrie keine Rolle. Auch der Hausbrand trägt mit < 7,5 % nur wenig zu den Emissionen bei. **Hauptquelle** beider Spurenstoffgruppen ist der **Verkehr**. Während bei den Stickoxiden die Emissionen aus Straßen- und Wasserverkehr mit ca. 14 % bzw. 13% etwa gleich groß sind, dominiert bei den Feinstäuben der Straßenverkehr mit ca. 67 % deutlich über den Schiffsverkehr mit ca. 14 %. Bezogen auf die Gesamtemissionsmengen ist der Anteil des **Schiffsverkehrs** mit 13 % bis 14 % relativ gering.

Tab. 4: Emissionen von Feinstaub (PM10) und Stickoxiden (NOx) nach ausgewählten Emittentengruppen im Umkreis von 1 km² des Plangebietes.

Emittentengruppen	PM10		NOx	
	kg/km ²	Prozent	t/km ²	Prozent
Alle	550	100,0%	27	100,0%
Industrie	0	0,0%	0	0,0%
Hausbrand	41	7,5%	0,8	3,0%
Verkehr Straße	370	67,3%	3,9	14,4%
Verkehr Wasser	76	13,8%	3,5	13,0%
Sonstige	63	11,5%	19	69,6%

Schätzwerte anhand der unteren Grenzen der im Emissionskataster für die jeweiligen Emittentengruppen angegebenen nichtlinearen Klasseneinteilungen der Emissionsmengen. Datenquelle: LANUV NRW (2012); Online-Emissionskataster Luft NRW 2012. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.

Obwohl bei den lokalen Immissionen keine Grenzwertprobleme zu erkennen sind, zeigt das Emissionskataster das Vorkommen von markanten Spurenstoffquellen in der weiteren Umgebung des Plangebietes. Insbesondere die nur 4 Kilometer flussaufwärts gelegenen Industriegebiete von Ford und Bayer sowie der 5 km nördlich gelegene Chemiapark Dormagen zeigen jährliche Emissionen von > 1.400 kg/km² Feinstaub und deutlich > 27 t/km² Stickoxiden. Da die Spurenstoffe entlang des Rheins Richtung Plangebiet transportiert werden, ist dort zwar die Ventilation gewährleistet, jedoch handelt es sich bei der advehierten Luft um **keine Frischluft**¹, wie auch von WIRTH (2000) vermutet wird.

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Thermische Situation

Das Plangebiet und die angrenzenden Siedlungen Hitdorf und Rheindorf stellen keine Gebiete mit hoher Wärmebelastung dar. Durch den geplanten neuen Hallenkomplex ist nachts aufgrund der schnellen Auskühlung keine zusätzliche Erwärmung der unmittelbaren Umgebung zu erwarten. Am Tage könnte sich der Hallenkomplex im Falle einer dunklen Fassadenfarbe aufheizen und Wärme in die nächste Umgebung abstrahlen. Durch die Wärmeverteilung mit dem Wind wären die umliegenden Wohngebiete aufgrund der eingeschränkten Ventilation allerdings nicht betroffen.

Lokale Kaltluftprozesse

Der Anteil des Plangebietes an der lokalen Kaltluftproduktion beträgt ≤ 0,8 % und ist damit nach der VDI-Kaltluftrichtlinie vernachlässigbar. Potenzielle lokale Kaltluftflüsse sind aufgrund zu geringer Mächtigkeiten und Fließgeschwindigkeiten bedeutungslos. Eine quer zum Rhein orientierte Ventilation zwischen Rheinufer und den Freilandflächen nordöstlich des Plangebietes ist nicht feststellbar.

¹ Der Begriff *Frischluft* ist weder in den Immissionsschutzgesetzen oder -verordnungen noch in der VDI-Richtlinienreihe Umweltmeteorologie eindeutig definiert, meint i. e. S. aber Luft mit keinen oder nur *wenigen* Emissionen (z. B. aus sog. *Reinluftgebieten*), siehe z. B. MW-BW (2012), VDI 3785 / 1 (2014), VDI 3787 / 1 (2015) oder VDI 3787 / 5 (2003).

Primäre Durchlüftungssituation

Primäre Windrichtungen sind Südost und Nordwest. Die durch Strömungshindernisse bedingte Gebietskammerung verhindert eine weitläufige bodennahe Durchlüftung. Da der geplante Hallenkomplex mit einer Höhe von 13 m nicht höher als die unmittelbar umliegenden Strömungshindernisse ist, würden bei einer Realisierung die bestehenden Ventilationsstörzonen nicht vergrößert, sodass der neue Hallenkomplex diesbezüglich ohne Wirkung ist.

Unabhängig von den Bodenwindverhältnissen findet die Ventilation auch oberhalb der Hindernisschicht statt, sodass zumindest in den aufgelockerten Bebauungen Hitdorfs und Rheindorfs ein Durchgreifen des oberen Windes bis zum Bodenbereich stattfinden dürfte.

Lufthygiene

Hauptquellen der Spurenstoffe Feinstäube und Stickoxide im Plangebietsbereich sind vor allem der Straßenverkehr, während der Anteil des Schiffverkehrs und des Hausbrandes relativ gering sind. Grenzwertüberschreitungen bei Feinstäuben und Stickoxiden wurden nicht festgestellt, wenngleich die Luft aufgrund des Einflusses der in der weiteren Umgebung liegenden Großindustrien in Köln, Leverkusen und Dormagen nicht als Frischluft eingestuft werden kann.

Gesamtbewertung

Aufgrund fehlender Antriebe für lokale Kaltlufttransporte und aufgrund der durch Strömungshindernisse verursachten Gebietskammerung erfüllt das Plangebiet unabhängig von den verschiedenen Windsystemen bereits im Ist-Zustand keine für die benachbarten Siedlungen Hitdorf oder Rheindorf relevante Ventilationsfunktion.

Der geplante Hallenkomplex wird, da er sich nahtlos der bestehenden Hindernisstruktur unterordnet, keine Auswirkungen auf die Durchlüftung haben, zumal keine nachteiligen thermischen Wirkungen auf die Wohngebiete Hitdorfs oder Rheindorf aufgrund der Distanzen zu erwarten sind.

Das Planvorhaben wird daher klimatologisch-lufthygienisch als umweltverträglich eingestuft.

5 Planungsempfehlungen

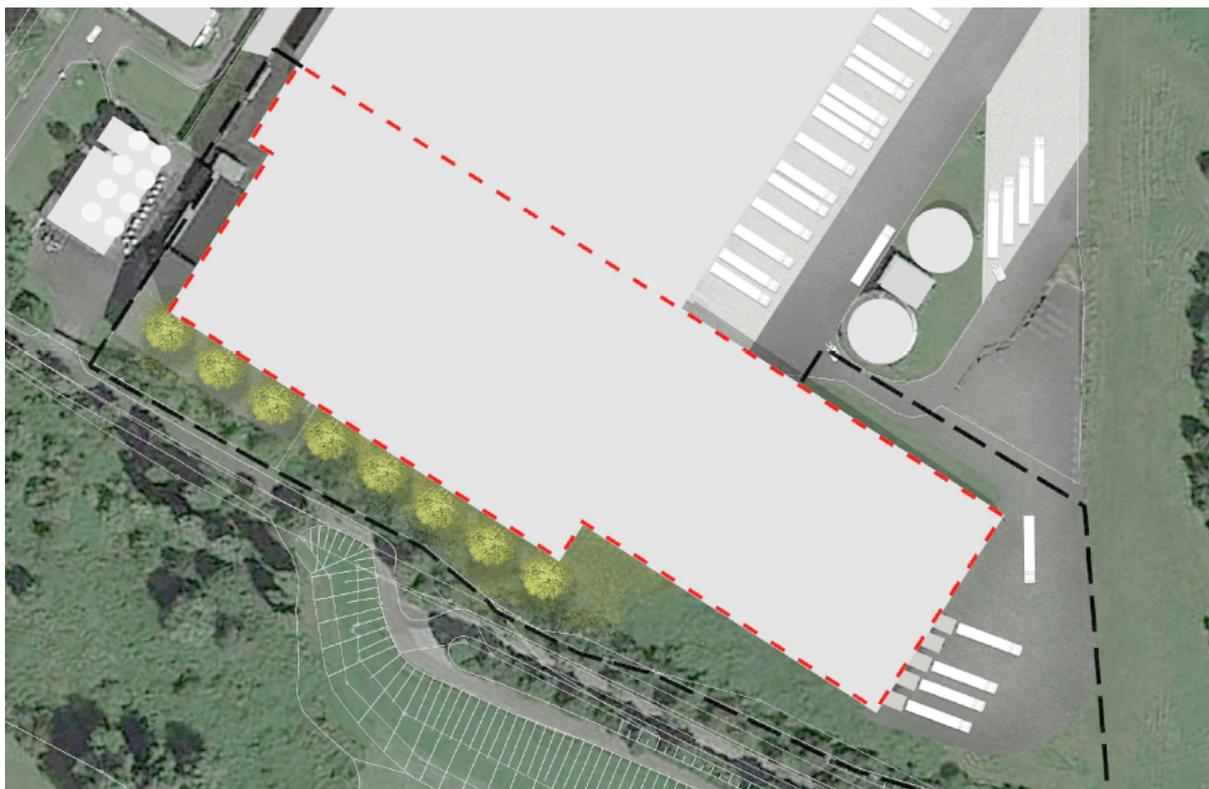
Hinsichtlich einer **Durchlüftungsverbesserung** sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich, da der geplante Hallenkomplex aufgrund bestehender Strömungshindernisse keine zusätzlichen negativen Auswirkungen auf die Durchlüftung hat.

Im unmittelbaren Umfeld des geplanten Hallenkomplexes wäre eine **lokale Hitzeprävention** durch geeignete Fassadenfarben oder Fassadenverschattungen zu prüfen. Der vorliegende Gestaltungsentwurf in **Abb. 18** zeigt für die sonnenexponierte Südwestfassade bereits eine teilweise Verschattung durch Bäume.

Auch für den restlichen Teil der Fassade sind Bäume oder Fassadenbegrünungen zu favorisieren.

Die Auswahl von Bäumen, die an das zukünftige Klima angepasst sind, ist derzeit noch Forschungsgegenstand. Für Mitteleuropa sollten die Bäume die Merkmale

- Hitzetoleranz
- Trockenheitstoleranz
- geringes Ozonbildungspotenzial
- Frosttoleranz
- Streusalztoleranz und
- Mechanische Toleranz (Versiegelung)



Quelle: Stadt Leverkusen (2018), Fachbereich Stadtplanung: Vorhabenbezogener Bebauungsplan V 34/I „Gewerbefläche Hitdorf-Ost/Wiesenstraße“ – Anlage 5 zur Vorlage Nr. 2018/2132 Stand: Juli 2018,

Abb. 18: Ausgestaltung des Planentwurfs.

aufweisen. Dabei beschreibt das Ozonbildungspotenzial die bei hohen Lufttemperaturen durch die Bäume erfolgende Freisetzung von biogenen Kohlenwasserstoffen, welche die Ozonbildung begünstigen (insbesondere das hochreaktive Isopren, aber auch Terpene und Limonen). Aus diesem Grund sollten möglichst Pflanzen Verwendung finden, die zu den so genannten „Low-Emitter-Pflanzen“ zählen (KUTTLER 2011). Dabei handelt es sich um Pflanzen, deren Isoprenemission unter Hitzestress nicht mehr als $2 \mu\text{g}$ pro g Trockensubstanz pro Stunde beträgt.

Die **Tab. 5** enthält ausgewählte **Bäume** aus allen Teilen der Welt, die sowohl durch Winterhärte und ein geringes Ozonbildungspotenzial charakterisiert werden als auch optimale Toleranzen gegenüber Trockenheit bei eingeschränkter Wasserversorgung aufweisen. Die Tabelle berücksichtigt in Spalte F18 Empfehlungen einer jüngeren Langzeitstudie aus Bayern mit besonders geeigneten Bäumen für universelle Stadtstandorte, die u. a. die erforderliche Frost- und Trockenstresstoleranz aufweisen (LWG 2018).

Auch über die **Fassadenfarbe** kann das lokale Klima beeinflusst werden, wobei zu dunkle als auch zu helle Farben aus klimatischer Sicht Nachteile haben. Eine **dunkle Fassade** weist eine niedrige Albedo und damit einen geringeren Reflexionsgrad bzw. hohen Absorptionsgrad für die kurzweilige Sonnenstrahlung auf (HUPFER und KUTTLER 2006). Dadurch würde sich das Mauerwerk stärker aufheizen und die Energie als Wärmestrahlung sowohl in den Halleninnenraum als auch an den Außenbereich abgeben. In der unmittelbaren Umgebung kommt es zur Erhöhung der Lufttemperatur. Die erwärmte Luft wird anschließend mit dem Wind als Warmluftblase in die Umgebung transportiert, wobei sie sich allerdings nach kurzer Entfernung wieder auf das Temperaturniveau des Umfeldes abgekühlt hat.

Tab. 5: Rangliste klimawandelangepasster Baumarten (eigene Sortierung).

Nach MUNLV (2010) und KUTTLER (2011) mit Daten von ROLOFF et al. (2008), BENJAMIN & WINER (1998) und LWG (2018).

Rang: gebildet aus der Summe folgender Indikatoren: **H** = heimische Arten, **Og** = Geringes Ozonbildungspotenzial, **T** = Trockenheitstoleranz, **W** = Winterhärte, **F18**= Rangklasse geeigneter Arten aus Feldversuch 2018 (LWG 2018)

Bewertung: +++, ++ = sehr geeignet, + = geeignet, -- = ungeeignet, / = keine Angaben

Rang	Wiss. Name	Populärer Name	H	Og	T	W	F18
1	<i>Acer campestre</i>	Feld-Ahorn	X	++	++	++	
	<i>Carpinus betulus</i>	Gewöhnliche Hainbuche	X	++	+	++	+
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Grün-Esche, Rot-Esche		++	+	++	++
	<i>Juniperus communis</i>	Gewöhnlicher Wacholder	X	++	++	++	
	<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche	X	++	++	++	
2	<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn		++	++	++	
	<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	X	++	+	++	
	<i>Alnus x spaethii</i>	Spaeths Erle		/	+	++	+++
	<i>Betula pendula</i>	Sand-Birke	X	++	+	++	
	<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer	X	+	++	++	
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gemeine Robinie		++	++	++	
	<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum		+	++	+	++
	<i>Sorbus aria</i>	Echte Mehlbeere	X	+	++	++	
	<i>Sorbus badensis</i>	Badische Eberesche	X	+	++	++	
	<i>Sorbus x thuringiaca</i>	Thüringer Mehlbeere	X	+	++	++	
	<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	X	++	+	++	
<i>Ulmus pumila</i>	Sibirische Ulme		++	++	++		
3	<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle	X	/	++	++	
	<i>Carya tomentosa</i>	Spottnuss		++	++	+	
	<i>Cupressus arizonica</i>	Arizona-Zypresse		++	++	+	
	<i>Fraxinus excelsior</i>	Gemeine Esche	X	++	+	+	
	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo, Fächerbaum		++	++	+	
	<i>Malus tschonoskii</i>	Woll-Apfel		++	+	++	
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gemeine Hopfenbuche		/	++	++	+
	<i>Pinus nigra</i>	Schwarz-Kiefer		+	++	++	
	<i>Pyrus communis</i>	Kultur-Birne	X	++	+	+	
	<i>Sorbus domestica</i>	Speierling	X	+	++	+	
	<i>Sorbus intermedia</i>	Schwedische Mehlbeere	X	+	+	++	
	<i>Sorbus latifolia</i>	Breitblättrige Mehlbeere	X	+	++	+	
	<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	X	+	++	+	
	<i>Tilia mandshurica</i>	Mandschurische Linde		+	++	++	
	<i>Tilia tomentosa</i>	Silber-Linde		+	++	+	+
	4	<i>Acer opalus</i>	Schneeballblättriger Ahorn	X	/	++	+
<i>Acer x zoeschense</i>		Zoeschener Ahorn		/	++	++	
<i>Carya ovata</i>		Schuppenrinden-Hickory		++	+	+	
<i>Cladrastis sinensis</i>		Chinesisches Gelbholz		/	++	++	
<i>Cupressocyparis leylandii</i>		Leylandzypresse		++	+	+	
<i>Fraxinus pallisiae</i>		Behaarte Esche		/	++	++	
<i>Gleditsia triacanthos</i>		Amerikanische Gleditschie		/	++	+	+
<i>Juniperus scopulorum</i>		Westliche Rotzeder		/	++	++	
<i>Juniperus virginiana</i>		Rotzeder		/	++	++	
<i>Phellodendron sachalinense</i>		Sachalin-Korkbaum		/	++	++	
<i>Picea omorika</i>		Serbische Fichte		+	+	++	
<i>Pinus heldreichii</i>		Panzer-Kiefer		/	++	++	
<i>Pinus ponderosa</i>		Gelb-Kiefer		+	++	+	
<i>Populus alba</i>		Silber-Pappel	X	--	++	+	
<i>Populus tremula</i>		Zitter-Pappel	X	--	+	++	

Rang	Wiss. Name	Populärer Name	H	Og	T	W	F18
	<i>Quercus bicolor</i>	Zweifarbige Eiche		/	++	++	
	<i>Quercus cerris</i>	Zerr-Eiche	x	+	++	+	+
	<i>Quercus frainetto</i>	Ungarische Eiche		/	++	+	+
	<i>Quercus macrocarpa</i>	Klettenfrüchtige Eiche		/	++	++	
	<i>Quercus pubescens</i>	Flaum-Eiche	x	/	++	+	
	<i>Robinia viscosa</i>	Klebrige Robinie		/	++	++	
	<i>Tilia x euchlora</i>	Krim-Linde		+	+	++	
	<i>Ulmus parvifolia</i>	Japanische Ulme		++	+	+	
	<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkove		++	+	+	
5	<i>Acer buergerianum</i>	Dreispitziger Ahorn		/	+	++	
	<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn		++	++	+	
	<i>Aesculus x carnea</i>	Rotblühende Kastanie		/	+	++	
	<i>Ailanthus altissima</i>	Drüsiger Götterbaum		/	++	+	
	<i>Castanea sativa</i>	Essbare Kastanie		+	+	+	
	<i>Catalpa speciosa</i>	Prächtiger Trompetenbaum		/	++	+	
	<i>Cedrus brevifolia</i>	Zypern-Zeder		/	++	+	
	<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder		/	++	+	
	<i>Celtis caucasica</i>	Kaukasischer Zürgelbaum		/	++	+	
	<i>Celtis occidentalis</i>	Amerikanischer Zürgelbaum		/	++	+	
	<i>Diospyros lotus</i>	Lotuspflaume		/	++	+	
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche		/	++	+	
	<i>Fraxinus quadrangulata</i>	Blau-Esche		/	++	+	
	<i>Gleditsia japonica</i>	Japanische Gleditschie		/	++	+	
	<i>Maackia amurensis</i>	Asiatisches Gelbholz		/	++	+	
	<i>Ostrya virginiana</i>	Virginische Hopfenbuche		/	++	+	
	<i>Pinus bungeana</i>	Bunges Kiefer		/	++	+	
	<i>Pinus rigida</i>	Pech-Kiefer		/	++	+	
	<i>Platanus x hispanica</i>	Ahornblättrige Platane		--	++	+	
	<i>Populus x berolinensis</i>	Berliner Pappel		--	+	++	
	<i>Quercus coccinea</i>	Scharlach-Eiche		--	++	+	
	<i>Quercus macranthera</i>	Persische Eiche		/	++	+	
	<i>Quercus montana</i>	Kastanien-Eiche		/	++	+	
	<i>Quercus muehlenbergii</i>	Gelb-Eiche		/	++	+	
	<i>Quercus robur ssp. Sessiliflora</i>	Trauben-Eiche	x	--	+	+	
	<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche		+	+	+	
	<i>Thuja orientalis</i>	Morgenländischer Lebensbaum		/	++	+	
	<i>Ulmus Lobel</i>	Ulme		/	/	/	+++
6	<i>Alnus cordata</i>	Herzblättrige Erle		/	+	+	
	<i>Celtis bungeana</i>	Bungens Zürgelbaum		/	+	+	
	<i>Corylus colurna</i>	Baum-Hasel		/	+	+	
	<i>Diospyros virginiana</i>	Persimone		/	+	+	
	<i>Eucommia ulmoides</i>	Guttaperchabaum		/	+	+	
	<i>Fraxinus ornus</i>	Blumenesche		/	/	/	++
	<i>Gymnocladus dioica</i>	Amerikanischer Geweihbaum		/	+	+	
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amberbaum		/	/	/	++
	<i>Nyssa sylvatica</i>	Wald-Tupelobaum		/	+	+	
	<i>Phellodendron amurense</i>	Amur-Korkbaum		/	+	+	
	<i>Pinus peuce</i>	Rumelische Kiefer		/	+	+	
	<i>Platanus occidentalis</i>	Amerikanische Platane		--	+	+	
	<i>Pyrus pyraister</i>	Wild-Birne	x	++	+	+	
	<i>Quercus imbricaria</i>	Schindel-Eiche		/	+	+	
	<i>Quercus palustris</i>	Sumpf-Eiche		/	+	+	
7	<i>Magnolia kobus</i>	Kobushi-Magnolie		/	/	/	+
	<i>Parrotia persica</i>	Eisenholzbaum		/	/	/	+

Eine **helle Fassade** hingegen weist eine hohe Albedo und damit einen hohen Reflexionsgrad bzw. geringen Absorptionsgrad für die kurzwellige Sonnenstrahlung auf. Auf diese Weise wird zwar die Halle vor Aufheizung geschützt, allerdings führt die in die Umgebung zurück reflektierte Sonnenstrahlung zur Erhöhung der Wärmebelastung im Außenbereich. Gerade in Anbetracht der Flächengröße der SW-Fassade von mehreren tausend Quadratmetern wäre dieser Effekt deutlich ausgeprägt.

Um die Nachteile sowohl von zu dunklen als auch zu hellen Fassaden zu minimieren, sollte eine Fassadenfarbe mit mittlerer Albedo gewählt werden, beispielsweise eine **mittlerer Grauton** oder **pastellartige bzw. helle Farbtöne** (Orange, türkis, grün, etc.). Derartige Farben stellen einen Kompromiss zwischen Reflexionsminderung und Aufheizungs- bzw. Wärmeabstrahlungstendenz dar.

Gegebenenfalls wäre auch die Anbringung einer **Dachbegrünung** zu prüfen. Sie reduziert eine Aufheizung der Halle, dient als Biotop für Insekten und Vögel und ermöglicht die Pufferung von Starkregenabflüssen. Die Maßnahme könnte ggf. finanziell förderfähig sein, da manche Kommunen die Dachbegrünung als Bestandteil einer Ausgleichsmaßnahme anerkennen oder als Vergünstigung bei den Abwassergebühren berücksichtigen.

Schließlich ist im Hinblick auf eventuelle **zukünftige** weitere **Erweiterungen** dieses Vorhabens oder andere baulicher **Planvorhaben** in der näheren Umgebung auf das sog. Problem der **Salamitaktik** für Freilandklimatopie hinzuweisen: Sofern Freilandflächen mit nachweisbarer Wohlfahrtswirkung so groß sind (vgl. S. 5), dass ein dort geplantes einzelnes, kleines Vorhaben zu tatsächlich vernachlässigbaren Auswirkungen führen würde, wäre eine Genehmigung aus klimatologischer Sicht zulässig, wie das hiesige Vorhaben zeigt. Sollten zukünftig jedoch in der unmittelbaren Umgebung immer wieder **weitere** kleine **Einzelflächen** auf dem Freiland bebaut werden, gelangt man schließlich zu dem Punkt, an dem die **Wohlfahrtswirkung** der verbleibenden Freilandflächen insgesamt **nicht mehr gewährleistet** ist.

Um das zu verhindern, bedarf es eines sachlichen Dialoges zwischen der Stadtplanung und dem Klimaschutz sowie eines lokalen politischen Prozesses, um die Relevanz der Salamitaktik anhand zu definierender zukünftiger **Höchstgrenzen des Freiflächenverbrauchs** für die Gesamtstadt quantitativ zu ermessen und erst damit die **Bedeutung einzelner Bauvorhaben** – insbesondere auch in Relation zu zukünftigen, an anderen Stellen geplanten, Eingriffen in Freiflächen – zu bewerten und abzuwägen. Im Planungsalltag stellt dieses die größte Herausforderung dar, weil i. d. R. immer nur einzelne Bauvorhaben untersucht und bewertet werden (und oftmals für sich allein genommen als sachlich unbedenklich eingestuft werden können, wie das hiesige Vorhaben zeigt.), ohne dass die Kommune die Mindestflächengröße aller seiner Freiflächen zur Aufrechterhaltung der klimatischen Ausgleichsfunktion für die belasteten Siedlungsbereiche kennt.

6 Arbeitsmaterialien und Literatur

6.1 Arbeitsmaterialien

- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN (2020): Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet Leverkusen. Köln, 2020.
- EMONDS, H.: „Klimatisch-lufthygienisches Gutachten zum Stadtgebiet Leverkusen“, darunter: Stellungnahme zum Sonderbearbeitungsgebiet Nr. 4 Hitdorf-Ost, RWTH Aachen, Hrsg. Stadt Leverkusen, 1987
- GOOGLE (2020) Luftbilder Google Maps/Google Earth 2019, © Google 2019, Kartendaten © 2019 GeoBasis-DE/BGK, © 2009 Google.
- LAND NRW (2020): Geobasis NRW, GeoBasis-DE/BKG 2015, EuroGeographics. Datenlizenz dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0) – Kartendienste des GeoServer NRW. <http://www.geoserver.nrw.de/kartendienste.html>.
- LAND NRW (2020): GEObasis.nrw Digitale Orthophotos WMS NW DOP20 https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dop?. Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0).
- LAND NRW (2020): GEObasis.nrw Digitales Gebäudemodell WMS NW ALKIS https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_alkis?. Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0).
- LAND NRW (2020): GEObasis.nrw Digitales Geländehöhenmodell. Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0).
- LAND NRW (2020): GEObasis.nrw Topografische Karte 1:10.000 WMS NW DGK10 https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dtk?. Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0).
- LANUV NRW (2018): FIS Klimaanpassung NRW, Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW unter Verwendung von Daten von © GeoBasis-DE/BKG 2016, © Geobasis NRW 2016 (Datenlizenz Deutschland - Namensnennung-Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)), Planet Observer © LANUV 2018. www.klimaanpassung.nrw.de [= Onlinekarten zu LANUV NRW (2018): Klimaanalyse NRW].
- LANUV NRW (2018): Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen = LANUV-Fachbericht 86. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 98 S.
- LANUV NRW (2020): Online-Emissionskataster Luft NRW. <http://www.ekl.nrw.de/ekat/>.
- REGION KÖLN/BONN e.V. (2019): „Klimawandelvorsorgestrategie für die Region Köln/Bonn – Praxishilfe“, Köln, 2019.
- STADT LEVERKUSEN (1993), Umweltamt: Thermalbildkarten Leverkusen, Abend- und Morgensituation, 1993.
- STADT LEVERKUSEN (2018), Fachbereich Stadtplanung: Vorhabenbezogener Bebauungsplan V 34/I „Gewerbe- fläche Hitdorf-Ost/Wiesenstraße“ - Anlage 5 zur Vorlage Nr. 2018/2132 Stand: Juli 2018.
- WIRTH, T. (2000). Analyse stadtklimatischer Gegebenheiten zur Erstellung einer Klimagütekarte für das Stadtgebiet Leverkusen. Diplomarbeit Universität Bonn, Hrsg. Stadt Leverkusen, 2000.

6.2 Literatur

39. BImSchV: Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I S. 1222) geändert worden ist"
- BauGB (2020): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587) geändert worden ist.
- BENJAMIN, M.T., WINER, A.M. (1998): Estimating the ozone-forming potential of urban trees and shrubs. Atmospheric Environment, Volume 32, Issue 1, S. 53-68.
- BImSchG (2020): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 103 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- BNatSchG (2020): Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 290 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- BRIGGS, G. A. (1979): Analytic modelling of drainage flows. Washington (= Draft document, atmospheric turbulence and diffusion laboratory, NOAA), 1979.
- DEFANT, F. (1933): Der Abfluss schwerer Luftmassen auf geneigtem Boden nebst einigen Bemerkungen zur Theorie stationärer Luftströme. In: Sitzungsberichte der preußischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse 18 (1933), S. 624/635.

- DÜTEMEYER, D. (2000): Urban-orographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns. – Essener Ökologische Schriften, 12. 171 S. Hohenwarsleben, zgl. Diss. Univ. Essen 1999.
- EICHHORN, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. - Dissertation zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“ am Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. 145 S.
- EnEV (2015): Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist.
- FGSV (2012): Richtlinien über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. RLU S 2012, Version 1.0 vom 12.12.2011. FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, Köln.
- HELBIG, A., BAUMÜLLER, J. & M.J. KERSCHGENS (Hrsg.) (1999): Stadtklima und Luftreinhaltung. 2.Aufl., Springer-Verlag, Berlin.
- HUPFER, P. & W. KUTTLER (Hrsg.) (2006): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12., überarbeitete Auflage. 554 S. Teubner Verlag, Wiesbaden.
- KUTTLER, W. (2004a): Stadtklima - Teil 1: Grundzüge und Ursachen. – In: UWSF – Z Umweltchem Ökotox 16 (4) 187 – 199.
- KUTTLER, W. (2004b): Stadtklima, Teil 2: Phänomene und Wirkungen. – In: UWSF – Zeitschrift Umweltchemie und Ökotoxikologie, Vol. 16, Nr. 4, S. 263-274.
- KUTTLER, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 2, Maßnahmen; Climate change in urban areas, Part 2, Measures. In: Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open, Doi: 10.1186/2190-4715-23-21, S. 1-15.
- KUTTLER, W., D. DÜTEMEYER & A.-B. BARLAG (1998) : Influence of regional and local winds on urban ventilation in Cologne, Germany. – Meteorologische Zeitschrift, N. F., 7, 77 - 87.
- LWG – Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2018): Projekt Stadtgrün 2021 – Selektion, Anzucht und Verwendung von Gehölzen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen – Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr.: KL/17/03. 91 S,
- MAYER, H., BECKRÖGE, W. & A. MATZARAKIS (1994): Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen. – UVP-Report, 5, 265 -268.
- MÖLLER, D. (2003): Luft – Chemie Physik Biologie Reinhaltung Recht. 720S. de Gruyter, Berlin, New York.
- MUNLV - Minist. f. Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung). Bearbeitet von M. Steinrücke, A. Snowdon (RVR), W. Kuttler, D. Dütemeyer, A.-B. Barlag (Univ. DU-E), J. Hasse (FiW) und C. Roesler, V. Lorke (Difu). 268 S. Düsseldorf.
- MW-BW (2012): Städtebauliche Klimafibel. Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, Stuttgart. <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/>.
- ROLOFF, A., BONN, S. & S. GILLNER. (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – als Straßenbäume geeignete Arten. Allg. Forstztschr. / Der Wald 63: S. 398-399.
- TA-Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft -) vom 24.07.2002. (Gemeinsames Ministerialblatt, Nr. 25-29 (2002) S. 511 ff. Hrsg.: Bundesminister des Inneren.)
- UVPG (2020): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. September 2017 (BGBl. I S. 3370) geändert worden ist.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2003): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Düsseldorf.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2009) – VDI-Richtlinie 3782 Blatt 1: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle Gauß'sches Fahnenmodell zur Bestimmung von Immissionsgrößen. Düsseldorf.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2010): VDI- Richtlinie 3783 Blatt 10: Umweltmeteorologie – Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle - Gebäude- und Hindernisumströmung.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2014) VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1: Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima 2014
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2015): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1: Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf.
- WIESNER, K. P. (1986): Programme zur Erfassung von Landschaftsdaten, eine Bodenerosionsgleichung und ein Modell der Kaltluftentstehung. = Heidelberger Geogr. Arb., 79. Heidelberg, 83 S.

Anhang

A1 Berechnung der Kaltluftproduktion nach WIESNER

Ein bewährter Berechnungsansatz für die Kaltluftproduktionsrate ist der auf der ÅNGSTRØM-Gleichung basierende Ansatz von WIESNER (1986), der über eine vereinfachte Energiebilanzgleichung die Auskühlung verschiedener Oberflächen zum Zeitpunkt der maximalen Inversionshöhe in Abhängigkeit der Jahreszeiten berechnet.

$$V_{KL} = \frac{\alpha_{ST} \varepsilon (a - b10^{-ce})(T_{KL} - T_B) \Delta t A_F}{\rho_L c_p \Delta T_R} \quad \text{m}^3$$

mit V_{KL}	: Kaltluftvolumen	m^3
α_{ST}	: Strahlungsübergangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$
ε	: thermischer Emissionskoeffizient	1
a, b, c	: empirische ÅNGSTRØM-Konstanten der langwelligen Ausstrahlung	1
e	: aktueller Dampfdruck	hPa
T_{KL}	: absolute Kaltlufttemperatur	K
T_B	: absolute Lufttemperatur in Bodennähe	K
Δt	: Andauer der Ausstrahlung	s
A_F	: Ausstrahlungsfläche	m^2
ρ_{KL}	: Kaltluftdichte	kg/m^3
c_p	: spezifische Wärmekapazität trockener Luft bei konstantem Druck	$\text{J}/(\text{kg K})$
ΔT_R	: Betrag der Strahlungsabkühlung der Luft	K

In Anbetracht der Variablenvielfalt der meteorologischen und pedologischen Einflussfaktoren können für konkrete Flächen in natura Kaltluftvolumenangaben oftmals nur mittels Parametrisierungen getroffen werden, da aufgrund der normalerweise heterogenen Oberflächenstruktur die Variablenwerte flächenmäßig nicht exakt bestimmt werden können oder für diverse Oberflächentypen unbekannt sind. Wiesner (a.a.O.) hat für die Freilandnutzungen Wiese, Brache, Acker, Laubwald, Nadelwald und Gewässer typische Werte für die Kaltluftproduktion in Abhängigkeit der Jahreszeiten berechnet.

Verwendete Konstanten in der ÅNGSTRØM-Gleichung:

Spez. Wärme C_p	in $J(m^3 K)$	1004,67	
Ångstrømkonstanten	in 1	a	0,820
		b	0,250
		c	0,126

Jahreszeit		Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	
Thermischer Emissionskoeffizient ε	in 1	Wiese	0,975	0,975	0,975	0,975
		Brache	0,950	0,950	0,950	0,950
		Acker	0,940	0,960	0,960	0,940
		Laubwald	0,940	0,900	0,900	0,940
		Nadelwald	0,900	0,900	0,900	0,900
		Wasser	0,930	0,930	0,930	0,930
Strahlungsübergangskoeffizient α_{ST}	in $W(m^2 K)$	5,090	5,930	5,370	4,560	
$T_{KL}-T_B$	in K	3,00	1,70	2,40	3,90	
Strahlungsabkühlung ΔT_R	in K	2,00	1,50	2,10	1,80	
Dampfdruck e	in hPa	8,00	12,60	8,00	6,30	
Nachtlänge Δt	in h	14,00	9,00	14,00	17,00	

Setzt man das Kaltluftvolumen in Beziehung zur Flächengröße und Andauer des Abkühlungsprozesses, erhält man die Kaltluftproduktionsrate in der Einheit $m^3/(m^2 h)$.

Zur Anwendung des Ansatzes werden die Flächengrößen der Kaltluftproduktionsgebiete bestimmt, für welche die Kaltluftproduktion anschließend berechnet wird.

A2 Berechnung der Kaltfluthöhe und -fließgeschwindigkeit nach DEFANT und BRIGGS

Eine Abschätzung der vertikalen Mächtigkeit von Kaltluftströmen sowie deren Fließgeschwindigkeit ist anhand der empirischen Verfahren von DEFANT und BRIGGS möglich.

Die Kaltluftabflussgeschwindigkeit wird nach folgender Gleichung von DEFANT (1933) anhand der Hangneigung, der Oberflächenrauigkeit, der Kaltluftmächtigkeit, sowie der Kaltluftuntertemperatur abgeschätzt:

$$v_A = \sqrt{\frac{gh_{KL}}{\mu} \frac{\theta - \theta_{KL}}{\theta} \sin \alpha_H} \quad \text{m/s}$$

mit v_A	: Abflussgeschwindigkeit	m/s
g	: Normschwerebeschleunigung; $g = 9,80665$	m/s
h_{KL}	: vertikale Kaltluftmächtigkeit	m
μ	: DEFANTSche Reibungskonstante; $0,050 \leq \mu \leq 0,100$ für Wald, sonst $\mu = 0,002$	1
θ	: potenzielle Lufttemperatur (über der Kaltluft)	K
θ_{KL}	: potenzielle Kaltlufttemperatur	K
α_H	: Hangneigung	Grad °

Die hierbei zu bestimmende Vertikalmächtigkeit der hangabfließenden, bodennahen Kaltluftteilschicht lässt sich mit hinreichender Genauigkeit für rauigkeitsarme Flächen nach dem Ansatz von BRIGGS (1979) berechnen:

$$h_{KL} = 0,0375 \sin \alpha_H^{2/3} x_{KL} \quad \text{m}$$

- mit h_{KL} : strömungswirksame Kaltluftmächtigkeit m
 α_H : Hangneigung Grad °
 x_{KL} : zurückgelegte Fließstrecke m

A3 Berechnung der Windfeldstörzonen nach VDI

Die maximale räumliche Ausdehnung der durch Strömungshindernisse verursachten Windfeldstörung lässt sich nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10 (2010) folgendermaßen abschätzen

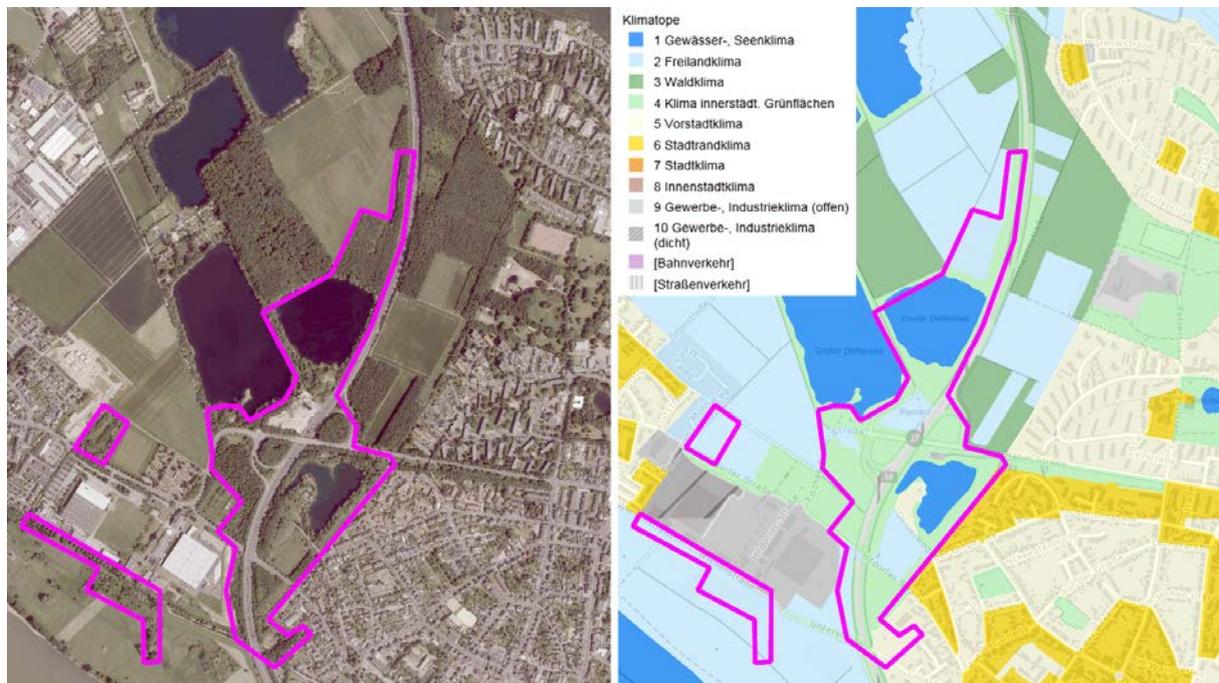
Frontseite (Luv)

Nachlaufzone (Lee, Windschatten)

$$l_F = \frac{2b}{1 + 0,8 \frac{b}{h}} \quad l_N = \frac{1,75b}{1 + 0,25 \frac{b}{h}} \cdot 5 \quad \text{m}$$

- mit l_F : Frontseitige maximale Ausdehnung der Störzone parallel zur Windrichtung m
 l_N : Rückseitige maximale Ausdehnung der Störzone parallel zur Windrichtung m
 b : Breite der Wind zugewandten Seite des Strömungshindernisses m
 h : Höhe der Wind zugewandten Seite des Strömungshindernisses m

A4 Ergänzende Informationen



Pinkrandige Flächen: Gehölz- oder Waldgebiete. Quelle: FIS Klimaanpassung NRW, Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW unter Verwendung von Daten von © GeoBasis-DE/BKG 2016, © Geobasis NRW 2016 (Datenlizenz Deutschland - Namensnennung-Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)), Planet Observer © LANUV 2018.

Abb. 19: Unterschiede zwischen realer Landnutzung und Landnutzung in der Klimaaanalyse NRW.