

Lokalklimatische Begutachtung des Neubauvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch

Im Auftrag von
Gemeindeverwaltung Haßloch

Vorgelegt von:

Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger
Katharina Schnur, M.Ed.
Lena Albert, M.Sc.

Fachbereich Raum- und Umweltplanung
Lehreinheit Physische Geographie und Fachdidaktik

Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau,
Standort Kaiserslautern

Kaiserslautern, März 2023

Inhalt

1.	Einleitung und Zielsetzung	5
2.	Einordnung des Untersuchungsgebietes.....	5
3.	Bebauungsplan „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch	5
4.	Städtebaulicher Rahmenplan	9
5.	Lokalklimatische Situation im Untersuchungsgebiet	10
5.1.	Numerische Simulation.....	10
5.1.1.	Untersuchungsgebietsbezogene Voreinstellungen in ENVI-met.....	11
5.2.	Das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand	14
5.3.	Das Untersuchungsgebiet im Planzustand.....	22
5.4.	Lokalklimatische Differenzen zwischen dem Plan- und Ist-Zustand.....	31
5.5.	Zusammenfassung lokalklimatische Modifikation im Untersuchungsgebiet	39
6.	Klimaanpassungen des vorliegenden städtebaulichen Entwurfs.....	41
7.	Zusammenfassung und Fazit	45

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Vorentwurf des Bebauungsplanes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in der Gemeinde Haßloch (MBPLAN)	6
Abb. 2: Städtebaulicher Rahmenplan des Neubaugebiets „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ (MBPLAN)	9
Abb. 3: Vorschlag eines angepassten städtebaulichen Rahmenplans des Neubaugebiets „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ (Ursprungsplan BMPLAN, Änderungen durch Physische Geographie).....	10
Abb. 4: Tagesgang von Lufttemperatur und Luftfeuchte zur ENVI-met Initialisierung (DWD-Messstation Bad Dürkheim) für den 04.08.2022	13
Abb. 5: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	15
Abb. 6: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	16
Abb. 7: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	17
Abb. 8: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	18
Abb. 9: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	19
Abb. 10: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	20
Abb. 11: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	21
Abb. 12: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	22
Abb. 13: Simulation des Planzustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	24
Abb. 14: Simulation des Planzustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	25
Abb. 15: Simulation des Planzustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	26
Abb. 16: Simulation des Planzustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	27
Abb. 17: Simulation des Planzustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	28
Abb. 18: Simulation des Planzustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	29
Abb. 19: Simulation des Planzustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	30
Abb. 20: Simulation des Planzustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	31
Abb. 21: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	32
Abb. 22: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	33

Abb. 23: Vergleich der Oberflächentemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	34
Abb. 24: Vergleich der Oberflächentemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“	35
Abb. 25: Vergleich von Windrichtung und -geschwindigkeit von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“..	36
Abb. 26: Vergleich von Windrichtung und -geschwindigkeit von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“....	37
Abb. 27: Vergleich des PMV-Wertes von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.....	38
Abb. 28: Vergleich des PMV-Wertes von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.	39

1. Einleitung und Zielsetzung

Mit dem Schreiben vom 15.11.2022 erhielt die Lehreinheit Physische Geographie und Fachdidaktik der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau, Standort Kaiserslautern, durch den ersten Beigeordneten Herrn Carsten Borck (Gemeindeverwaltung Haßloch), den Auftrag zum Verfassen einer lokalklimatischen Begutachtung des Neubauvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels sehen sich gegenwärtig Städte und Gemeinden ganz spezifischen, ortsgebundenen Herausforderungen gegenüber. Viele Siedlungsräume sind mit steigenden Bevölkerungszahlen konfrontiert und müssen gleichzeitig aufgrund ihrer Versorgungsfunktion komplexer werdenden Bedürfnissen der Bevölkerung gerecht werden. Die Anpassung an sich verändernde regional- bzw. lokalklimatische Verhältnisse sowie die Erhaltung der Luftqualität gehören zu wichtigen Themenfeldern der angewandten Stadtclimatologie, die nicht nur bei Stadtumbaumaßnahmen, sondern auch bei künftigen Planungen von Nutzungsflächen zur Verbesserung des regionalen, vor allem aber lokalen Klimas Beachtung finden sollen. Viele Siedlungsräume sind aus lokalklimatischer Sicht steigenden thermischen und lufthygienischen Belastungen ausgesetzt und müssen mit der Reduktion von Freiflächen und einer steigenden Flächenversiegelung umgehen. Daher gilt es, vorhandene, u. a. lokalklimatische Potenziale zu schützen und nachhaltig zu nutzen.

2. Einordnung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt am südlichen Ortsrand der Gemeinde Haßloch, in direktem Anschluss an die bestehende nördliche Ortslage. Das Plangebiet hat eine Größe von etwa 9,8 ha.

Der räumliche Geltungsbereich des vorliegenden Bebauungsplans, der die Grundlage des Gutachtens darstellt, ist derzeit durch landwirtschaftlich genutzte Flächen geprägt. Es befinden sich zwei Fußwege im Plangebiet, einer entlang der Bebauung im Norden, ein weiterer entlang des „Krummer Graben“ von Nord nach Süd. In den Randbereichen befinden sich stellenweise Gehölze und Bäume. Ebenso sind die bereits vorhandenen Bebauungen im Westen entlang des „Lachener Wegs“ sowie im Osten entlang des „Sägmühlwegs“ Teil des Bebauungsplanes.

3. Bebauungsplan „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch

Für das Gutachten wurde dem Fachgebiet der Vorentwurf des Bebauungsplanes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ des Büros MBPLAN mit dem Stand vom 06.07.2021 zur Verfügung gestellt (Abb. 1).

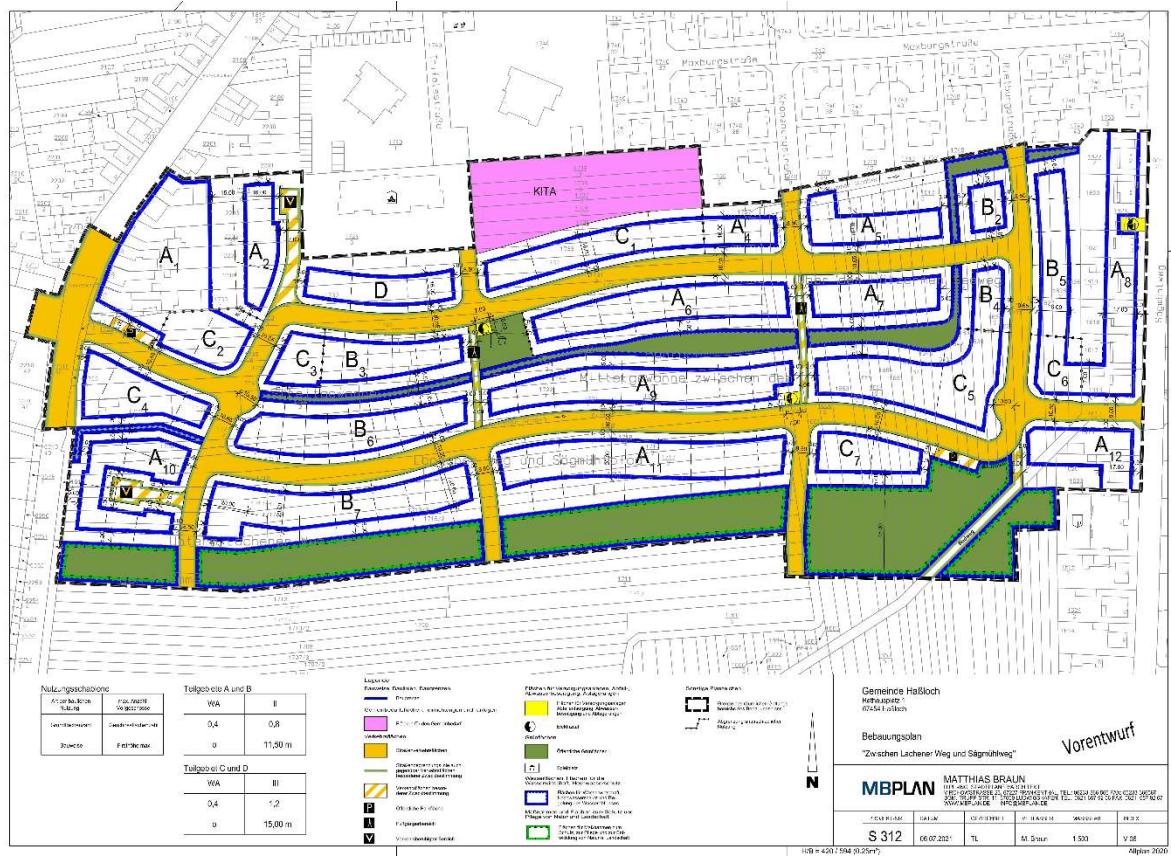


Abb. 1: Vorentwurf des Bebauungsplanes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in der Gemeinde Haßloch (MBPLAN).

Die textlichen Festsetzungen des Vorentwurfs zum Bebauungsplan sind zum einen in bauplanungsrechtliche Festsetzungen sowie in bauordnungsrechtliche Festsetzungen unterteilt.

Die Art der baulichen Nutzung wird in 1. gem. § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB als allgemeines Wohngebiet (WA) gem. § 4 BauNVO festgesetzt. Die Grundflächenzahl (GRZ) im Sinne des Maßes der baulichen Nutzung wird in 2.1 bzw. 2.2 mit 0,4 festgesetzt, während die Geschossflächenzahl (GFZ) für die Teilgebiete A und B mit 0,8, für die Teilgebiete C und D 1,2 festgesetzt wird. Ebenso eingegrenzt wird die bauliche Nutzung durch die maximale Zahl der Vollgeschosse mit 2 Vollgeschossen für die Teilgebiete A und B und einer maximal zulässigen Firsthöhe von 11,50 m, während die maximale Zahl der Vollgeschosse in den Teilgebieten C und D bei 3 und einer maximal zulässigen Firsthöhe von 15,00 m liegt.

Der Bebauungsplan trifft unter 3. Festsetzungen die Grundstücksgrößen fest. Demnach dürfen die Baugrundstücke bei Einzelhäusern eine Mindestgröße von 300 m² nicht unterschreiten, bei Doppelhäusern liegt die Mindestgröße bei 200 m².

Bezüglich der Bauweise nach § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB wird in 4.1 eine offene Bauweise festgesetzt. Innerhalb der Baufenster A1 und C4, in denen sich Bestandsgebäude befinden, ist die Errichtung und Umnutzung von Gebäuden ohne bzw. mit reduziertem seitlichem Grenzabstand ausnahmsweise zulässig, sofern es sich um bestehende Gebäude bzw. Ersatzbauten für diese handelt oder an bestehende, grenzständige Gebäude angebaut wird.

und die Belichtung mit Tageslicht, die Belüftung und der Brandschutz gewährleistet sind. Nach 4.3 sind innerhalb des Teilgebietes A nur Einzelhäuser zulässig. Innerhalb des Teilgebietes B sind nach 4.4 grundsätzlich nur Doppelhäuser zulässig, Einzelhäuser können ausnahmsweise zugelassen werden. Im gesamten Plangebiet sind Hausgruppen bzw. Reihenhäuser unzulässig. In 5.1 wird für das Teilgebiet A zusätzlich nach § 9 Abs. 1 Nr. 6 BauGB festgesetzt, dass pro Wohngebäude maximal zwei Wohnungen zulässig sind.

Punkt 7. trifft Festsetzungen bezüglich Nebenanlagen, Garagen, Kfz-Stellplätzen oder Carports. Es wird gem. § 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB i.V.m. §§ 12 und 14 Abs. 1 BauNVO festgesetzt, dass diese im Rahmen der geltenden gesetzlichen Regelungen auch außerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen zulässig sind. Vor Garagen und Carports ist zudem eine zusätzliche Abstandsfläche zur Straßenbegrenzungslinie von mindestens 5,00 m Länge zu schaffen.

Nach § 9 Abs. 1 Nr. 5 BauGB wird in 8. eine Fläche für den Gemeinbedarf mit der Zweckbestimmung „Kindertagesstätte“ festgesetzt. Innerhalb dieser Fläche sind Nutzungen, Gebäude und Nebenanlagen zulässig, die diesem Zweck dienen.

Neben den Wohngebieten sowie der Fläche für den Gemeinbedarf sieht der Bebauungsplan Verkehrsflächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB vor. Neben Straßenverkehrsflächen und Straßenbegrenzungslinien werden auch Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung mit den Zweckbestimmungen „öffentliche Parkfläche“, „Fußgängerbereich“ sowie „verkehrsberuhigter Bereich“ festgesetzt. Das Plangebiet wird im Norden an die „Kropsburgerstraße“ sowie die „Rietburgerstraße“, im Osten an den „Sägmühlweg“ und im Westen an den „Lachener Weg“ angeschlossen.

In der Planzeichnung werden zudem Flächen für Versorgungsanlagen, Abfall- & Abwasserbeseitigung und Ablagerungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB mit der Zweckbestimmung Elektrizität dargestellt.

Öffentliche Grünflächen werden in 10. festgesetzt. Diese sind nach § 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB i.V.m. § 9 Abs. 1 Nr. 20 und Nr. 25 BauGB entsprechend ihrer in der Planzeichnung festgelegten Zweckbestimmung zu nutzen.

Bezüglich der Flächen für die Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser sowie der Regelung der Oberflächenwasserversickerung und wasserwirtschaftlichen Vorbehaltflächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 14 und Nr. 16 BauGB setzt der Bebauungsplanentwurf bezüglich öffentlicher Flächen in 11.2 fest, dass die Oberflächen der Nebenwege und Fußwege mit einem wasserdurchlässigen Belag zu erstellen sind. Zur Rückhaltung des verstärkten Oberflächenabflusses und zum Ausgleich der Wasserführung soll der „Krumme Graben“, vorbehaltlich einer wasserrechtlichen Genehmigung, im Gebiet aufgewertet und naturnah umgestaltet werden. Zudem soll die Möglichkeit geschaffen werden, dass die anfallenden Oberflächenwässer im Plangebiet versickern bzw. verdunsten. Auf der im Süden des Plangebietes geplanten Fläche für die Wasserwirtschaft werden hierfür Versickerungsmulden ausmodelliert.

Bezüglich der privaten Flächen wird in 11.5 festgesetzt, dass Stellplätze, Garagenvorplätze, Zufahrten und sonstige befestigte Grundstücksflächen zur Minderung des Oberflächenabflusses nur mit einer wasserdurchlässigen Oberfläche (Rasensteine, Rasengitterplatten, Schotterrasen, o.ä.) erstellt werden dürfen.

Als Fläche zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB i.V.m. § 16 Abs. 2 BNatSchG und § 8 LNatSchG wird im Süden des Plangebietes eine Grünfläche festgesetzt. Diese ist mit einer Gräsermischung einzusäen und extensiv zu nutzen. Die Mahd soll 1-2x jährlich stattfinden und das Mähgut von der Fläche entfernt werden. Die Randbereiche sind mit Gruppen von 5-7 Sträuchern aus der Artenliste im Anhang der textlichen Festsetzungen zu bepflanzen, zu pflegen und zu erhalten, bei Ausfall zu ersetzen. Diese Grünfläche ist gleichzeitig mit der Festsetzung zu Flächen für Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz und Regelung des Wasserabflusses nach § 9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB überlagert.

In den textlichen Festsetzungen zum Vorentwurf des Bebauungsplanes sind unter 13. Vorgaben zum Anpflanzen von Bäumen und Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie Bindung für die Erhaltung von Bäumen und Sträuchern gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 lit. a und lit. b BauGB zu finden. Demnach ist der im Plan dargestellte Spielplatz auf mindestens 20 % seiner Fläche in einer Dichte von 1 Gehölz pro 3 m² mit Bäumen, Heistern und Sträuchern zu bepflanzen, auf Dauer zu erhalten und bei Verlust gleichartig zu ersetzen. Die detaillierte Ausgestaltung des Platzes bleibt laut textlichen Festsetzungen einem noch zu erstellenden qualifizierten Freiflächenplan vorbehalten.

Zur Straßenraumgestaltung ist mindestens je 10 m Straßenlänge ein Baum in Anlehnung an den Maßnahmenplan des Fachbeitrags Naturschutz zu pflanzen, auf Dauer zu erhalten und bei Verlust gleichartig zu ersetzen. Im Zuge der Grabenumgestaltung sind Bäume und Sträucher entsprechend eines noch zu erstellenden qualifizierten Freiflächenplans zu pflanzen, auf Dauer zu erhalten und bei Verlust gleichartig zu ersetzen.

Nach der Festsetzung 13.7 sind Flachdächer von Wohngebäuden und Garagen sowie Nebenanlagen i.S.d. § 14 BauNVO extensiv zu begrünen. Dächer von Gartenlauben und Geräteschuppen bis zu einer Dachneigung von 15° sind nur mit einer 100-%igen Dachbegrünung zulässig. Der Aufbau der Flachdachbegrünung muss mindestens 12 cm Substrat betragen.

Gem. der Festsetzung 13.9 sind gesunde Bäume, die sich außerhalb der überbaubaren Grundstücks- sowie der Verkehrsflächen befinden, soweit möglich zu erhalten und bei Bauarbeiten gem. DIN 18 920 vor schädlichen Einflüssen zu schützen.

Im zweiten Teil der textlichen Festsetzungen sind bauordnungsrechtliche Festsetzungen – Gestaltungssatzung zu finden:

Die Festsetzung 2. regelt die Gestaltung von Stellplätzen und unbebauten Grundstücksflächen gem. § 88 Abs. 1 Nr. 3 LBauO RP. Nach 2.1 ist der Vorgartenbereich, also d.h. die Flächen zwischen der Straßenbegrenzungslinie und der Vorderkante des Baukörpers bzw. deren Verlängerung an die seitlichen Grundstücksgrenzen, unter Berücksichtigung der Zufahrten,

Stellplätze und Zuwegungen, gärtnerisch zu gestalten und zu unterhalten. Es sind mindestens 50 % der Fläche des Vorgartenbereichs zu begrünen. Nach 2.2 sind Arbeits- und Lagerplätze im Vorgartenbereich nicht zulässig. Befestigte Flächen können im Vorgartenbereich, von den Flächen für notwendige Zufahrten, Stellplätze und Zuwegungen abgesehen, nur ausnahmsweise zugelassen werden. Nach 2.5 sind Steingärten bzw. Stein- oder Kiesschüttungen zur Gartengestaltung unzulässig. Zudem ist nach 2.6 je angefangener 200 m² Grundstücksfläche mindestens ein Baum 2. Ordnung oder ein Obstbaum der Pflanzliste im Anhang der textlichen Festsetzungen zu pflanzen und zu unterhalten, und nach 2.7 sind die nicht überbauten Grundstücksflächen gärtnerisch anzulegen.

4. Städtebaulicher Rahmenplan

Neben dem Vorentwurf des Bebauungsplans „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ wurde dem Fachgebiet ein städtebaulicher Rahmenplan vom 20.11.2017 zur Verfügung gestellt (Abb. 2).



Abb. 2: Städtebaulicher Rahmenplan des Neubaugebiets „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ (MBPLAN).

Im vorliegenden Rahmenplan sind zum Großteil Einzelhäuser sowie Doppelhäuser dargestellt. Im Westen und Osten des Gebietes ist jeweils Geschosswohnungsbau vorzufinden.

Der Rahmenplan wurde durch das Fachgebiet an einigen Stellen nochmals angepasst, um den Festsetzungen des Vorentwurfs des Bebauungsplanes zu entsprechen. So wurden die Reihenhäuser, entsprechend den Festsetzungen, durch Einzel- oder Doppelhäuser ersetzt. Ebenso wurden weitere Baumpflanzungen in den Plan eingefügt. Des Weiteren wurden die Garagen entsprechend der Festsetzungen als begrünte Dächer dargestellt. Da im Vorentwurf

des Bebauungsplanes keine Dachformen vorgeschrieben sind, wurden hier die Dachflächen der Wohnhäuser nicht mit einer Dachbegrünung versehen (Abb. 3).



Abb. 3: Vorschlag eines angepassten städtebaulichen Rahmenplans des Neubaugebiets „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ (Ursprungsplan BMPLAN, Änderungen durch Physische Geographie).

5. Lokalklimatische Situation im Untersuchungsgebiet

5.1. Numerische Simulation

Lokalklimatische bzw. mikroklimatische Parameter können über in-Situ-Messungen und Windkanaltests gemessen, sowie über Simulationen von Strömungs- und Transportvorgängen wiedergegeben werden. Grundlage einer numerischen Simulation ist dabei immer ein mathematischer Lösungsweg. Dieser beruht auf abhängigen und/ oder unabhängigen Differentialgleichungen, die sich aus den physikalischen Modellen ergeben. Da die stadtclimatischen Gleichungen weitestgehend bekannt sind, werden gegenwärtig viele numerische Modelle für die entsprechenden siedlungsklimatischen Fragestellungen entwickelt [VMBW 2012]. Der große Vorteil von numerischen Simulationen ist, dass die Berechnung und Darstellung von Auswirkungen aktueller und künftiger Planungsvorhaben im Detail untersucht werden kann.

Mithilfe des numerischen Simulationsprogramms ENVI-met (Version 5.0.3./Sommer 2022) werden mikroklimatische Untersuchungen im Bestand „Zwischen Lachener Weg und Sägemühlweg“ in Haßloch durchgeführt. Bei dieser Software handelt es sich um ein dreidimensionales nicht hydrostatisches Mikroklimamodell, dem ein eindimensionales Bodenmodell, ein Strahlungstransportmodell sowie ein Vegetationsmodell zu Grunde liegt. Hieraus ergibt sich unter anderem die Möglichkeit Oberflächen-Pflanzen-Luft-Wechselbeziehungen in urbanen Räumen zu simulieren und darzustellen. Die räumliche Auflösung liegt zwischen 0,5 bis 5 m. Der Zeitrahmen einer Simulation liegt in der Regel zwischen 26 und 52 Stunden, jeweils mit Zeitintervallen zwischen einer bis fünf Sekunden.

Aufgrund der präzisen Auflösung ist es daher möglich, eine mikroskalige Interaktion zwischen einzelnen Gebäuden, diversen Oberflächenstrukturen sowie der vorhandenen Vegetation zu analysieren. Für diese stehen dem Nutzer eine beliebige Anzahl an Rasterzellen – auch Grids genannt – sowie eine bereits vorinstallierte Datenbank (Database) mit einer Vielzahl unterschiedlichster Pflanzentypen und Oberflächenmaterialien zur Verfügung. Zusätzlich können weitere Vegetationsformen oder auch Oberflächenmaterialien in der Datenbank ergänzt werden.

Wie bereits oben erwähnt, beruht das Programm ENVI-met auf physikalischen Gesetzen des Stadtklimas. Hierzu zählen u. a. die Strömungsmechanik (Windfeld), die Thermodynamik (Temperaturberechnungen) oder auch die Atmosphärenphysik. Da Siedlungsräume in der Regel komplexe Strukturen aufweisen, ist es notwendig, diese für eine Untersuchung im Modell zu vereinfachen. Maßgebend hierfür ist, dass alle Informationen zu Gebäuden, Vegetation und Oberflächenmaterialien in einem rechtwinkligen Modellquader zusammengestellt werden. Komplexe Strukturen, wie dies beispielsweise bei Reihenhäusern o. ä. der Fall ist, werden in Form eines Würfels nachgestellt.

Im Anschluss daran erfolgt die eigentliche Simulation, deren Grundlage eine numerische Durchströmung durch Wind und eine numerische Bestrahlung durch die Sonne ist. Anlässlich der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien und deren Wechselwirkung mit Sonne und Schatten entwickeln sich binnen der Simulation unterschiedlichen Oberflächentemperaturen. Die Oberflächen geben in Abhängigkeit des Windfeldes die Wärmestrahlung mehr oder minder stark an die bodennahe Luftsicht ab und beeinflussen damit die in ENVI-met enthaltenen meteorologischen Parameter.

Das Programm ENVI-met setzt sich aus mehreren Tools zusammen, welche den Nutzer bei der Eingabe, der Simulation sowie im Visualisierungs- und Analyseprozess, unterstützen. Mithilfe der Database und Spaces wird das Plangebiet, wie oben beschrieben, gezeichnet. ENVI-Guide und ENVI-core leiten durch die Erstellung der Simulationsdatei, während LEONARDO und Biomet der Darstellung der Ergebnisse dienen. Mit LEONARDO ist es möglich, die Ergebnisse der Simulation aus unterschiedlichen Perspektiven aufzubereiten. So kann beispielsweise Kartenmaterial erstellt werden, welches die Ergebnisse ausgewählter Parameter zur Bewertung der lokalklimatischen Situation veranschaulicht. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit mit Biomet den Predicted Mean Vote (PMV) abzubilden. Mittels des PMV-Wertes können die Auswirkungen der lokalklimatischen Situation auf eine Menschengruppe bezogen werden, indem der Grad der Behaglichkeit bzw. Unbehaglichkeit beschrieben und anschließend eine subjektive Bewertung einer größeren Personengruppe vorgenommen wird, welche sich in dem Untersuchungsgebiet aufhält, die gleiche Kleidung trägt und den gleichen Aktivitätszustand hat. Seiner Berechnung liegt ein Aktivitätszustand von 86 W m^{-2} und ein Wärmedurchgangswiderstand von $\text{clo} = 0,9$ (T-Shirt und lange Hose) zugrunde.

5.1.1. Untersuchungsgebietsbezogene Voreinstellungen in ENVI-met

Bei der lokalklimatischen Untersuchung eines Gebietes mit ENVI-met ist das betrachtete Untersuchungsgebiet in der Regel deutlich größer als das reine Plangebiet des Entwurfs oder Bebauungsplanes. Daher werden nicht nur die Gebäude, Vegetation und

Oberflächenmaterialien dargestellt, sondern auch die umliegende Bebauung, Begrünung und Oberflächenbeschaffenheit. Das Untersuchungsgebiet wird in Rasterzellen unterteilt, welche eine räumliche Auflösung von 2 x 2 x 2 m haben. Das gesamte Untersuchungsgebiet besteht demnach aus 283 x 162 x 25 (L x B x H) Rasterzellen und ist 566 x 324 m groß.

Das Untersuchungsgebiet in Haßloch liegt auf 49°21'14.16“ nördlicher Breite und 8°15'5.11“ östlicher Länge. Als Simulationstag wurde der 4. August 2022 ausgewählt, wobei der Simulationsstart bereits am 3. August 2022 um 2.00 Uhr nachts lag. Insgesamt wurden 52 Stunden simuliert, wodurch am 4. August ein kompletter Simulationstag für die Auswertung zur Verfügung steht. Die meteorologischen Daten, die der Simulation zugrunde liegen, beruhen auf den Daten der DWD-Klimastation aus Bad Dürkheim (Stationsnummer: 1072). Vor allem die Minimum- und Maximum-Werte der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit wurden hier übernommen.

Die initialen meteorologischen Parameter der Simulation definieren sich wie folgt: die Atmosphärentemperatur wurde auf Grundlage einer linearen Interpolation für beide Simulationstage berechnet, der aus Westen kommende Wind in 10 m über Grund (ü. Gr.) weist eine Geschwindigkeit von 1,0 m s⁻¹ auf, wobei die Rauigkeitslänge im Referenzpunkt $z_0 = 0,1$ m betrug. Die relative Luftfeuchtigkeit in 2 m ü. Gr. betrug nach den DWD-Daten am 4. August um 15.00 Uhr 22 %, während das Maximum um 4.00 Uhr morgens bei 69 % lag. Die Interpolation der Luftfeuchtigkeit erfolgte ebenfalls linear. Für die Berechnung des PMV-Wertes liegt ein Aktivitätszustand von 86 W m⁻² und ein Wärmedurchgangswiderstand von $clo = 0,9$ (T-Shirt und lange Hose) zugrunde.

Bei der Digitalisierung der Gebäude wurden v. a. im Bereich der Dächer Anpassungen vorgenommen. Hierfür wurde der Wert der Traufhöhe der Gebäude gemittelt und alle Gebäude mit einem Flachdach dargestellt. Da in einigen Bereichen des Untersuchungsgebietes die Luftbilder teils schwer einzusehen waren, wurden hier ebenfalls Annahmen getroffen. Im gesamten Untersuchungsbiet wurden alle Straßen mit Asphalt versehen, Fußwege sowie Zufahrten zu Garagen wurden mit einem hell-grauen Pflaster markiert. Flächen, die im IST-Zustand eine Gras-Vegetation vorweisen, wurden mit einem 10 cm hohen Gras besetzt. Die Baumhöhe beträgt zwischen 5 und 15 m inkl. dichter Baumkrone. Die landwirtschaftliche Nutzfläche im Süden wurde mit 50 cm hohem Gras bepflanzt.

Für die lokalklimatische Analyse wurden die meteorologischen Parameter am 04.08.2022 um 15.00 Uhr und in der Nacht am 05.08.2022 um 4.00 Uhr ausgewertet. Für diese Uhrzeiten wurden die Parameter Lufttemperatur, PMV-Wert sowie die Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 1,5m ü. Gr. betrachtet. Eine Darstellung in 2 m Höhe ü. Gr. ist in ENVI-met nicht möglich. Zusätzlich wurde die Oberflächentemperatur (0 m ü. Gr.) für die Analyse herangezogen.

Der 4. August zählte im Jahr 2022 zu den heißesten Tagen des Sommers und wurde daher als Worst-Case-Szenario definiert. Werden lokalklimatische Auswirkungen betrachtet, sind gerade solche Extremwettertage von großer Bedeutung, da hierdurch die Situation vor Ort unter Extrembedingungen analysiert werden kann. Aus Sicht der angewandten und planungsorientierten Stadtklimatologie sind diese Szenarien besonders interessant, da solche Bedingungen für den menschlichen Organismus sehr belastend sind und dies

dementsprechend auch Auswirkungen auf die Gestaltung urbaner Räume hat. Nur so können Belastungen frühzeitig erkannt und zielführende Gegenmaßnahmen in die Wege geleitet werden.

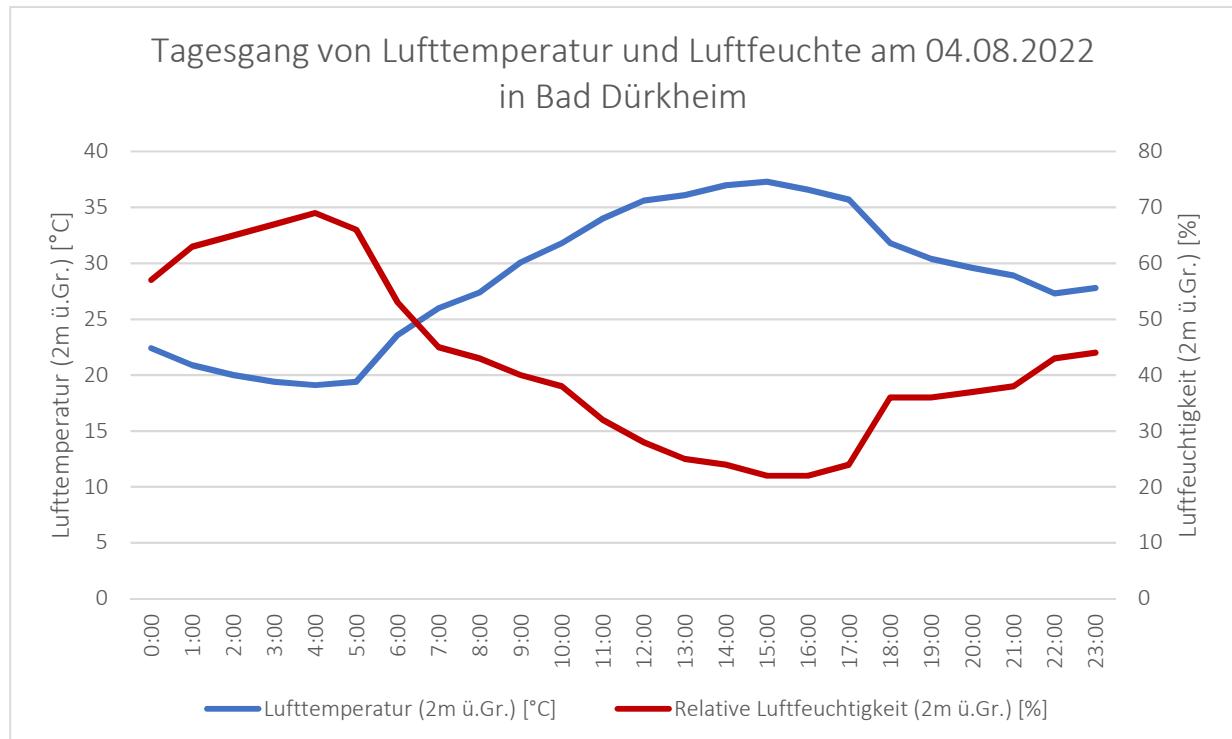


Abb. 4: Tagesgang von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit zur ENVI-met Initialisierung (DWD-Messstation Bad Dürkheim) für den 04.08.2022.

Während der Auswertung der ENVI-met-Simulation kann es immer wieder einmal zur Bildung von Artefakten im Randbereich des Betrachtungsfeldes kommen. Dieser sog. „Nesting-Effekt“ oder „Nesting-Bereich“ entsteht am Rande eines Simulationsgebietes. Diese entstehen dadurch, dass das Modell des Untersuchungsraumes bei ENVI-met modelliert wird, vor allem aber die Daten bzw. die Darstellung der angrenzenden Bebauung für die Simulation fehlen. Hierdurch kann vor allem der Randbereich nicht ausreichend berechnet werden und infolgedessen kommt es zu Ungenauigkeiten und einer „Verfälschung“ der Werte. Oftmals korrelieren diese mit den vor Ort prognostizierten Extremwerten. Hierdurch offenbart sich die Darstellung sowohl der Minimal- als auch Maximalwerte der unterschiedlichen Parameter mitunter auch nur als Orientierungshilfe. Meist handelt es sich bei Extremwerten um punktuell auftretende Bereiche, die visuell oftmals gar nicht erkennbar sind, nur theoretisch vorliegen. Um eine bessere Gesamtsicht über das Untersuchungsgebiet bzw. die vorherrschenden Verhältnisse zu erhalten, wäre grundsätzlich die Bildung des Medians günstiger. Dennoch wurden dieser Untersuchung auch die Minimal- bzw. Maximalwerte hinzugefügt.

5.2. Das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand

Die gegenwärtige Bestands situation stellt die Grundlage für die Bewertung der voraussichtlichen lokalklimatischen Modifikation bei einer Umsetzung des vorliegenden bzw. des angepassten städtebaulichen Rahmenplans des Neuvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ dar (s. dazu Abb. 3 bzw. Teilkapitel 5.3.). Im Ist-Zustand (= Null-Variante, Prognose-Null-Fall), wird die potentielle Situation bei Nichtverwirklichung des Vorhabens dargestellt.

Folgend werden nun die einzelnen Parameter Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie der thermische Index PMV voneinander getrennt dargestellt und für die gegenwärtige Bestands situation analysiert.

Lufttemperatur

Entsprechend der vorgegebenen meteorologischen Parameter (s. 5.1.1) ergibt sich erwartungsgemäß für die Tagstunden um 15.00 Uhr ein Bild des Untersuchungsgebietes im Ist-Zustand, welches eine klare Trennung zwischen der Freifläche und dem angrenzenden Siedlungskörper mit den entsprechenden Straßenverläufen der „Trifelsstraße“, der „Kropsburgstraße“, der „Rietbergstraße“ sowie dem „Sägmühlweg“ darstellt. Ebenso ist der bereits oben beschriebene Nesting Effekt zu erkennen, wobei an dieser Stelle sofort deutlich wird, dass ebendieser Effekt nur außerhalb des Untersuchungsgebietes zu finden ist und somit keinerlei Auswirkungen auf die Ergebnisse der Simulation für den Ist-Zustand aufweist (Abb. 5).

Deutlich zu erkennen ist der homogene Temperaturverlauf über der Freifläche, eingerahmt durch den „Lachener Weg“ im Westen und dem „Sägmühlweg“ im Osten. Nicht verwunderlich ist der homogene Lufttemperaturverlauf von 34,5°C über der gesamten Freifläche, da sich in diesem Bereich kaum schattenspendende Objekte befinden und somit diese Fläche, während der Tagstunden, der solaren Einstrahlung ausgesetzt ist. Geringfügig höhere Lufttemperaturen (~ 1 K) ergeben sich entlang der im Südwesten befindlichen Bebauung im Bereich des „Lachener Weges“ bzw. im Norden („Trifelsstraße“, „Kropsburgstraße“, „Rietbergstraße“) sowie östlich entlang des „Sägmühlweges“. Zudem ergibt sich im westlichen Verlauf der Trifelsstraße bzw. an einzelnen Objekten auch westlich der „Trifelsstraße“ sowie im Bereich der „Kropsburgstraße“ eine deutliche Akkumulation warmer Luftmassen bzw. ein Windschatteneffekt mit Austauscharmut, der sich durch Lufttemperaturen von ca. 36,5°C äußert. Dieser Effekt erscheint aufgrund der Tatsache, dass die Simulation mit einer Windrichtung aus West angenommen wurde und somit die Luftmassen an der östlichen Seite des Hindernisses schlechter durch die Lee-Lage ausgetauscht werden können.

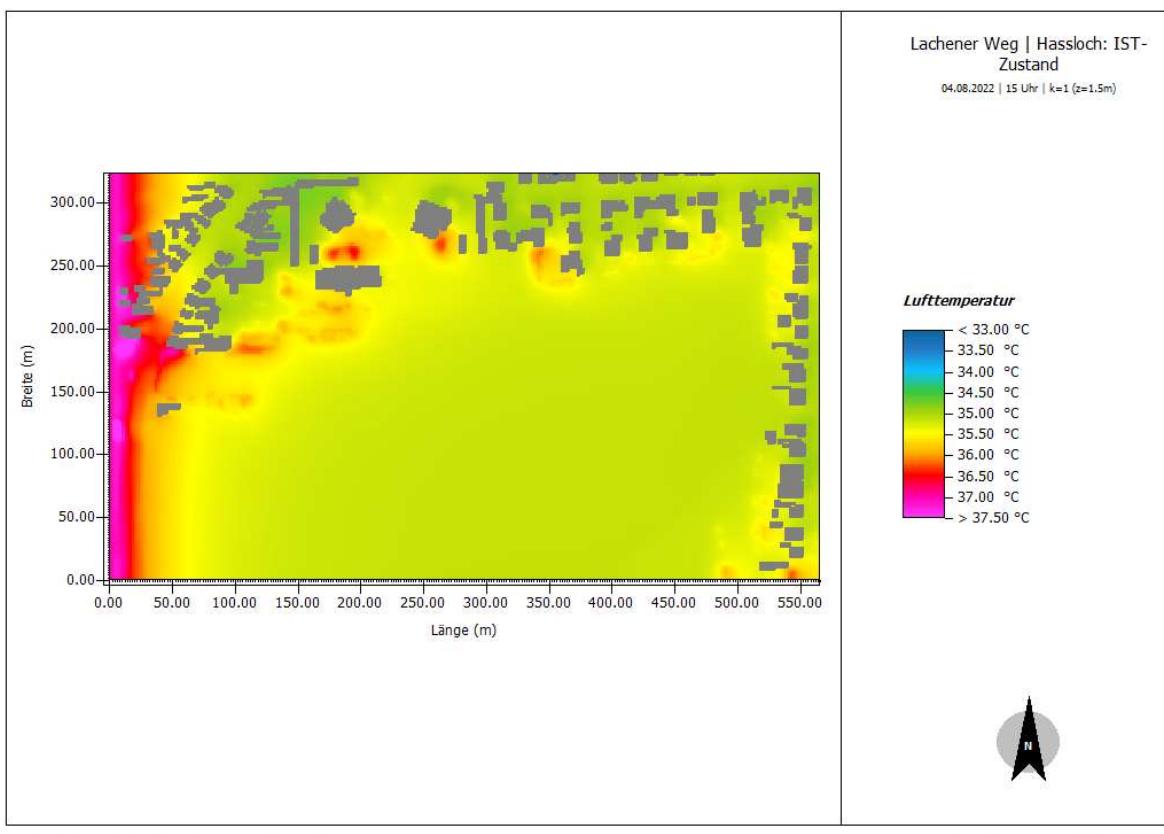


Abb. 5: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Bei der Betrachtung der Lufttemperaturverhältnisse für die Nachtsituation um 4:00 Uhr innerhalb des Untersuchungsgebietes in Abbildung 6 zeigt sich ein ähnlich homogenes Bild wie bereits für die Tagsituation um 15:00 Uhr gegeben war (s. Abb. 5). Auch an dieser Stelle ist der Nesting Effekt entlang des „Lachener Weges“ als ähnliches Artefakt zu erkennen und zu ignorieren, da auch hier wiederum ersichtlich ist, dass dieser lediglich den Randbereich tangiert und im Weiteren nicht den Untersuchungsraum beeinflusst.

In der Nacht gehen die Lufttemperaturen allgemein um rund 10 K zurück, wobei sich zeigt, dass es aufgrund der Windrichtung aus West zu einer „Verschiebung“ der Lufttemperaturen bzw. warmen Luftmassen nach Ost kommt. So finden sich Luftmassen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, entlang der Bebauung des „Sägmühlweges“, die gut 0,5 bis 1 K höher sind, verglichen mit dem übrigen Untersuchungsgebiet, was vermutlich auf einen aufstauenden Effekt der Bebauung in diesem Bereich zurückzuführen ist.

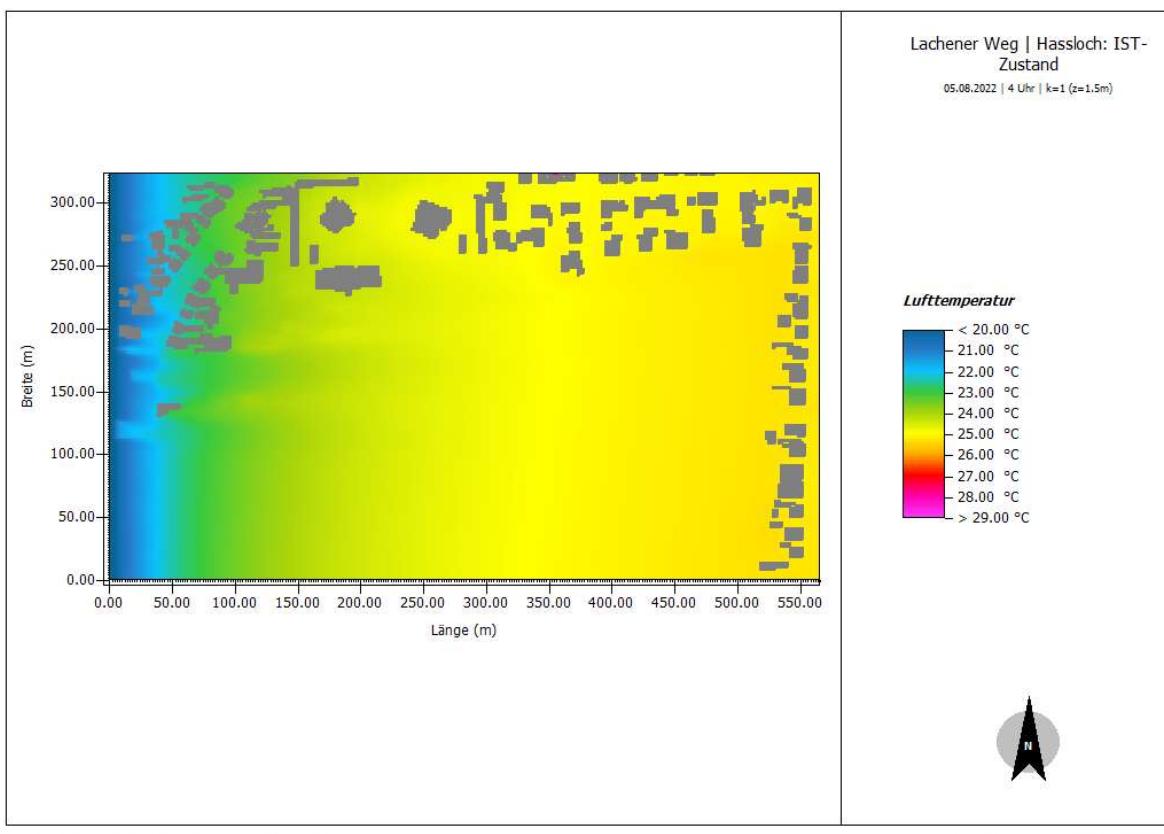


Abb. 6: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Oberflächentemperatur

Sehr viel deutlicher als für die Lufttemperatur in Abbildung 5 und 6 zeigt sich das Temperatursgeschehen im Untersuchungsgebiet anhand der in Abbildung 7 dargestellten Oberflächentemperaturen. Diese offenbaren an diesem ersten Beispiel für die Situation um 15:00 Uhr sehr viel deutlicher die Struktur des unbebauten Geländes bzw. des teil- und vollversiegelten Siedlungsraumes. Wiederum sehr deutlich zu erkennen ist der homogene Temperaturverlauf über der Freifläche mit einer Oberflächentemperatur von rund 52°C. Dieser, auf den ersten Blick hohe Wert, ist nicht weiter verwunderlich, da hier, ähnlich wie bereits in Abbildung 5 dargelegt, der Tatsache Rechnung getragen wird, dass die solare Einstrahlung ungehindert und unverschattet auf die Freifläche einwirken kann – sich somit die erhöhten Temperaturwerte ergeben.

Eindeutiger als für die Freifläche sind die Wegeverläufe der „Trifelsstraße“, der „Kropsburgstraße“, der „Rietbergstraße“ sowie des „Lachener Weges“ und des „Sägmühlweges“ zu erkennen. Hier treten die unterschiedlichen verwendeten künstlichen Oberflächenmaterialien in den Vordergrund, mit ihrem entsprechenden Vermögen der temporären Speicherung bzw. Abgabe von Wärmestrahlung an die bodennahe Atmosphäre. Des Weiteren zeigen sich mit 15 Kelvin geringere Werte der Oberflächentemperatur in den Bereichen, die durch Vegetation bzw. Vegetationsstrukturen gekennzeichnet sind.

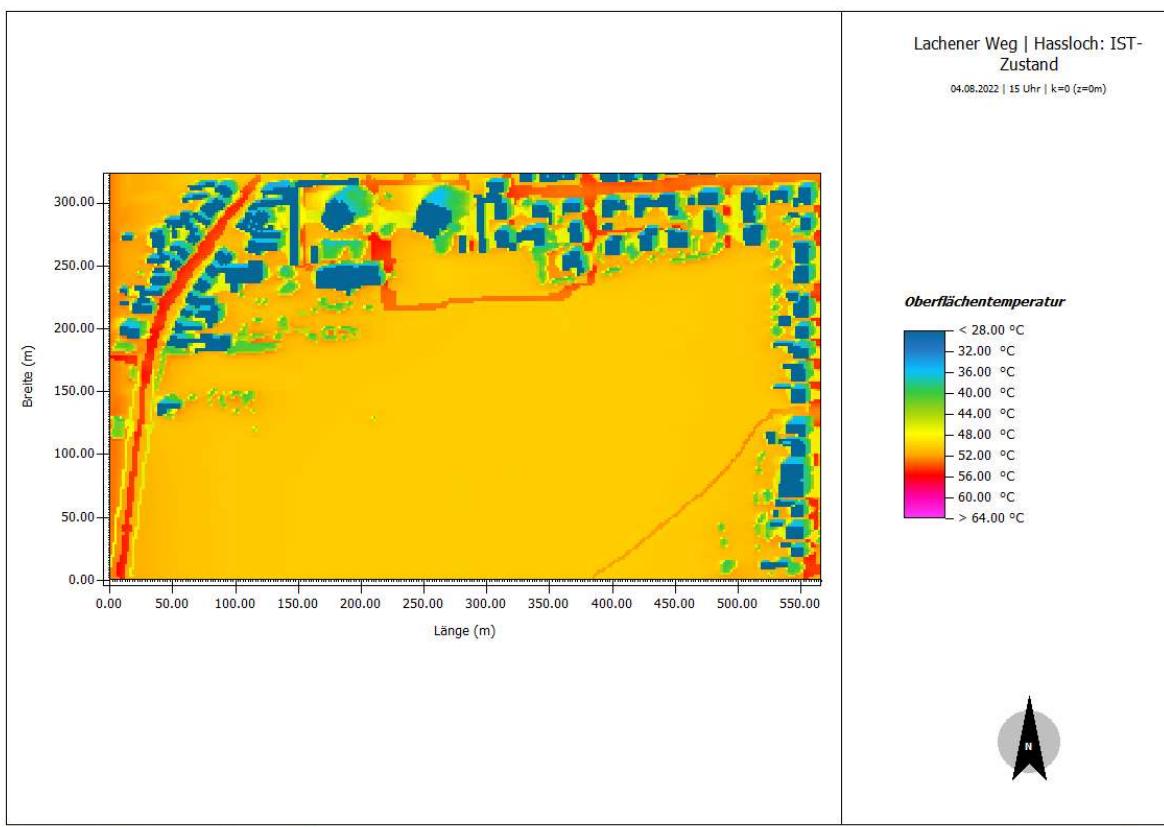
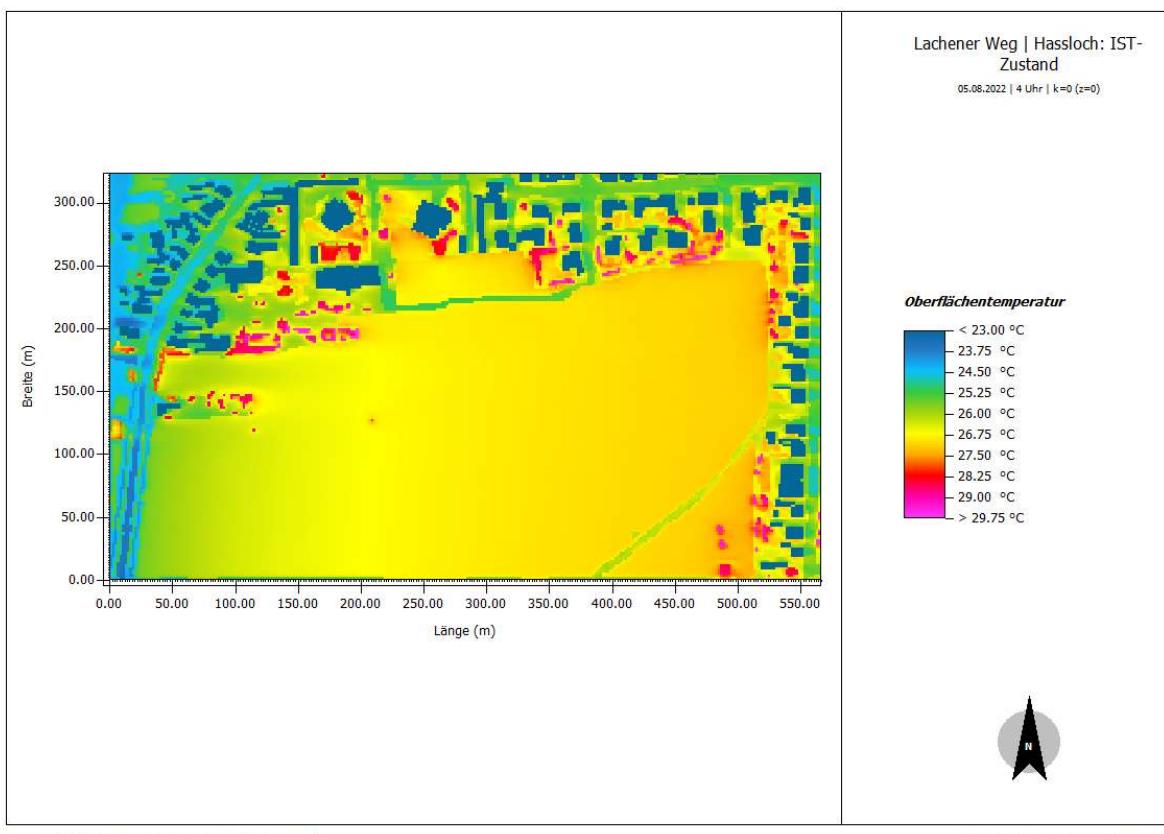


Abb. 7: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein leicht verändertes Bild ergibt sich bei der Betrachtung von Abbildung 8. Gut zu erkennen ist auch hier wieder die strukturelle Wiedergabe der versiegelten und unversiegelten Flächen des Untersuchungsraumes anhand der unterschiedlichen Nutzungsstrukturen. Auch hier zeigt sich, ähnlich in Abbildung 6, der Bereich im Osten entlang des „Sägmühlweges“, der im Vergleich zum übrigen Untersuchungsgebiet leicht höhere Werte von $\sim 1,5$ K aufweist. Deutlich wird an dieser Stelle aber auch, dass die gegenwärtige Freifläche im Sommer sehr stark durch die solare Einstrahlung und die fehlende Beschattung aufgeheizt werden kann, was sich in den Nachtstunden mit vergleichsweise hohen Oberflächentemperaturen von 26,5°C bis 27,5°C äußert. Dies ist insofern erwähnenswert, da die künstlichen und teil-/vollversiegelten Bereiche der Verkehrsinfrastruktur, wie zum Beispiel die „Trifelsstraße“, die „Kropsburgstraße“ sowie der „Sägmühlweg“ leicht geringere Oberflächentemperaturen (25°C bis 26°C) aufweisen.



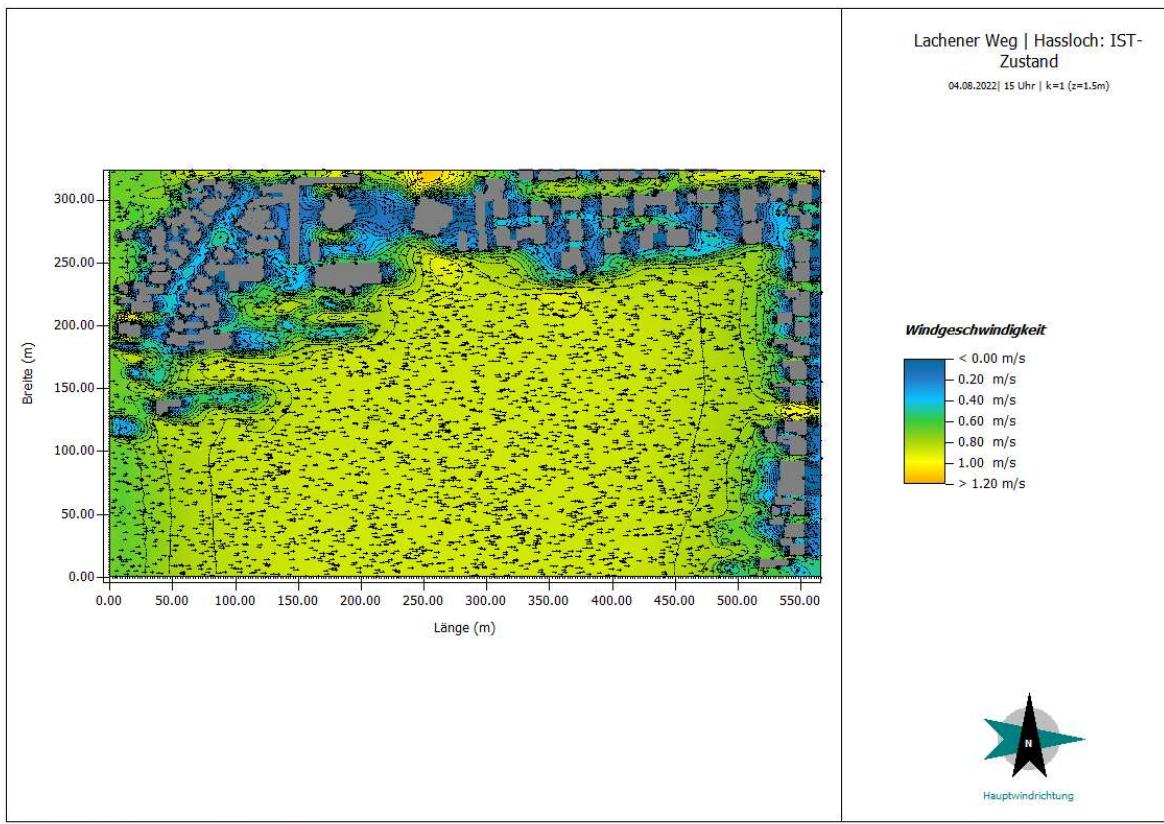
Rheinland-Pfälzische Technische Universität in Kaiserslautern

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 8: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Windgeschwindigkeit und -richtung

In Abbildung 9 ist am Beispiel der Tagstunden sehr schön zu erkennen, wie der in der Simulation vorgegebene Wind aus West über das Untersuchungsgebiet streicht. Sehr gut lässt sich auch hier unterscheiden zwischen freier Fläche und Standorten, die durch Bebauung bestanden und beeinflusst werden. Besonders deutlich trifft dies entlang des Ausschnitts des „Lachener Weges“ bzw. im Verlauf der „Trifelsstraße“ bis hin zum „Sägmühlweg“ hervor. Dort kommt es aufgrund der Abschirmung der Gebäude zu Windgeschwindigkeiten zwischen $0,5 \text{ m s}^{-1}$ bis $0,2 \text{ m s}^{-1}$. Ebenso wird die reduzierende Wirkung der Bebauung bis hinein in das Untersuchungsgebiet getragen, wenn kleine „Windstille-Näschen“ von West nach Ost in die Freifläche hineinragen. Die mitunter höchsten Geschwindigkeiten werden im zentralen Bereich des „Sägmühlweges“ erreicht, wenn aufgrund eines Kanalisierungseffektes der aus West strömende Wind durch eine der wenigen Lücken entlang des „Sägmühlweges“ in Richtung „Sandgasse“ nach Ost entweichen kann ($v > 1,2 \text{ m s}^{-1}$).

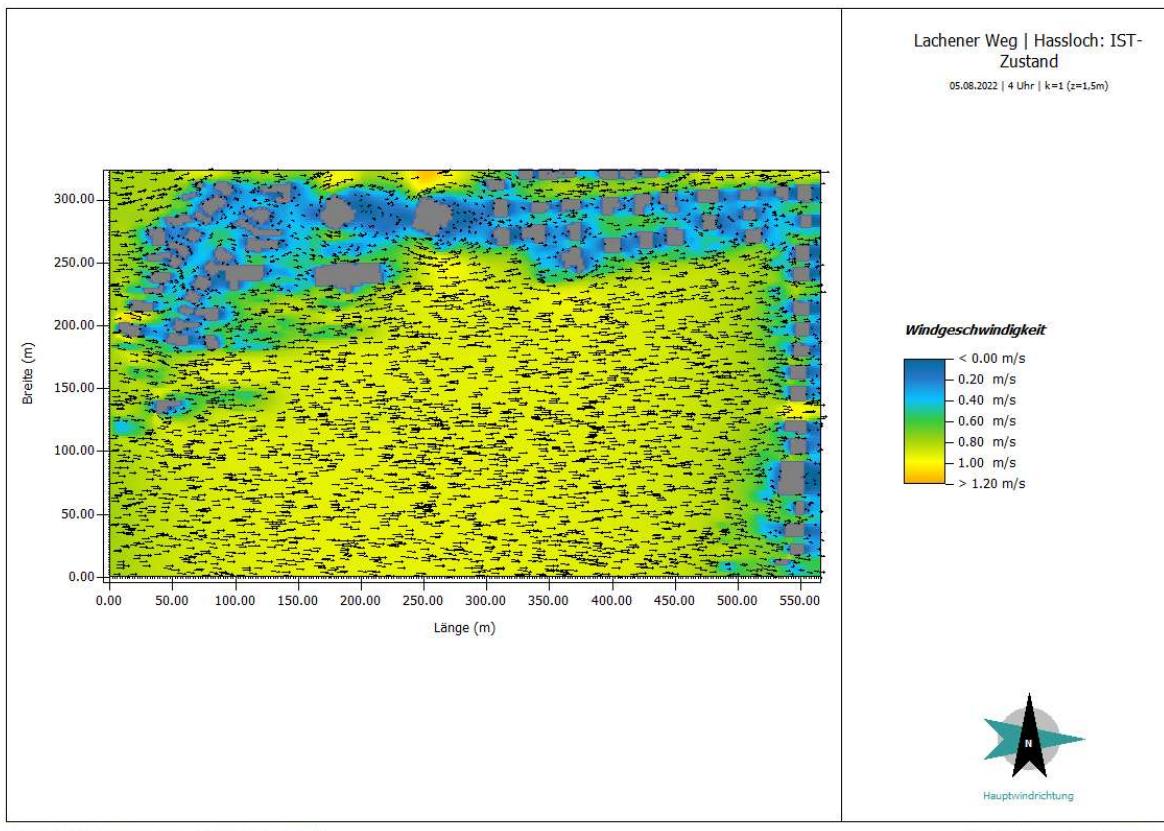


Rheinland-Pfälzische Technische Universität in Kaiserslautern

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 9: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein nahezu deckungsgleiches Bild ergibt sich bei der Betrachtung von Abbildung 10, wenn die Nachtstunden simuliert werden. Auch hier ergeben sich die Abschirmungseffekte der an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Siedlungsbereiche sowie der Einfluss der Gebäude- bzw. Vegetationsstrukturen innerhalb und entlang des Untersuchungsgebietes ($v = 0,5$ bis $0,2 \text{ m s}^{-1}$), bzw. der Kanalisierungseffekt im Bereich des „Sägmühlweges“ bzw. der „Sandgasse“ ($v > 1 \text{ m s}^{-1}$) und über der Freifläche ($v \sim 1 \text{ m s}^{-1}$).



Rheinland-Pfälzische Technische Universität in Kaiserslautern

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 10: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Grundsätzlich kann für beide Situationen, sowohl am Tage als auch in der Nacht (s. Abb. 9 und Abb. 10) davon ausgegangen werden, dass es bereits jetzt im Rahmen von Schwachwindstunden zu einer erheblichen Reduktion der Windgeschwindigkeit im gesamten Betrachtungsraum innerhalb und außerhalb der Freifläche und der angrenzenden Bebauung kommt.

PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

Erwartungsgemäß und nach Betrachtung der Luft- (Abb. 5) bzw. Oberflächentemperatur (Abb. 7) innerhalb des Untersuchungsgebietes zeigt sich eine Zweiteilung des Raumes in Bezug zur thermischen Behaglichkeit der sich dort aufhaltenden Personen. Wie nicht anders zu erwarten war, ergibt sich für die gesamte Freifläche ein vergleichsweise hoher PMV-Wert ≥ 4 , was gleichbedeutend ist mit einem thermischen Unbehagen bzw. einer deutlichen thermischen Wärmelastung, sollte man sich über einen längeren Zeitraum dort aufhalten. Dies ist insofern nicht verwunderlich, da bereits wie in den Abbildungen 5 bzw. 7 offensichtlich war, die freie Fläche des Untersuchungsraumes aufgrund der über Tag dort wirkenden solaren Einstrahlung und der nicht vorhandenen Verschattung ein großes Vermögen zur Erwärmung aufweist – und dies spiegelt sich dementsprechend in thermischen PMV-Index-Werten zwischen 4 und 4,3 wider.

Vergleichbar hohe Werte ergeben sich, ebenso erwartungsgemäß, innerhalb der Siedlungsstrukturen entlang des „Sägmühlweges“, der „Trifelsstraße“, der „Rietburgstraße“, der „Kropsburgstraße“ sowie dem „Lachener Weg“, aber auch der Verlauf der „Maxburgstraße“ ist am nördlichen Rand des Betrachtungsraumes zu erkennen. Allerdings zeigt sich an einigen Stellen entlang der Verkehrswege und der Bebauung, dass der PMV auch Werte < 4 erreicht, vor allem dort, wo teilversiegelte bzw. unversiegelte Flächen zu verzeichnen sind, sich öffentliche/ private Begrünungsstrukturen innerhalb der Siedlungsstrukturen finden oder auch durch die Verschattung der Gebäude.

Die wiederum höchsten Werte ($PMV \geq 4,3$) und damit die Bereiche der höchsten thermischen Belastung sind dort nachzuweisen, wo, wie bereits bei der Lufttemperatur (Abb. 5) aufgezeigt, Staueffekte zu erwarten sind, da dort aufgrund des Sonnenstandes die solare Einstrahlung hoch und der Austausch warmer Luftmassen aufgrund von Hindernissen nicht gegeben ist.

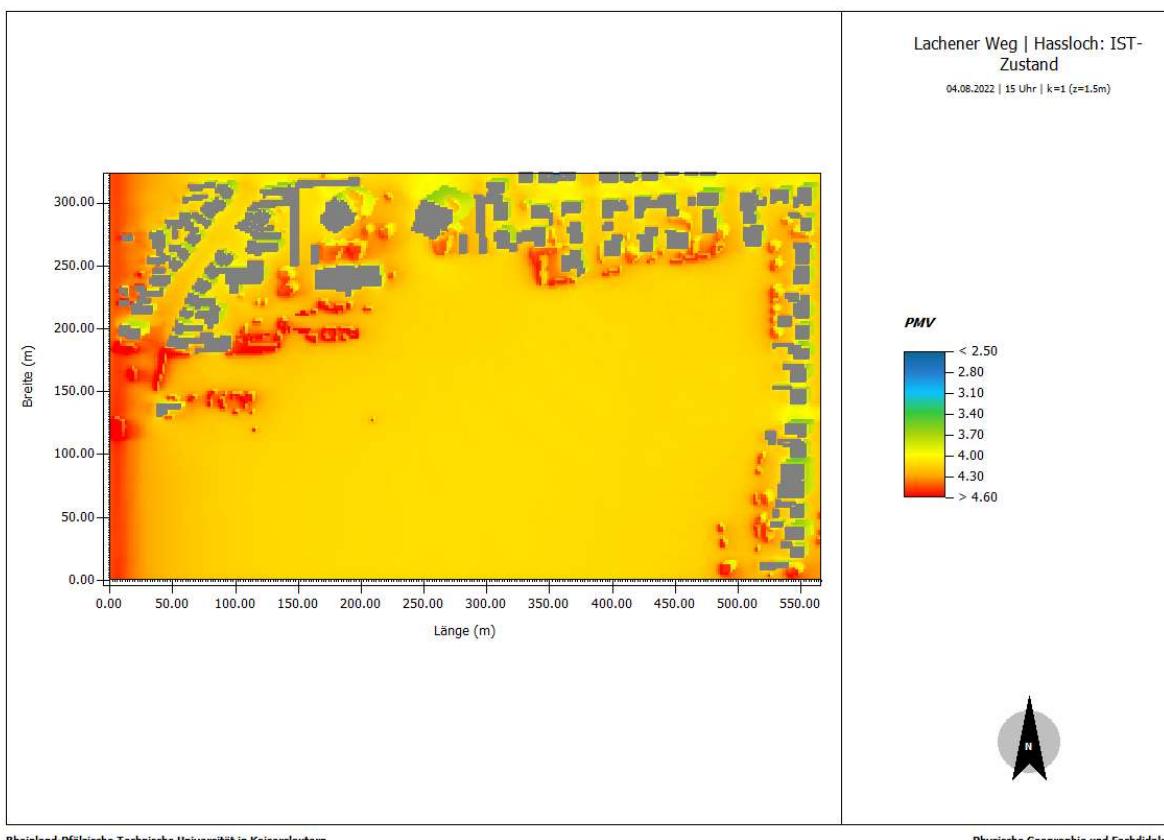


Abb. 11: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein gänzlich anderes Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Nachtstunden in Abbildung 12. Für nahezu das gesamte Untersuchungsgebiet ergibt sich ein PMV-Wert von 0,6, was entsprechend der Denomination der thermischen Behaglichkeit mit einer für die sich dort aufhaltenden Personen als angenehme und behagliche Umgebungssituation gleichgesetzt werden kann. Dieser Effekt hat sich bereits bei der Darstellung der möglichen Luft- (Abb. 6)

bzw. Oberflächentemperatur (Abb. 8) gezeigt, mit der Feststellung das im Vergleich zum Tag zum Beispiel die Oberflächentemperaturen um deutlich mehr als 15 Kelvin zurückgehen.

In Abbildung 12 ist ebenfalls deutlich der Einfluss des aus West in das Gebiet strömenden Windes zu erkennen. Die von den westlich gelegenen Freiflächen kühleren Luftmassen werden in das östlich des „Lachener Weges“ gelegene Untersuchungsgebiet getragen (PMV ~ 0,5). Dieser Effekt wirkt allerdings nur im ersten Viertel des Untersuchungsgebietes (bis auf Höhe der „Trifelsstraße“). Die höchsten PMV-Werte werden für die Nachtstunden erwartungsgemäß im Bereich der Verkehrswege erreicht (PMV = 0,5) bzw. dort, wo durch Abschirmeffekte von Gebäuden PMV-Werte zwischen 0,5 und maximal 0,9 zu verzeichnen sind, die jedoch nicht als thermisch belastend aufgefasst werden können.

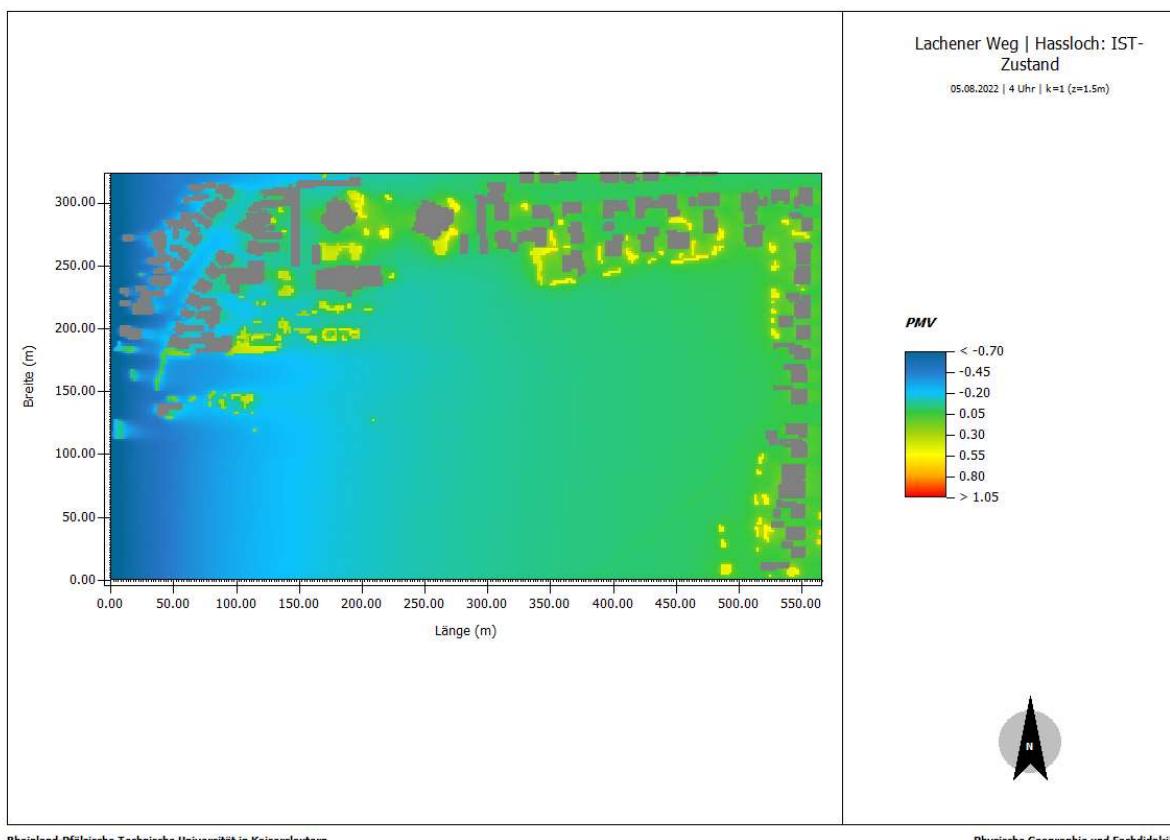


Abb. 12: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

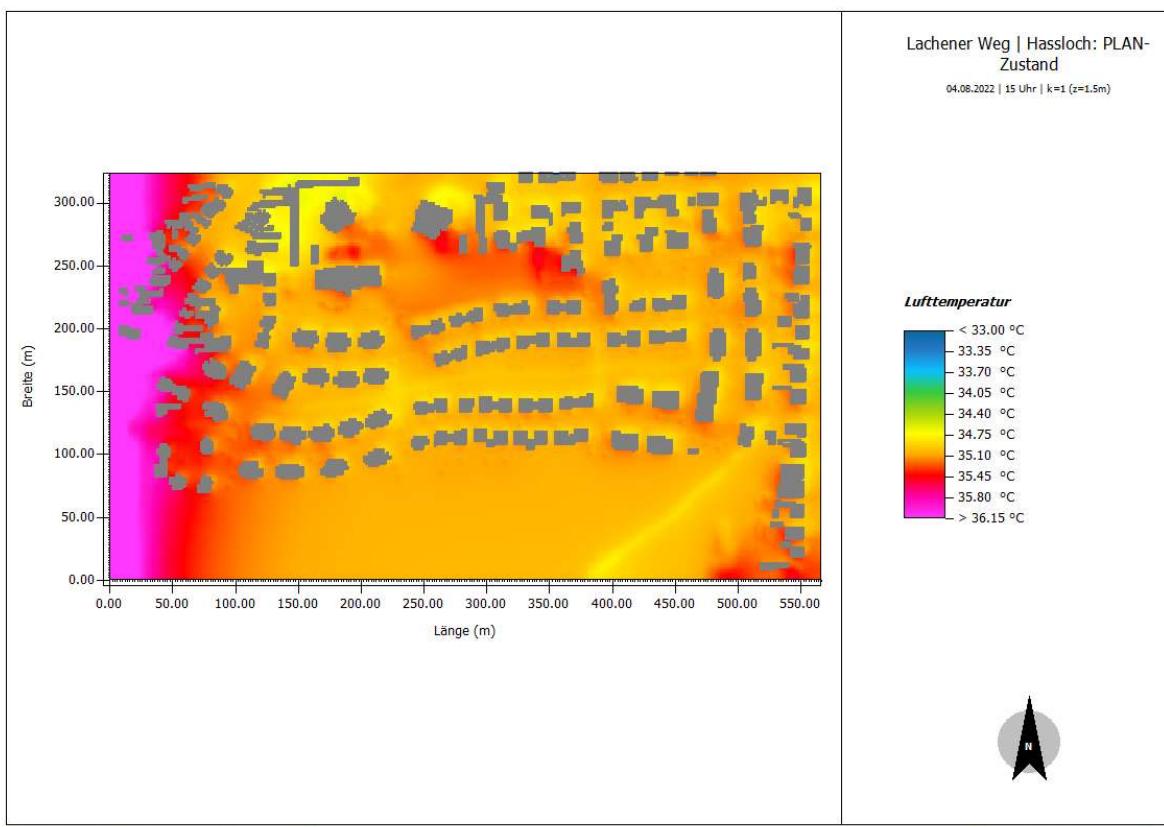
5.3. Das Untersuchungsgebiet im Planzustand

Das folgende Teilkapitel zeigt die lokalklimatische Situation nach der Umsetzung des vorliegenden sowie des in Kapitel 4 beschriebenen und angepassten städtebaulichen Rahmenplans des Neuvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ (s. dazu Abb. 3).

Lufttemperatur

Ein auf den ersten Blick deutlich verändertes Erscheinungsbild des Untersuchungsraumes ergibt sich bei der Auswertung der Abbildung 13. Bei genauerer Betrachtung jedoch zeigt sich, dass die Temperaturunterschiede zwischen Ist- und Plan-Zustand lediglich gering ausfallen. Es offenbart sich, dass auf Grundlage des vorgelegten, modifizierten städtebaulichen Rahmenplans der Einfluss auf das potentielle Neubauvorhaben relativ gering ausfällt. Innerhalb des gesamten neuen Siedlungskomplexes ergeben sich für 15.00 Uhr maximale Lufttemperaturwerte zwischen 34,5°C und 35,5°C – Werte, die ähnlich ausfallen, wie bereits in Abbildung 5 zu erkennen war. Dies ist wiederum damit zu erklären, dass die solare Einstrahlung im unbebauten Ist-Zustand nahezu unverschattet auf die Freifläche einwirken konnte und somit vergleichsweise hohe Lufttemperaturen erreicht wurden. Nun zeigt sich, dass, obwohl neue Versiegelungsstrukturen in das Untersuchungsgebiet eingefügt wurden, der Verschattungseffekt durch die Gebäude deutlichen Einfluss auf das Temperatursgeschehen nimmt. Dort wo vormals die solare Einstrahlung ungehindert die Bodenoberflächen erwärmen konnte, stehen nun Gebäude bzw. deren Schattenwurf sorgt für eine Verringerung der solaren Einstrahlung, was wiederum dazu führt, dass sich diese Bereiche weniger stark aufwärmen können.

Was allerdings sehr auffällig ist, ist der extrem offensichtlich überwärmte Bereich zwischen der „Trifelsstraße“ und der „Maxburgstraße“. Dort offenbart sich ein eindeutiger Wärmestau aufgrund der Tatsache, dass in der Simulation ein Westwind angenommen wurde. Der hier nun entstehende Wärmestau entsteht dadurch, dass der Wind die bodennahe warme Luftsicht nicht mehr nach Süden ausweichend in die freie Fläche ableiten kann. Ebenso zeigt sich für diesen als Bedarfsfläche „Kita“ gekennzeichneten Raum, dass aufgrund fehlender Angaben zur Bebauung und Vegetation diese Fläche als wenig verschattetes Gebiet erneut eine hohe Umgebungstemperatur generieren kann, was wiederum die Gefahr birgt, dass es dort zu einer thermischen Belastung am Tage kommen kann.



Rheinland-Pfälzische Technische Universität in Kaiserslautern

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 13: Simulation des Planzustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

In Abbildung 14, der Darstellung für die Nachtstunden, offenbart sich ein sehr diffiziles Bild. Deutlich ist der Einfluss der bereits in Abbildung 12 dargestellten kühleren Luftmassen aus West zu erkennen, die von den westlichen Freiflächen über den „Lachener Weg“ hinein ins Plangebiet getragen werden. Deren Einfluss ist im ersten Drittel des Untersuchungsgebietes, mit deutlich geringeren Lufttemperaturen ($\sim 23,5^{\circ}\text{C}$) im Vergleich zum zentralen ($24,5^{\circ}\text{C}$) bzw. zum „Sägmühlweg“ ($\sim 25,5^{\circ}\text{C}$) hin gerichteten Raum zu verzeichnen. Offensichtlich ist hier, dass in den Nachtstunden vor allem der westliche und zentrale Bereich Lufttemperaturen aufweisen, die vergleichbar mit dem Ist-Zustand sind (s. Abb. 5), wo hingegen der gesamte östliche Bereich entlang des „Sägmühlweges“ eindeutig höhere Lufttemperaturwerte aufweist. Dies ist vermutlich damit zu erklären, dass die aus West kommende Windströmung die warmen Luftmassen von West über das erwärmte Untersuchungsgebiet aufnimmt und sich diese im Osten des Untersuchungsgebietes aufstaut. Auch hier müsste im ersten Moment davon ausgegangen werden, dass der durch dieses Aufstauen und die verringerte Durchmischung der Luftsichten hervorgerufene Effekt mit einer thermischen Wärmebelastung einhergeht.

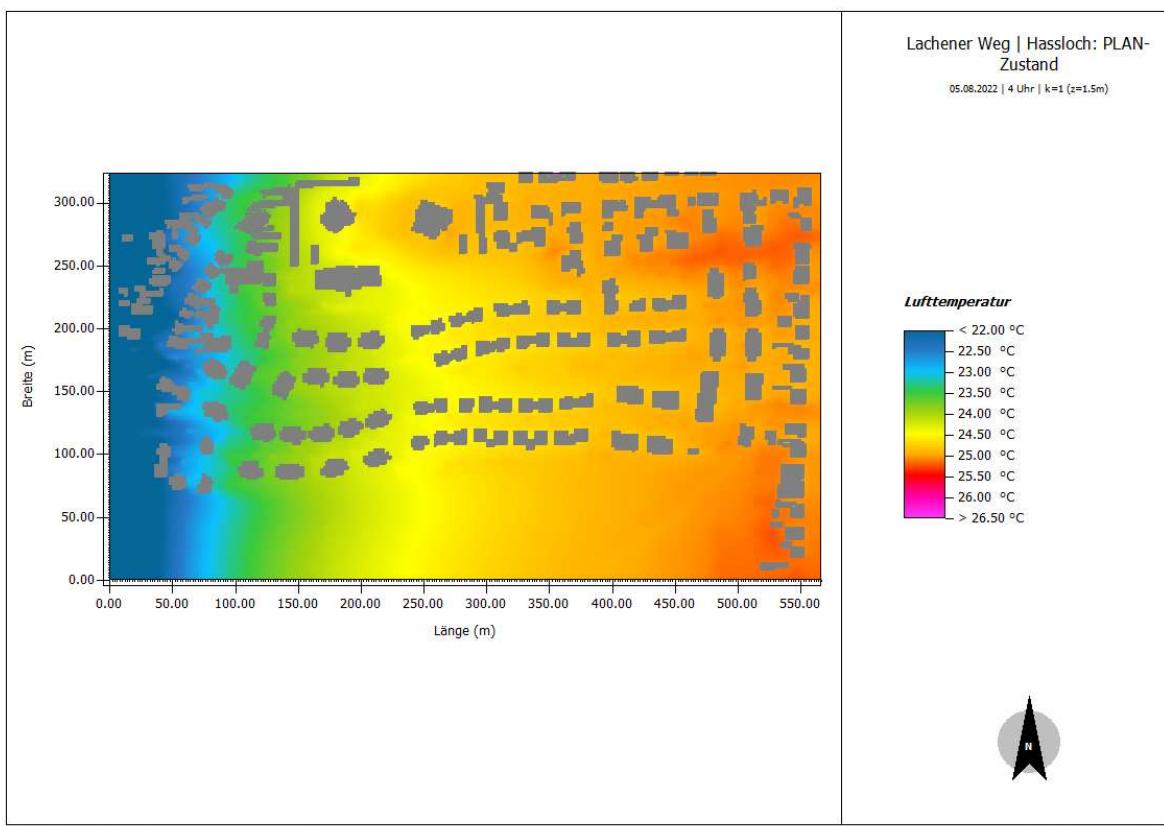
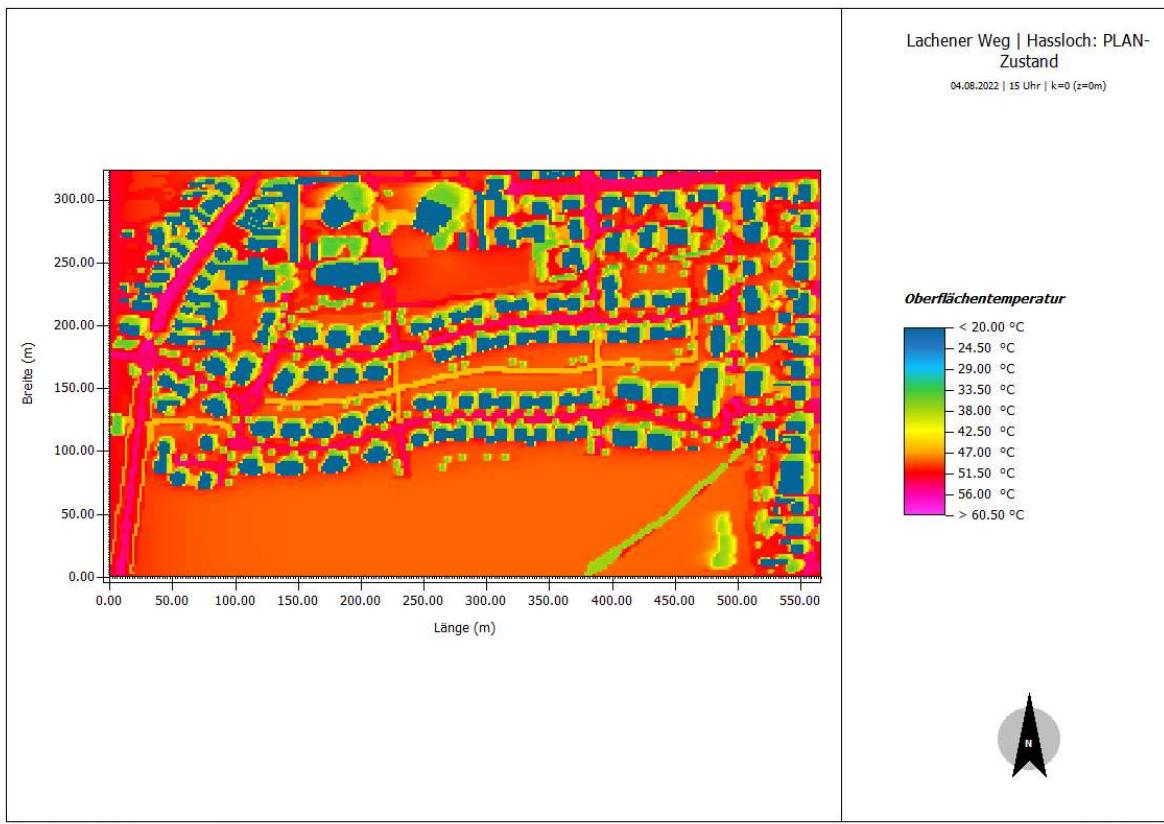


Abb. 14: Simulation des Planzustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Oberflächentemperatur

Sehr schön ist der eigentliche Charakter des Planzustandes zu erkennen, wenn die Darstellungen der Oberflächentemperaturen betrachtet werden. Wie bereits im Ist-Zustand (Abb. 7), hebt sich nun auch im Plan-Zustand die Bebauungsstruktur bzw. die Verkehrsinfrastruktur von den übrigen Flächen ab. Deutlich treten in Abbildung 15, dargestellt für die Tagstunden, die neuen Wegeführungen innerhalb des Neubauvorhabens hervor. Was anhand des Beispiels aus Abbildung 15 jedoch ebenfalls sehr gut zu erkennen ist, ist die Tatsache, dass die Räume, die nicht durch den städtebaulichen Rahmenplan überplant wurden, noch immer die bereits aus dem Ist-Zustand bekannten hohen Oberflächentemperaturen ($\geq 50^{\circ}\text{C}$) aufweisen. Dies trifft insbesondere für den Süden des Plangebietes zu, wo wiederum über die gesamten Tagstunden hinweg die solare Einstrahlung ungehindert und unverschattet auf das Gelände wirken kann.

Dort, wo nun im Untersuchungsgebiet neue Gebäude und Grünstrukturen eingeplant sind, zeigt sich, dass die Oberflächentemperaturen lokal durchaus geringer ausfallen können ($\sim 35^{\circ}\text{C}$) als im Ist-Zustand simuliert, da nun die Effekte der Verschattung sowie der Verdunstungseffekt über diesen Flächen wirksam werden. In Summe können sich diese beiden Modifikationen durchaus positiv auf die Gesamtbilanz dieses Raumes auswirken.



Rheinland-Pfälzische Technische Universität

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 15: Simulation des Planzustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein entsprechendes Bild der nächtlichen Oberflächentemperaturen offenbart sich in Abbildung 16. Auch hier ist wiederum sehr gut die allgemeine Struktur des Gesamtuntersuchungsgebietes zu erkennen. Nochmals deutlicher treten hier erwartungsgemäß die Verkehrswege sowohl des Alt- als auch des Neubestandes hervor. Und auch die bereits erwähnte freie Fläche im Süden des Untersuchungsgebietes weist durchweg mit durch die höchsten Temperaturwerte innerhalb der untersuchten Flächen ($\geq 26,5^{\circ}\text{C}$) auf.

Wie bereits in Abbildung 13 dargelegt, zeigt sich der Einfluss des aus West kommenden Windes auch anhand der Oberflächentemperaturen. Vom „Lachener Weg“ ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) erhöhen sich die Werte im Verlauf bis zum „Sägmühlweg“ von $26,0^{\circ}\text{C}$ bis hin zu $27,5^{\circ}\text{C}$, was wiederum das bereits erwähnte Erwärmungspotential im östlichen Randbereich des Neubauvorhabens bestätigt.

Positiv sticht in den Nachtstunden die bereits in Abbildung 13 erwähnte freie Bedarfsfläche zwischen „Trifelsstraße“ und „Maxburgstraße“ auf. Zwar wird die Fläche über Tag stark erwärmt, gibt jedoch aufgrund der gegenwärtig geringen Temperaturleitfähigkeit der Bodenoberfläche schnell die langwellige Wärmestrahlung ab und offenbart mit $\sim 25,5^{\circ}\text{C}$ nachts mitunter die geringsten Temperaturwerte innerhalb des potentiell neugestalteten Bestandes.

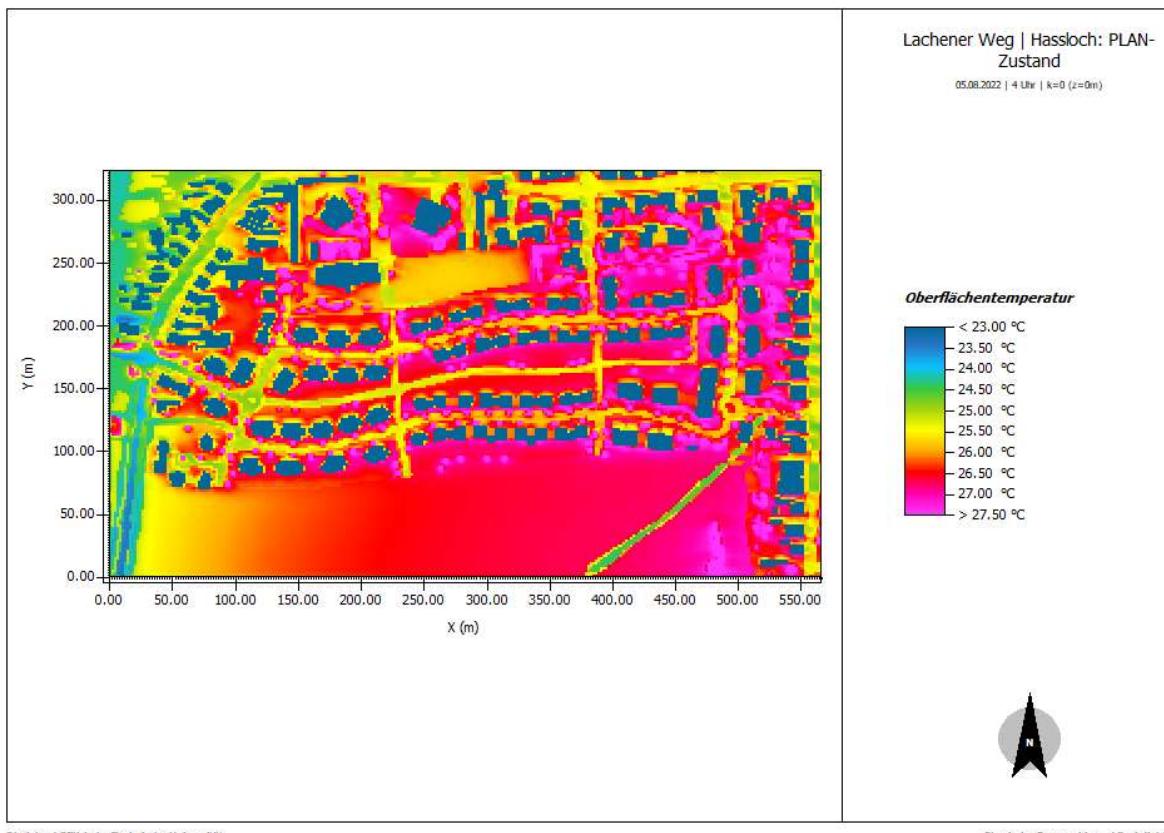


Abb. 16: Simulation des Planzustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Windgeschwindigkeit und -richtung

Bei der Betrachtung des Ist-Zustandes in Bezug auf Windgeschwindigkeit und -richtung war bereits sehr augenfällig, dass im gesamten Untersuchungsgebiet die Windgeschwindigkeit gleichbleibend und von der Windrichtung her nahezu unbeeinflusst blieb. Einzig die Flächen des Neubauvorhabens von drei Seiten umschließende Bebauung und vereinzelt auftretende Vegetation wies einen verringernden Einfluss auf die Windgeschwindigkeit und -richtung auf.

Nun zeigt sich, dass die neue Gebäudestruktur und auch die neue Wegeführung innerhalb des Plangebietes einen signifikanten Einfluss auf das Windfeld der ehemals freien Fläche nimmt. Erwartungsgemäß erreichen die Windgeschwindigkeiten südlich des Neubauvorhabens mit $v \geq 0,8 \text{ m s}^{-1}$ die höchsten Werte, da dieser Bereich des Betrachtungsraumes noch immer den Charakter der ehemaligen Freiflächen widerspiegelt – unbeeinflusst bleibt hier auch die Windrichtung. Vergleichbare Werte der Windgeschwindigkeit werden zum einen innerhalb des Plangebietes über dem geplanten „grünen Band“ zwischen der nördlichen und südlichen Gebäudeanordnung erreicht, zum anderen über der Bedarfsfläche zwischen „Trifelsstraße“ und „Maxburgstraße“. Für beide Flächen gilt eine geringe Rauigkeitslänge und somit ein nur gering beeinflusstes Überstreichen des Windes.

Gänzlich verändert zeigt sich das Windfeld innerhalb des Neubauvorhabens. Die Gebäude stellen ein im Vergleich zum Ist-Zustand deutliches Strömungshindernis dar, mit

Windgeschwindigkeiten $v < 0,6 \text{ m s}^{-1}$. Aber auch über den simulierten, meist privaten Grünflächen wird aufgrund der Vegetationsstruktur eine Verringerung der Windgeschwindigkeit offensichtlich und auch Verwirbelungen entlang der neuen Strukturen weisen auf die Modifikation des Windfeldes hin.

Besonders deutlich wird die Verringerung der Windgeschwindigkeit ($v < 0,3 \text{ m s}^{-1}$) und die Tendenz zur Wirbelbildung im östlichen Bereich des Neubauvorhabens. In diesem Bereich bewirkt das Zusammenspiel von neuer Bebauung und angrenzendem Bestand ein extrem reduziertes Windfeld mit dem Potential zu einer erhöhten Anzahl von Schwachwindstunden. Dies birgt im Zusammenspiel mit der bereits mehrfach erwähnten Möglichkeit einer Erhöhung der Umgebungstemperaturen zwischen Neubauvorhaben und „Sägmühlweg“ aufgrund des fehlenden Austausches der erwärmten bodennahen Luftmassen die Gefahr einer thermischen Belastung.

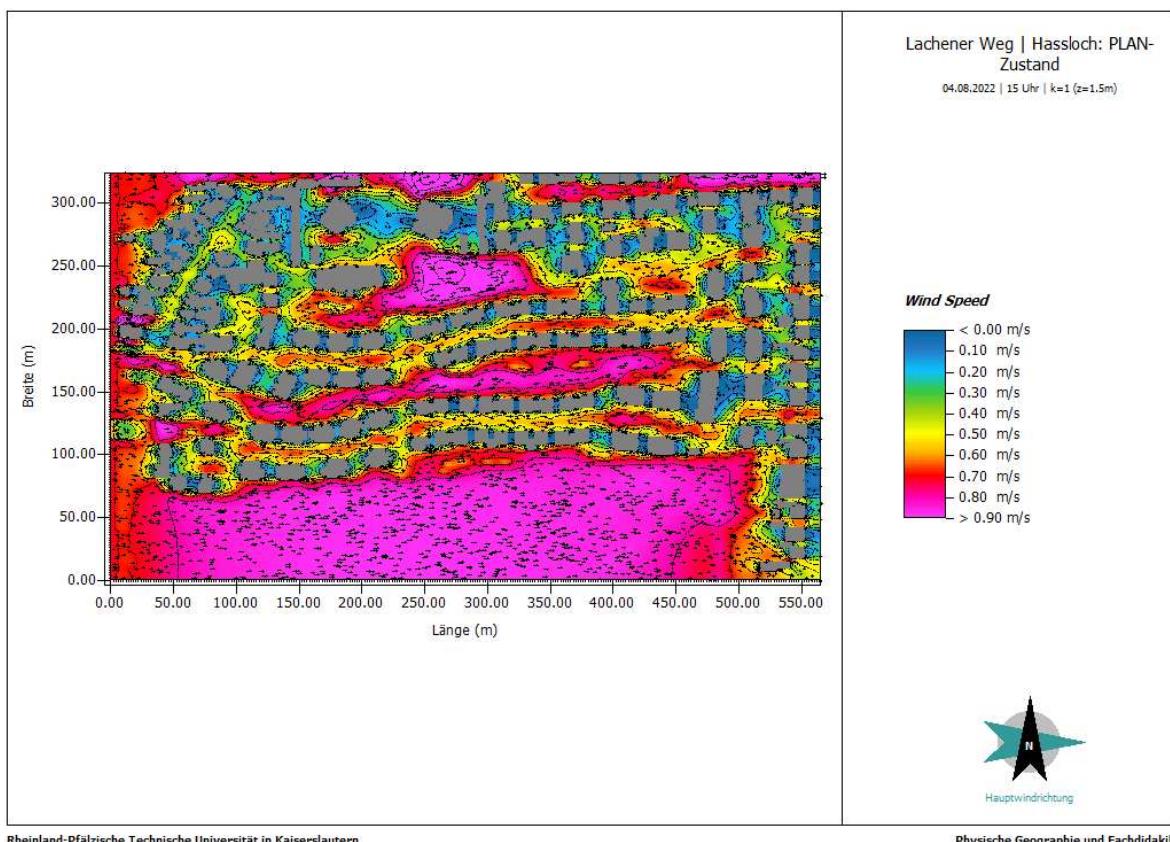


Abb. 17: Simulation des Planzustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein zu den Tagstunden vergleichbares Bild des Windfeldes ergibt sich in Abbildung 18 bei der Betrachtung der Nachtsituation. Wieder stechen die bereits in Abbildung 17 erwähnten von Bebauung und Vegetation weitestgehend freien Flächen mit den höchsten Windgeschwindigkeiten und dem am geringsten beeinflussten Windfeld heraus. Wiederum zeigt sich innerhalb der neuen Gebäudestruktur die deutliche Modifikation von Windgeschwindigkeit und -richtung. Und ebenso zeigt sich die östliche Teilfläche des

Neubauvorhabens zum „Sägmühlweg“ als dieses Mal noch deutlich ausgeprägtere Schwachwindzone mit $v < 0,2 \text{ m s}^{-1}$.

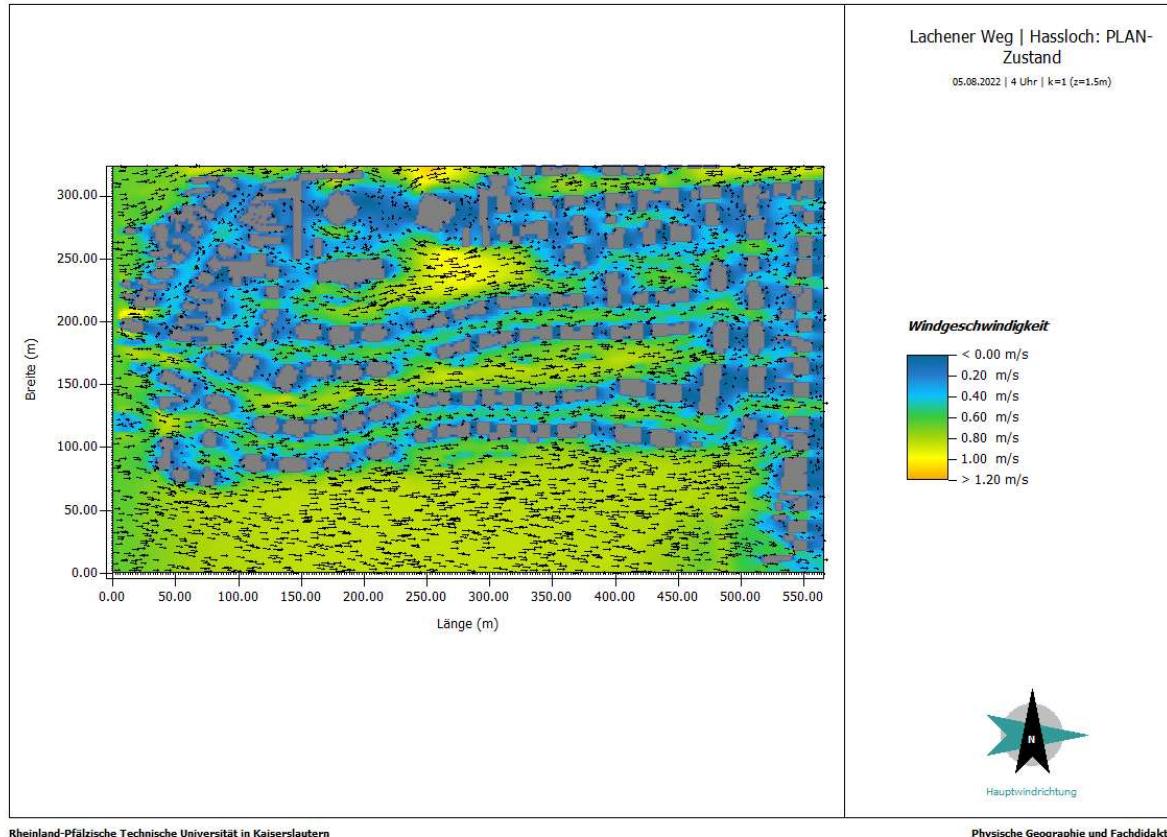


Abb. 18: Simulation des Planzustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

Bei der Betrachtung der thermischen Behaglichkeit bzw. des PMV-Wertes zeigt sich in Abbildung 19, dass vergleichbar mit der in Abbildung 11 für die Ist-Situation der Tagstunden, auch hier ein deutlich erhöhter PMV-Wert > 4 zu verzeichnen ist. Dies bestätigt wiederum eine thermische Wärmebelastung, die zwar, wie bereits im Ist-Zustand erwähnt, gegenwärtig als hoch einzustufen ist, jedoch steigt die Belastung in Abbildung 19 nochmals an, sodass dieser Wert v. a. durch die neu versiegelten und bebauten Flächen nochmals leicht erhöht wird. Vor allem zeigt sich dies bei der Betrachtung des östlichen Randbereiches des Untersuchungsgebietes bzw. im Bereich der östlich gelegenen Siedlungsstruktur des „Sägmühlweges“. Auch hier kommt es zu einer leichten Erhöhung mit einem $\text{PMV} > 4$. Dies spiegelt die Erkenntnisse wider, die bereits für die Lufttemperatur bzw. Oberflächentemperatur im Planzustand dargelegt wurden. Auch hier ist das Problem des Wärmestaus bzw. des unterbundenen Luftaustausches offensichtlich.

Was aber auch hervorsticht sind die Bereiche, die durch Gebäudeelemente oder Bäume eine Verschattung erfahren und einen $\text{PMV} = 3$ einnehmen, somit gering thermisch belastet sind.

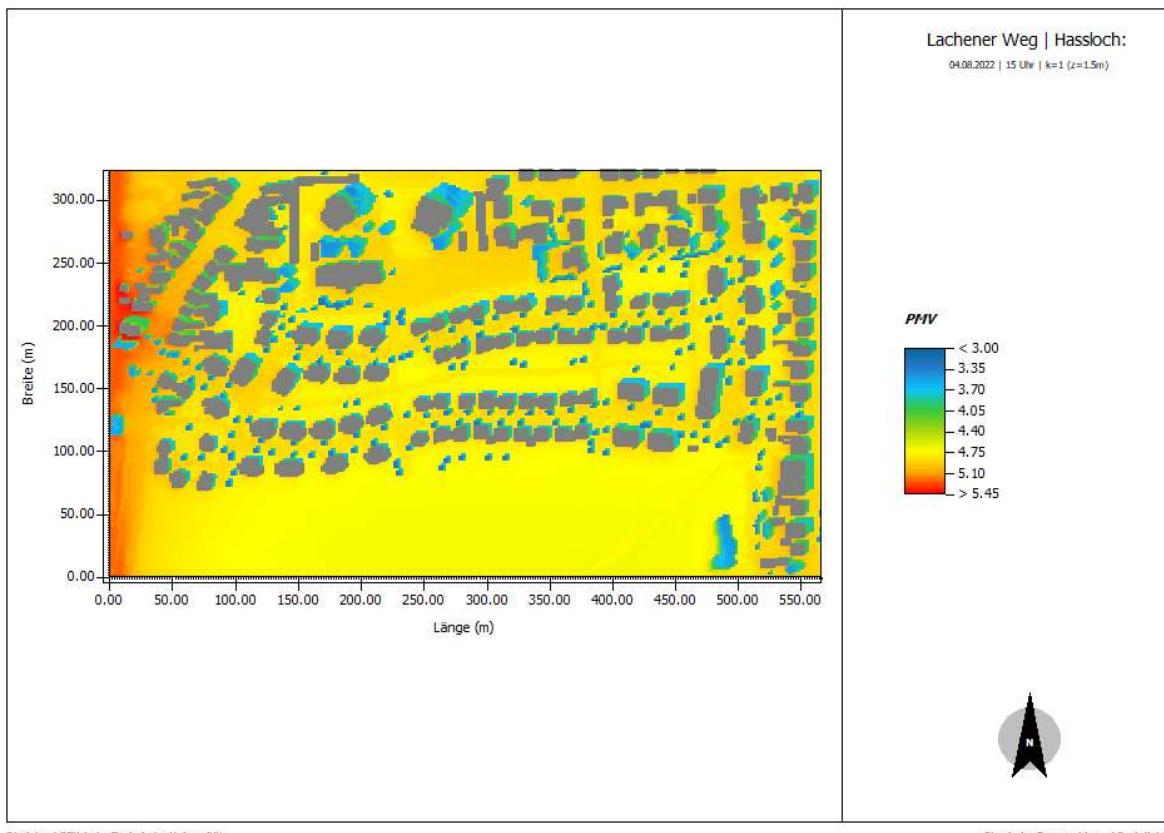


Abb. 19: Simulation des Planzustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ein gänzlich anderes Bild offenbart die Betrachtung von Abbildung 20, die den PMV-Wert für den Planzustand in den Nachtstunden darstellt. Wie bereits bei der Betrachtung des PMV-Wertes für den Ist-Zustand, zeigt sich auch beim Planzustand, dass in den Nachtstunden die Möglichkeit besteht, dass die thermische Behaglichkeit deutlich zunimmt. Die am Tage prognostizierte thermische Belastung mit Werten von $PMV > 4$ nimmt dieser im gesamten Betrachtungsraum im Beispiel der dargestellten Uhrzeit von 4:00 Uhr deutlich ab und sinkt auf einen $PMV < 1$, wird stellenweise sogar negativ.

Zwar zeigt sich auch in Abbildung 20 wiederum ein im Vergleich zum übrigen Gebiet leicht erhöhter PMV von 0,3 bis 0,7 im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes bzw. entlang der Siedlungsstruktur des „Sägmühlweges“ sowie im nördlichen Teil „Trifelsstraße“, der „Rietburgstraße“ und der „Kropburgstraße“, allerdings können diese Werte nicht als thermisch belastend bezeichnet werden. Ähnliche Prognosen zeigten sich auch bereits im Ist-Zustand, ohne die vorgenommene Simulation des städtebaulichen Rahmenplans.

Abermals wird auch der Einfluss der kühleren Luftmassen deutlich, die mit dem von West kommenden Wind aus den westlich gelegenen Freiflächen in das Plangebiet hineingetragen werden ($PMV = -0,1$ bis $-0,5$). Jedoch wirkt dies auch hier erneut nur im ersten Drittel aus, im zentralen bzw. östlichen Bereich heben sich die Werte leicht vom übrigen Raum ab.

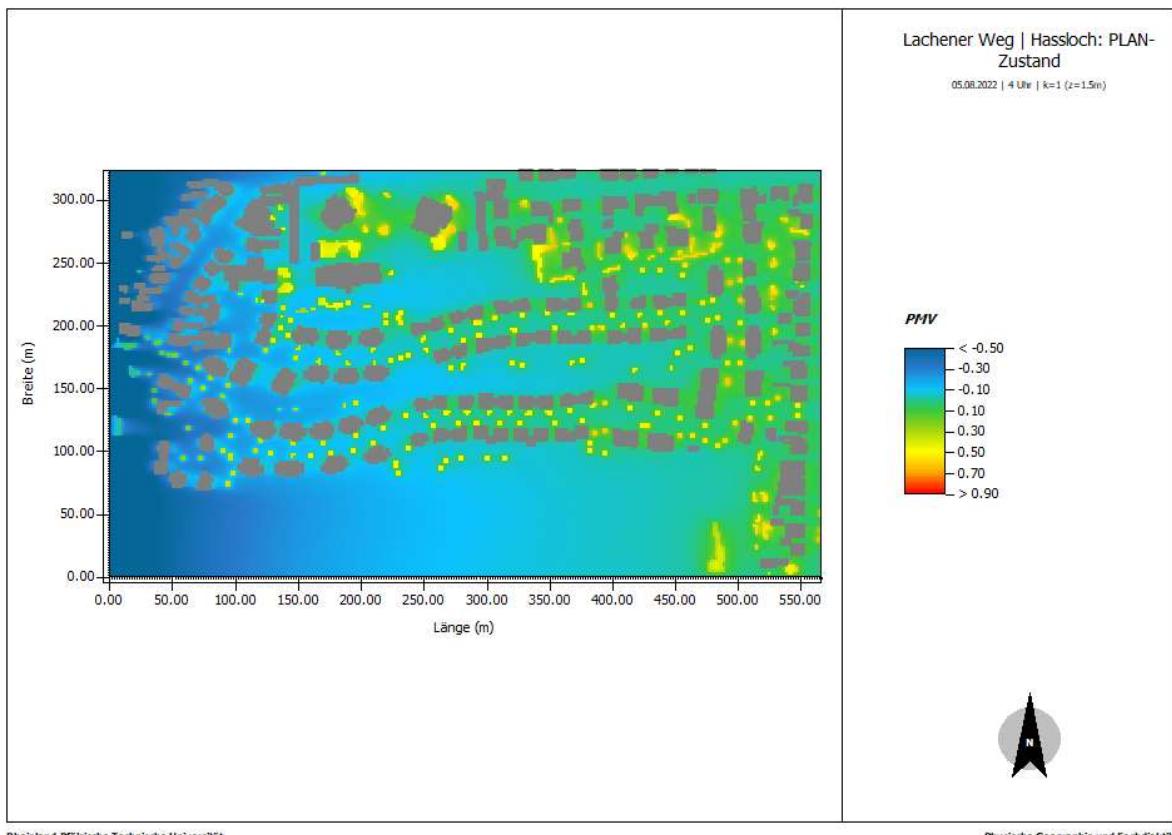


Abb. 20: Simulation des Planzustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

5.4. Lokalklimatische Differenzen zwischen dem Plan- und Ist-Zustand

Für das Neubauvorhaben „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ kann der Ist-Zustand mit der potentiellen Umsetzung des vorgelegten städtebaulichen Rahmenplans anhand den zuvor zugrunde gelegten meteorologischen Daten verglichen, analysiert und bewertet werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit erfolgt an dieser Stelle eine Überlagerung einzelner Messgrößen mittels LEONARDO. Die Ergebnisse der Overlay-Methode werden durch sogenannte Differenzkarten dargestellt. Hierfür wird jeweils ein Parameter des städtebaulichen Rahmenplans um 15.00 Uhr am 04.08.2022 mit dem Ist-Zustand derselben Uhrzeit bzw. der Plan-Zustand um 4.00 Uhr am 05.08.2022 mit dem Ist-Zustand derselben Uhrzeit überlagert. Die Overlay-Methode eröffnet die Möglichkeit, die Modifikation der einzelnen meteorologischen Parameter darzustellen und eventuelle Zusammenhänge/Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Messgrößen aufzuzeigen. Des Weiteren können die lokalklimatischen Folgewirkungen für die umliegende Bestandsbebauung abgeschätzt werden.

Auch an dieser Stelle werden, nach dem Schema aus den Teilkapiteln 5.2. und 5.3., die Parameter Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie der thermische Index PMV getrennt voneinander betrachtet.

Differenz der Lufttemperatur

Standortabhängig lassen sich durch die Bildung von Differenzkarten Unterschiede zwischen dem Ist- und Planzustand lokal deutlich besser identifizieren. So wird durch die Betrachtung von Abbildung 21 deutlich, dass im Vergleich zwischen dem Ist- und Planzustand im Untersuchungsgebiet nach Umsetzung des städtebaulichen Rahmenplanes eine leichte Erhöhung der Lufttemperatur im Worst-Case-Szenario zu erwarten ist. Allerdings zeigt sich auch, dass es sich bei diesem Anstieg um marginale Werte zwischen 0,1 und 0,2 K handelt. Hier wird wiederholt der Tatsache Rechnung getragen, dass, wie bereits im Vorfeld erwähnt, die gegenwärtige Freifläche im unbeplanten Zustand über die Tagstunden durch die solare Einstrahlung sehr stark aufgeheizt wird und dementsprechend hohe Lufttemperaturen generiert werden können. Somit offenbaren sich die „deutlichsten“ Differenzen in den Bereichen, wo aufgrund eingeschränkter Ventilationsmöglichkeiten vermutlich die Wärme aufgestaut wird. Dies zeigt sich sehr deutlich vor allem im östlichen Bereich des Plangebietes bzw. im zentralen Bereich des „Sägmühlweges“ – dort wird der Austausch ebenso verringert.

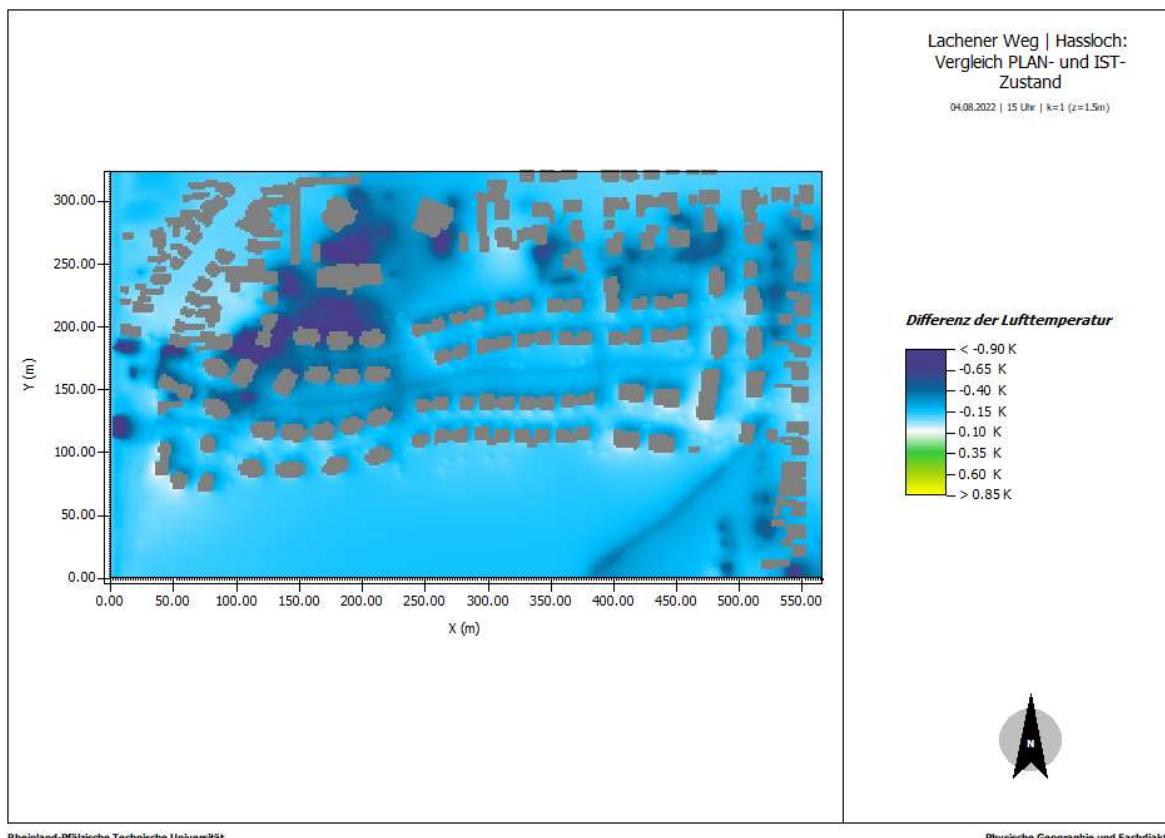


Abb. 21: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsbereites „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Allerdings zeigt sich aber vor allem im nordöstlichen Bereich des Plangebietes, dass aufgrund der neuen Baustuktur und dem damit einhergehenden Verschattungseffekt durch die Gebäude, eine geringe Reduktion der Lufttemperatur im Planzustand erwartet werden kann,

da nun die solare Einstrahlung nicht mehr ungehindert im Verlauf der Tagstunden die bodennahe Luftschicht aufheizen kann (s. Abb. 21).

Bei der Betrachtung der Nachtstunden jedoch zeigt sich, dass der bereits für die Tagstunden erwähnte Differenzwert zwischen Ist- und Planzustand etwas deutlicher ausfällt. Der westliche Bereich des Plangebietes offenbart einen immer wieder feststellbaren Einfluss kühlerer Luftmassen aus dem westlichen Bereich des „Lachener Weges“, indem dort die Temperaturen nahezu gleich bleiben bzw. um rund 0,1 K abnehmen. Je weiter wir uns jedoch in das Untersuchungsgebiet hinein bewegen zeigen sich, dass in den Nachtstunden eine leichte Temperaturerhöhung zwischen 0,15 und 0,35 Kelvin auftreten kann. Der immer wieder erwähnte Bereich im Osten und entlang des „Sägmühlweges“ weist mit 0,3 bis 0,4 K die höchste Differenz auf.

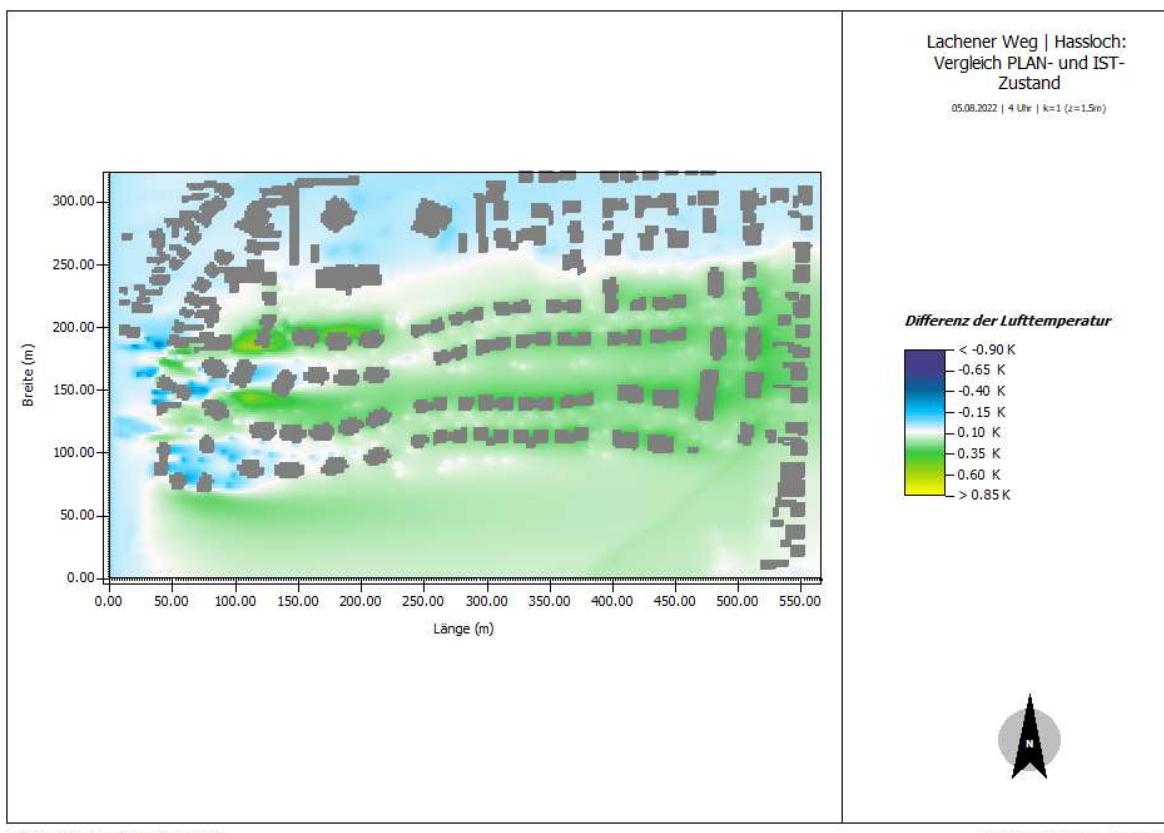


Abb. 22: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Ganz allgemein zeigt sich für das gesamte Plangebiet aufgrund der Veränderung hin zu künstlichen Oberflächenmaterialien das Potential einer leichten Überwärmung, die jedoch im Vergleich zum Ist-Zustand deutlich geringer ausgeprägt ist, als dies zu vermuten war.

Differenz der Oberflächentemperatur

Die Betrachtung der Differenz der Oberflächentemperaturen zwischen Ist- und Planzustand wird noch einmal deutlich der Effekt der neuen Bebauungsstruktur dargestellt. Hierbei lässt sich hervorheben, dass der angrenzende Bestand nahezu kaum Veränderungen erkennen lässt, die darauf hinweisen, dass sich nach erfolgter Umsetzung des städtebaulichen Rahmenplans die Baumaßnahmen signifikant negativ auf die Oberflächentemperaturen auswirken (s. Abb. 23).

Die deutlichsten Unterschiede entstehen im Bereich des in Bezug auf den städtebaulichen Rahmenplan entwickelten Neubaugebietes. Innerhalb der neu geplanten Siedlungsstruktur zeigt sich, dass aufgrund des bereits mehrfach erwähnten Verschattungseffektes durch die Gebäude bzw. Vegetationsstrukturen die Oberflächentemperatur im Vergleich zum Ist-Zustand abnimmt, dies allerdings nicht als signifikant zu beschreiben wäre ($\sim 3 \text{ K}$). Dieser Effekt der verringerten Oberflächentemperaturen zeigt sich ebenso in der bereits dargestellten Abbildung 21, auf Grundlage der nur sehr geringen Lufttemperaturunterschiede zwischen Ist- und Planzustand.

Ein gegenteiliges Bild zeigt sich bei den Verkehrsflächen, die aufgrund der verwendeten künstlichen Oberflächenmaterialien im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand nun ein sehr viel höheres Potential der Wärmespeicherung und zeitverzögerten Wärmeabstrahlung aufweisen (bis zu $+10 \text{ K}$).

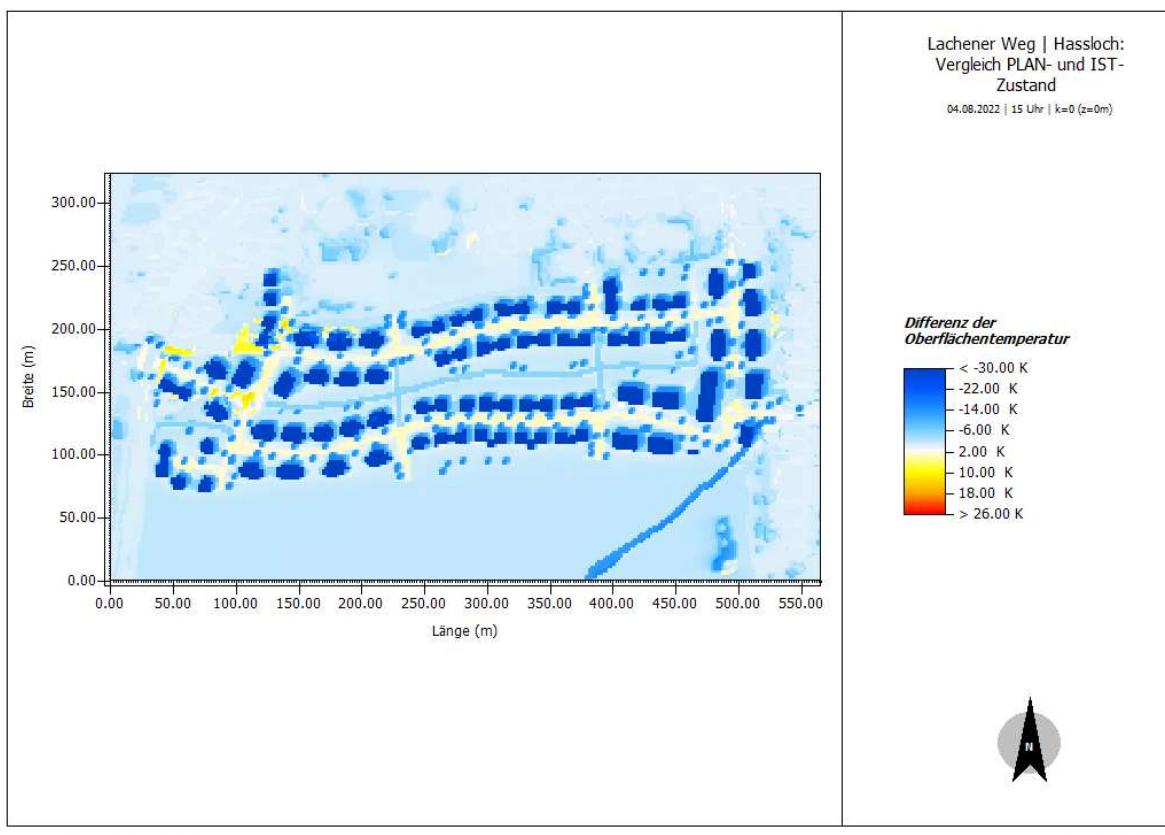


Abb. 23: Vergleich der Oberflächentemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Noch deutlicher wird die Differenzbetrachtung der Oberflächentemperaturen für die Nachtstunden in Abbildung 24. Auch hier zeigt sich, dass es zwischen Ist- und Planzustand im Bereich des Bestandes zu keinerlei Veränderungen kommt. Lediglich im Bereich des Neubaugebietes ergeben sich die offensichtlichen Strukturen der Bau- bzw. Infrastrukturmaßnahmen. Deutlich wird auch hier, dass es durch die Verschattungseffekte bzw. Baumaßnahmen zu einer leichten Verringerung der Oberflächentemperatur in den Nachtstunden kommt, was wiederum dazu führt, dass auch die Gesamtsituation im Rahmen der Oberflächentemperatur nicht mehr ganz so deutlich und negativ hervortritt wie im Ist-Zustand. Eine geringere Aufheizung der Oberflächen bedingt im Laufe der Nacht auch eine Abgabe der Wärmestrahlung. Dies führt dazu, dass sich die Flächen nur noch über einen vergleichsweisen kurzen Zeitraum als überwärme Flächen zeigen und damit auch schneller abkühlen. Dies hat sich mitunter bereits in den Abbildungen 8 und 16 gezeigt, bei der Feststellung, dass der PMV-Wert vor allem die in den Nachtstunden sowohl im Ist- also auch Planzustand nahezu als optimal bezeichnet werden kann.

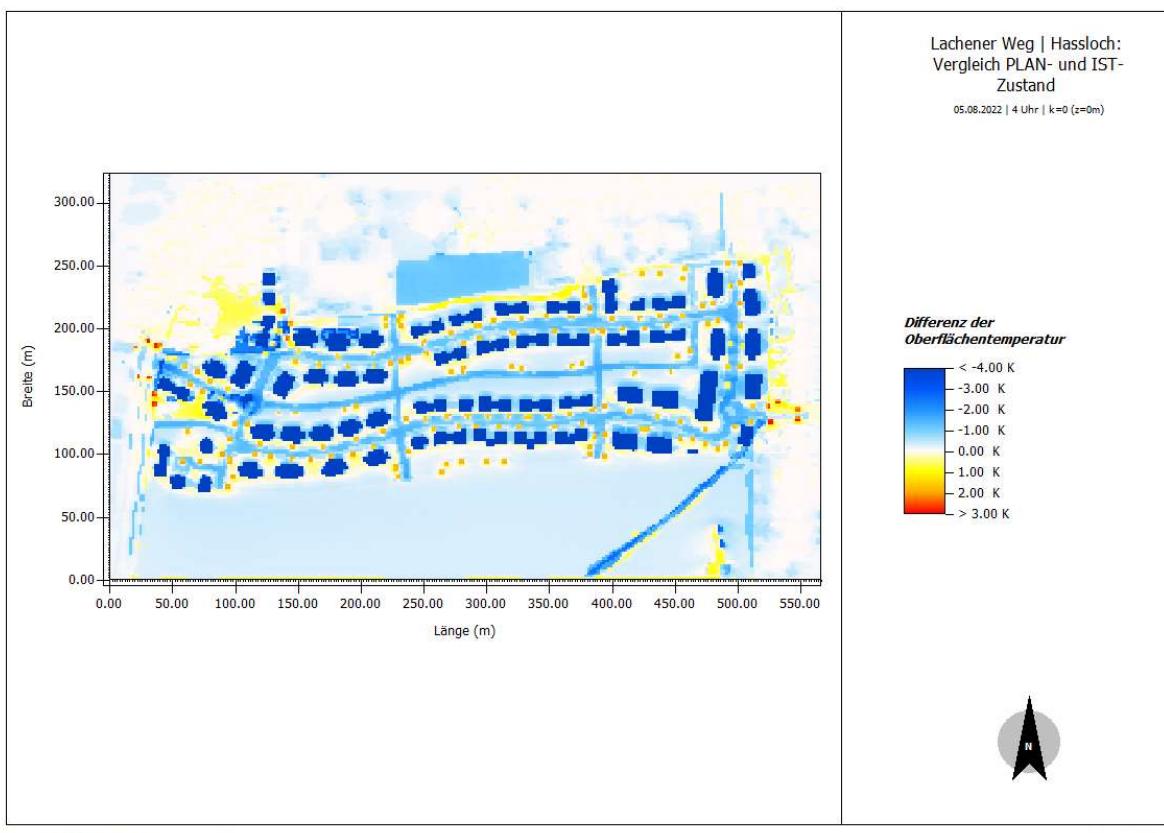


Abb. 24: Vergleich der Oberflächentemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Differenz der Windgeschwindigkeit

Wenig verwunderlich ist die Prognose der Abbildungen 25 bzw. 26, bei der Betrachtung der Differenz der Windgeschwindigkeit sowohl am Tage (Abb. 25) als auch in der Nacht (Abb. 26). Wie bereits bei der Betrachtung des Ist- (s. Abb. 9 & Abb. 10) als auch des Planzustandes (s.

Abb. 17 & Abb. 18) festgestellt werden konnte, zeigte sich eine nur geringe Veränderung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung, und wenn, dann mit einer entsprechenden Windgeschwindigkeitsreduktion im Bereich der neuen Siedlungsstruktur innerhalb des Plangebietes.

Dies zeigt sich sowohl in Abbildung 25, als auch in Abbildung 26 im Bereich der Neuplanung im Rahmen des städtebaulichen Rahmenplans.

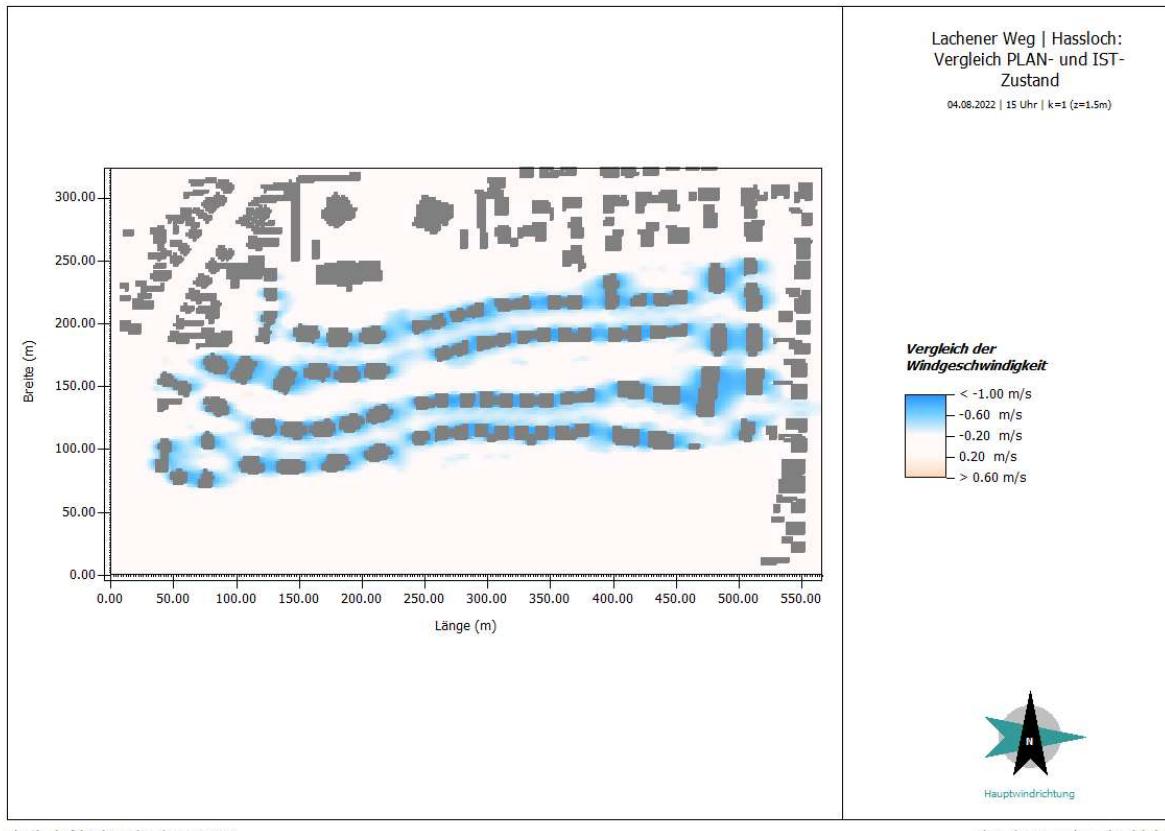


Abb. 25: Vergleich von Windrichtung und -geschwindigkeit von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Sowohl während der Tag- als auch der Nachtstunden werden innerhalb des Neubaugebietes Reduktionen der Windgeschwindigkeit von $0,5 \text{ m s}^{-1}$ bzw. im Maximum von ca. 1 m s^{-1} erreicht. Diese maximale Reduktion der Windgeschwindigkeit offenbart sich erwartungsgemäß im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes entlang des „Sägmühlweges“. Dies ist im Einklang mit dem bereits mehrfach erwähnten, vor allem im östlichen Bereich, auftretenden Wärmestau bzw. der Verringerung des bodennahen Austauschs zu sehen.

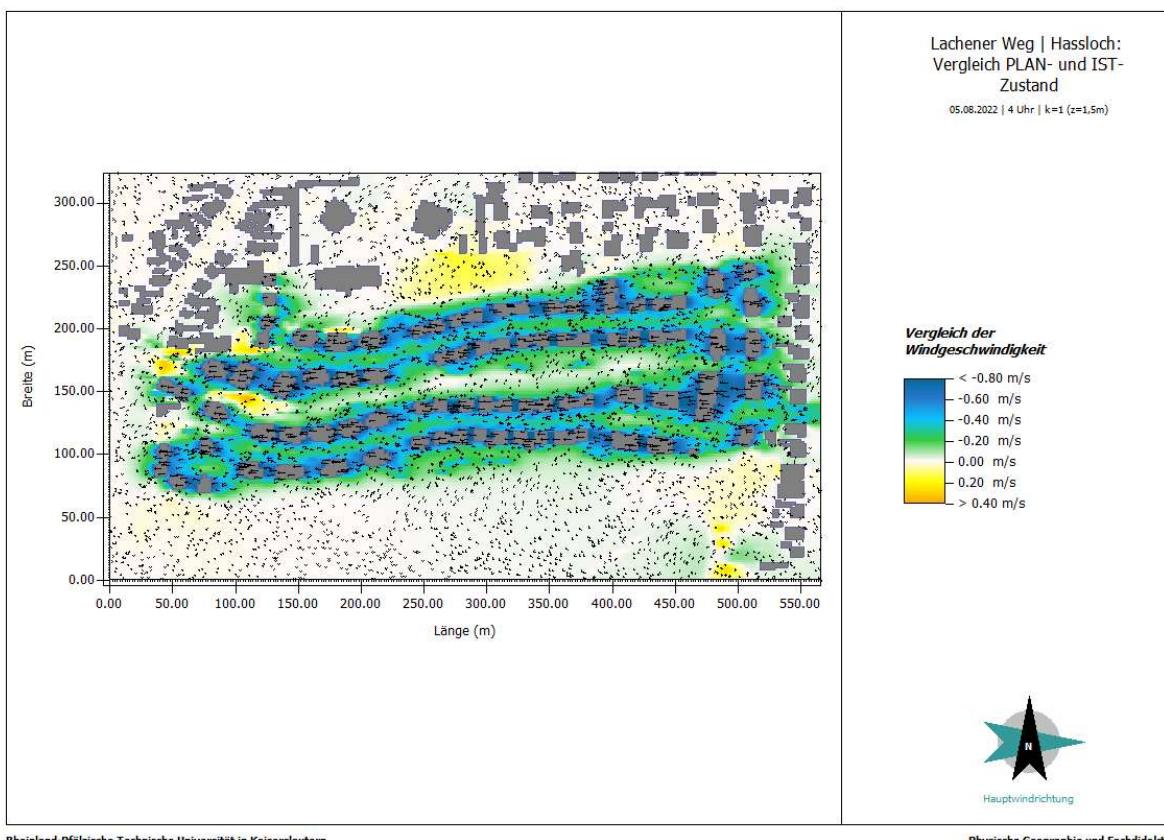


Abb. 26: Vergleich von Windrichtung und -geschwindigkeit von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Differenz des PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

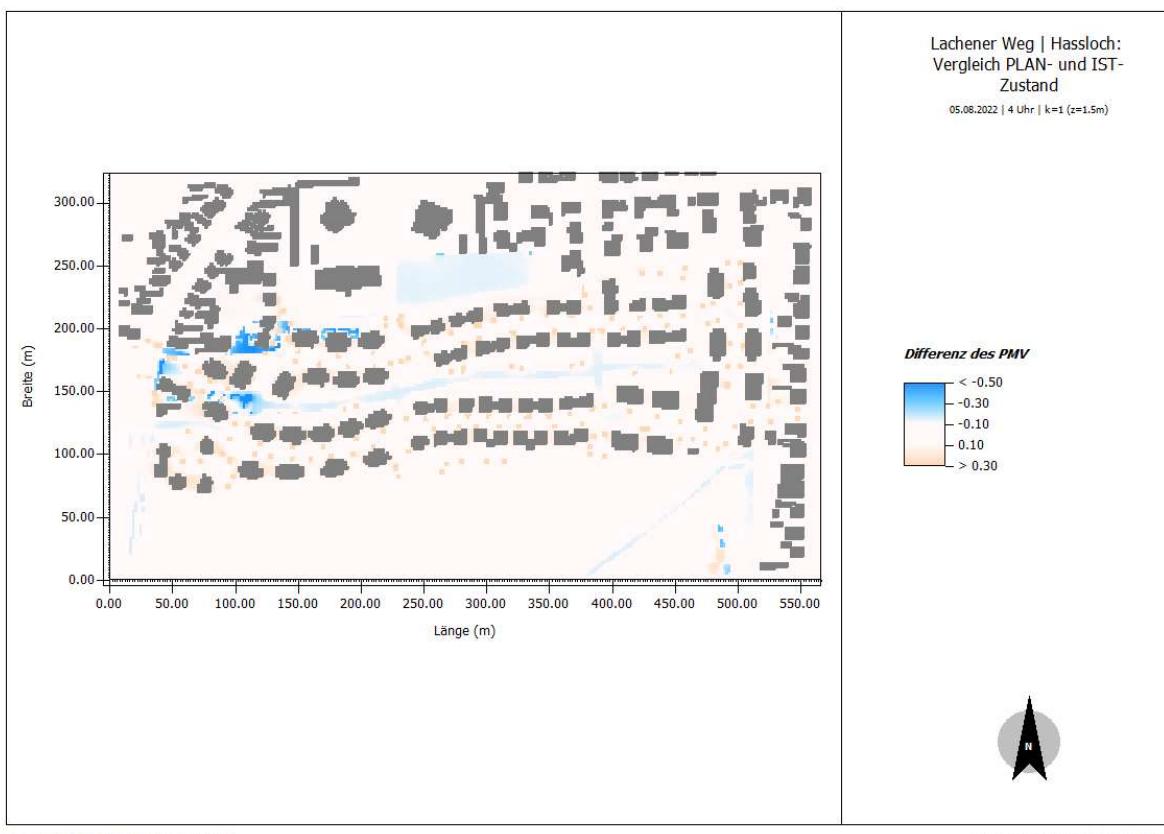
Im Rahmen der Betrachtung der thermischen Behaglichkeit zeigt sich in Abbildung 27, dass es durch die Umsetzung des dargelegten städtebaulichen Rahmenplans durchaus zu einer Veränderung des thermischen Wohlbefindens im umliegenden Bestand am Tage kommen kann. Für den Neubaubereich zeigt sich deutlich, dass es im Vergleich zum Ist-Zustand kaum Veränderungen zwischen der unbebauten und bebauten Fläche geben wird. Lediglich die versiegelten Flächen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur ragen hier als leicht erhöhter PMV = +0,5 hervor. Auch zeigt sich bei Betrachtung des östlichen Bereiches entlang des „Sägmühlweges“ bzw. im nördlichen Teil der „Trifelsstraße“, „Rietbergstraße“ bzw. „Kropsburgstraße“, dass es zu einer Erhöhung des PMV-Wertes im Planzustand kommt.“. Zwar handelt es sich hier nur um Differenzen zwischen einem PMV von 0,2 und 0,3, jedoch soll dies an dieser Stelle nicht unberücksichtigt bleiben, da dies zu einer potentiellen Veränderung der thermischen Behaglichkeit führen könnte.



Abb. 27: Vergleich des PMV-Wertes von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

Die geringe Verschlechterung des PMV-Wertes während der Tagstunden wird allerdings bei der Betrachtung von Abbildung 28, der Wiedergabe der Nachtsituation, relativiert, da es nachts nur noch an vereinzelten Standorten zu einer negativen Veränderung bzw. Erhöhung des PMV-Wertes kommt.

Offensichtlich erweist sich der vorgelegte, angepasste städtebauliche Rahmenplan als insoweit klimaangepasste Maßnahme, dass davon auszugehen ist, dass es im Bereich des Plangebietes in den Nachtstunden zu keiner signifikanten negativen Veränderung der thermischen Behaglichkeit kommen wird. Lediglich das östliche Gebiet des Untersuchungsraumes sollte nochmal dahingegen betrachtet werden, dass es hier zu weiteren, standortangepassten Maßnahmen im Rahmen der klimaabgepassten Bauleitplanung kommt, um den potenziellen Aufstaueffekt warmer Luftmassen zu unterbinden (s. dazu auch Kap. 7).



Rheinland-Pfälzische Technische Universität

Physische Geographie und Fachdidaktik

Abb. 28: Vergleich des PMV-Wertes von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“.

5.5. Zusammenfassung lokalklimatische Modifikation im Untersuchungsgebiet

Die verschiedenen, eingesetzten Klimaparameter bedingen sich in großen Teilen gegenseitig und durch den simulierten Westwind sind die deutlichsten Auswirkungen im Rahmen der Modellierung in den meisten Fällen, sowohl positive als auch negative, an der östlich angrenzenden Bebauung entlang des „Sägmühlweges“ auszumachen. Würde der Wind beispielsweise aus Ost über die Bestandsfläche streichen, wäre der Überwärmungseffekt (s. u. a. Abb. 22) im Westen sicherlich durch die geringe Baudichte nicht oder nur sehr gering verifizierbar.

Die Lufttemperatur ist am Tage im vorgelegten angepassten städtebaulichen Rahmenplan geringfügig wärmer als derzeit im Bestand bzw. über der Freifläche. Die geringen Temperaturwerte ergeben sich u. a. durch die Verdunstungskühlung der vor allem privaten Grünflächen des Entwurfs sowie durch die zusätzliche, nun vorhandene Verschattung durch die Gebäude. Auch die Wärmespeicherfähigkeit der unterschiedlichen Oberflächenmaterialien trägt zu einer Reduktion der Lufttemperatur am Tage bei. Die momentane Freifläche weist eine geringere Wärmespeicherfähigkeit auf, wohingegen die neu geplanten Verkehrsflächen – bestehend aus Asphalt und Pflastersteinen mit unterschiedlicher Farbgebung – eine wesentlich höhere Wärme- und Temperaturleitfähigkeit aufweisen. Des

Weiteren erwärmen sich die privaten Grünflächen nicht in dem Maße, wie es bei der gegenwärtigen Freifläche der Fall ist. Durch den Einfluss des Westwindes verschieben sich zudem die wärmeren bodennahen Luftmassen innerhalb der Neuplanung in Richtung Ost. Davon tangiert werden vor allem die direkt an das Plangebiet angrenzenden Gebäude am „Lachener Weg“, der „Trifelsstraße“ und der „Kropsburgstraße“, aber auch die dahinterliegenden Hausreihen erfahren noch eine gering nachweisbare Modifikation der Umgebungstemperaturen.

In den Nachtstunden ergibt sich ein ähnlicher Effekt. Aufgrund der zuvor angesprochenen Wärmespeicherfähigkeit wird die in den Oberflächen gespeicherte Wärme über Nacht an die bodennahe Luftsicht abgestrahlt und erwärmt diese. Deutlicher als in den Tagstunden wird die erwärmte Luft durch den leichten Westwind vor allem ins östliche Plangebiet, aber auch in die angrenzende Bebauung des „Sägmühlwegs“ transportiert. Allerdings ist eine signifikante Überwärmung aufgrund der potentiellen Umsetzung des vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplans in den Nachtstunden nicht zu verzeichnen – auch ist keine negative Beeinflussung in die angrenzende Bebauung nachzuweisen.

Die Oberflächentemperaturen steigen tagsüber im Plangebiet aufgrund der Neuversiegelung der zurzeit unversiegelten Freifläche erwartungsgemäß vor allem im Bereich der Verkehrserschließung an. Dahingegen weisen die privaten Grünflächen keine nennenswerten Veränderungen der Oberflächentemperatur auf. Eine Verbesserung ist allerdings aufgrund der neugewonnenen Verschattung durch Gebäude und Bäume zu erwarten.

In der Nacht wird die Wärmeabstrahlung der Straßen- und Gehwegmaterialien offensichtlich, da die Oberflächentemperaturen der Verkehrserschließungen im Vergleich zu den freien Flächen nachts, erhöht sind. Die Wärmestrahlung der Oberflächenmaterialien wird über Nacht langsam, aber stetig abgegeben und erwärmt damit die bodennahe Luftsicht, was letztendlich zu verifizierbaren Modifikation innerhalb des Plangebietes führt.

In der Bestandssituation kühlt nachts die Lufttemperatur über der westlich des „Lachener Weges“ gelegenen Freiflächen ab und versorgt dementsprechend bei Westwind die östlich angrenzende Bebauung mit kühlerer Luft bis hinein in das erste Viertel des Plangebietes. Durch die Bebauung des vorgelegten angepassten städtebaulichen Rahmenplanes verringert sich jedoch die Windgeschwindigkeit, da ebendiese als Strömungshindernis fungiert. Aufgrund dessen kann die kühlere Luft aus West nicht weiter in das Plangebiet vordringen und gleichzeitig die über der Fläche generierte warme Luftmasse nicht ausreichend abtransportiert werden. Daher kann eine Verringerung der Windgeschwindigkeit zu einer nächtlichen Überwärmung vor allem des östlichen Viertels des Untersuchungsgebietes, hin zum „Sägmühlweg“ beitragen. Für die Bestandsgebäude östlich des Plangebietes stellt die neue Gebäudestruktur ein zusätzliches Hindernis dar, an dem sich aus West anströmende Luftmassen noch stärker auf als bisher aufzustauen vermögen.

Aufgrund der topographischen Gegebenheiten spielt die produzierte Kaltluft auf der vom Plangebiet südlich gelegenen Grünfläche (Bereich „Krummer Graben“) vermutlich keine bedeutende Rolle für das eigentliche Untersuchungsgebiet, da das Gelände leicht von Nord

nach Süd abfällt. Für eine detailliertere Untersuchung des Kaltluftentstehungspotenzials der gesamten Freifläche im Einzugsgebiet sowie eine Abschätzung von eventuellen Kaltluftschneisen aus West über den „Lachener Weg“ hinein in den Bestand, müssten weitere Simulationen mit einer entsprechenden Software zur Kaltluftmessung oder chemische in-situ-Kaltluftmessungen erfolgen, was jedoch nicht Bestandteil dieser Begutachtung sein sollte.

Der PMV – die thermische Behaglichkeit des menschlichen Organismus – verbessert sich in den Tagstunden durch die neu geplante Verschattung im Umfeld der Gebäude und Vegetationsstrukturen erheblich. Aufgrund der Tatsache, dass der PMV mit allen Klimaparametern korreliert, ist vor allem dort, wo eine Verringerung der Lufttemperatur nachzuweisen ist, eine Verbesserung des PMV-Wertes nachweisbar. Der PMV weist eine ähnliche räumliche Ausprägung wie die Lufttemperatur auf. Aufgrund der im Plangebiet nicht mehr ungehindert eintreffenden solaren Einstrahlung erfährt das Gebiet unmittelbar durch die Umsetzung des vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplanes eine positive Modifikation der derzeitigen Situation. Die direkt angrenzenden und die dahinterliegenden Gebäude profitieren insofern von dieser Umsetzung, dass es zu keinen signifikanten negativen Veränderungen der lokalen Bestandssituation kommt. Hieraus resultiert, dass durch die Umsetzung des Neubauvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ für das Untersuchungsgebiet sowie die angrenzende Bebauung, in Abhängigkeit der Windrichtung, keine Verschlechterung in Bezug auf das Wohlbefinden des Menschen zu erwarten sein dürfte.

Nachts ist bezogen auf den PMV kein nennenswerter räumlicher Unterschied zur Tagsituation zwischen dem vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplan und der Bestandssituation festzustellen. Dies gilt sowohl für das Untersuchungsgebiet als auch für die angrenzende Bebauung. Dies bedeutet für die Nachtstunden, dass die Umsetzung des Neubauvorhabens „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“, trotz zahlreicher Wechselwirkungen der einzelnen Klimaparameter und dem Wechsel von einer Freifläche zu einer in die Nutzung genommenen Fläche, keine signifikanten Veränderungen auf das menschliche Wohlbefinden innerhalb und außerhalb des Plangebietes erwarten lässt.

6. Klimaanpassungen des vorliegenden städtebaulichen Entwurfs

Der zugrunde gelegte, angepasste städtebauliche Rahmenplan des Neubaugebiets „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ ist lediglich ein Bebauungsvorschlag, der hinsichtlich der dargestellten Gebäudestrukturen beispielhaft aufzeigt, welche städtebaulichen Lösungen im Plangebiet „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ künftig möglich wären. Daher müssen auf der nachfolgenden Planungsebene des Bebauungsplans die im städtebaulichen Rahmenplan eingebrachten Klimaanpassungsmaßnahmen festgesetzt und konkretisiert werden. Zudem bietet der Bebauungsplan die Möglichkeit, weitere

Klimaanpassungsmaßnahmen festzusetzen, die im städtebaulichen Rahmenplan nicht darzustellen sind.

Die nachfolgende Tabelle 1 weist eine Zusammenstellung der allgemeinen Festsetzungsmöglichkeiten des Bebauungsplanes anhand des Festsetzungskatalogs des § 9 BauGB auf, die einen Bezug zur Anpassung an den Klimawandel aufweisen. Hierfür werden jedoch nur die Nummern der Paragraphen mit unmittelbarem mikro- bzw. lokalklimatischen Bezug aufgelistet, deren Regelungsgegenstand von besonderer Bedeutung sind:

Tab. 1: Zusammenfassung der Festsetzungsmöglichkeiten von Klimaanpassungsmaßnahmen im Rahmen des Klimawandels [verändert nach UBA 2016; nach Frommer et al. 2012; MKULNV NRW 2010; Fleischhauer & Bornfeld 2006].

Maßnahmenbereich	Regelungsgegenstand
Bauliche Nutzung allgemein (Art und Maß)	Festsetzung von Gebäudeausrichtung, Höhe u. a. § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB
Begrenzung der Verdichtung und Versiegelung zur Vermeidung von Überwärmung	<p>Maß der baulichen Dichte, Grundflächenzahlen, § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB</p> <p>Bauweise, überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen, § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB</p> <p>Festsetzung von vom Bauordnungsrecht abweichenden Maßen der Tiefe der Abstandsflächen, § 9 Abs. 1 Nr. 2a BauGB</p> <p>Festsetzung der Mindestmaße von Baugrundstücken, § 9 Abs. 1 Nr. 3 BauGB</p> <p>Flächen für Nebenanlagen, die auf Grund anderer Vorschriften für die Nutzung von Grundstücken erforderlich sind [...], § 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB</p> <p>Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind und ihre Nutzung, § 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB</p>
Freihalten von Luftleitbahnen, Kaltluftentstehungsflächen	<p>Durchlüftungsoptimierte Stellung baulicher Anlagen, § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB</p> <p>Festsetzung von Flächen, die von Bebauung freizuhalten sind und ihre Nutzung, § 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB</p> <p>Festsetzung öffentlicher und privater Grünflächen, § 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB</p> <p>Festsetzung von Wasserflächen, § 9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB</p> <p>Festsetzung von Flächen für die Land- und Forstwirtschaft, § 9 Abs. 1 Nr. 18 lit. a und lit. b BauGB</p> <p>Festsetzung von Flächen und Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB</p>
Verbesserung des Kleinklimas und Verminderung der Erwärmung	<p>Schattenspendende Elemente im öffentlichen Raum durch Festsetzung von Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB</p> <p>Pflanzgebote und Bindungen für Bepflanzungen, die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern, Dach- und Fassadenbegrünung, sonstigen Bepflanzungen und Gewässern, § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB i.V.m. § 1a BauGB</p> <p>Festsetzung von Fassadenmaterial, Fassadenfarbe etc. durch Gestaltungssatzungen</p>

Schutzflächen	Grünflächen, Wasserflächen, Flächen für Land- und Forstwirtschaft, § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB Versorgungsflächen, § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB
Festsetzen von Versorgungsflächen zur Klimaanpassung und Versorgungsleitungen	Versorgungsflächen, einschließlich der Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung, § 9 Abs. 1 Nr. 12 und 13 BauGB
Lokalklimatische Bedeutung der Fläche	Begründung des Bebauungsplans zu den betreffenden Flächen, § 9 Abs. 8 BauGB
Naturgefahren-vorsorge	Flächen mit Gefährdungspotential durch Naturgewalten (Überschwemmung, Steinschlag), § 9 Abs. 5 Nr. 1 BauGB
Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung	Entgegenwirken von Oberflächenabfluss bei Starkregen, § 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB Schadensresistente Nutzung, ggf. multifunktional für Notentwässerung in hochwassergefährdeten Bereichen planen, § 9 Abs. 1 Nr. 5 BauGB Nutzungszwecke von Flächen (Parkplätze, Freiflächen, Grünflächen, etc.) zur Speicherung von Extremniederschlägen, § 9 Abs. 1 Nr. 9 BauGB Freihaltung von Flächen, § 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB Festsetzen von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (einschließlich Notwasserwege), § 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB
Hochwasserschutz und Regelung des Niederschlags-abflusses	Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB Festsetzung von Flächen für Hochwasserschutzanlagen und Regelung des Wasserabflusses, § 9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB
Überschwemmungs-gebiete, Fachplanerische Festlegungen	Nachrichtliche Übernahme aus der Wasserwirtschaft, § 9 Abs. 6a S. 1 und 2 BauGB

Die in der Tabelle 1 enthaltenen Festsetzungen zur Klimaanpassung sind nicht alle auf das Plangebiet „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch anwendbar. Dennoch ist es möglich den Bebauungsplan durch weitere Festsetzungen verschiedener Maßnahmen zu optimieren. Einige der möglichen Festsetzungen wurden in dem vorgelegten Bebauungsplanentwurf bereits vorgenommen.

Im Folgenden werden einige planerische Handlungsstrategien aufgezeigt, die zur Minderung der Temperaturextreme des lokalen Klimas dienen können bzw. die Überwärmungstendenzen positiv beeinflussen.

Des Weiteren könnten städtebauliche Verträge nach § 11 BauGB zur klimagerechten Stadtentwicklung eingesetzt werden. Die Errichtung und Nutzung von Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder

Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder der Kraft-Wärme-Kopplung sowie die energetische Qualität von Gebäuden sind spätestens seit der Klimaschutznovelle 2011 explizit als mögliche, vertragliche Regelungsgegenstände benannt (§ 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 BauGB). Neben diesen vorwiegend energetischen Regelungen besteht durch § 11 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 BauGB die Möglichkeit durch sogenannte Maßnahmenverträge, in der Form von Bauplanungsverträgen, Klimaanpassungsmaßnahmen zu treffen.

Erhöhung der Albedo

Ebenso besteht die Möglichkeit der Erhöhung der Albedo von Dächern, Fassaden und befestigten Flächen durch den Einsatz heller Materialien (= höhere Reflektion der solaren Einstrahlung). Eine Erhöhung der Albedo verringert die Absorption der solaren Einstrahlung und bedingt ein geringeres Aufheizen der Oberflächen. Dieser Effekt kommt vor allem der lokalen nächtlichen Überwärmung zugute, da nachts die in den Materialien gespeicherte Wärme zeitverzögert an die bodennahe Luftschicht abgegeben wird und diese erwärmt. Somit generiert eine geringere Strahlungsabsorption auch eine reduzierte Wärmeabgabe. Im Bebauungsplan könnte u. a. textlich die Nutzung heller Materialien für Verkehrsflächen festgesetzt werden. Diese Maßnahme der Veränderung von Fahrbahnbelägen könnte als Hinweis im Bebauungsplan zur Ausgestaltung der Fahrbahnbeläge Umsetzung finden. Ebenfalls kann die Verwendung weißer/ heller Fassadenfarbe zur äußeren Gestaltung im Bebauungsplan über die örtlichen Bauvorschriften gemäß § 88 Abs. 1 Nr.1 LBO (Gestaltungssatzung) festgesetzt werden.

Verbesserung der Grün- und Freiraumausstattung

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch eine Verbesserung der Grün- und Freiraumausstattung. Potentielle Überwärmungstendenzen im Bestand können so nachhaltig beeinflusst werden. Bezogen auf die Luft- und Oberflächentemperatur zeigen sich z. B. positive Modifikationen durch schattenbildende Maßnahmen sowie der Anlage von Grünflächen und besseren Austauschbedingungen.

Durch Bäume und Gehölze geprägte Areale weisen an wolkenlosen Sommertagen mit einer hohen solaren Einstrahlung aufgrund ihres Schattenwurfes und der Evaporationsleistung ein vergleichsweise geringes Erwärmungspotential auf. Der vorliegende, angepasste städtebauliche Rahmenplan sowie der Bebauungsplan sehen die Bepflanzung von Bäumen vor.

Ebenso ergibt sich über § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB die Möglichkeit der rechtsverbindlichen Festsetzung von Dachbegrünung im Bebauungsplan. Dachform und Dachneigung können gemäß § 9 Abs. 4 BauGB i.V.m. § 88 Abs. 1 Nr. 1 LBO bauordnungsrechtlich festgesetzt werden. Begrünte Dachflächen verbessern v. a. das Mikroklima und filtern Schadstoffe aus der Luft. Die Modifikationen der Dachbegrünung sind für das lokale Mikroklima vorteilhaft. Für diesen Zweck ist eine extensive Dachbegrünung ausreichend. Diese Form der Dachbegrünung ist mit

geringem Aufwand herstellbar und zu unterhalten, da eine zusätzliche Bewässerung nicht notwendig ist. Ergänzend dazu ist eine Kombination von begrünten Flach- oder Pultdächern mit aufgeständerten Photovoltaikanlagen möglich. Um die Photovoltaik möglichst effizient zu gestalten, sollte darauf geachtet werden, dass die Gebäude nach Süden ausgerichtet werden. Der Bebauungsplan setzt bereits die Begrünung von Flachdächern von Wohngebäuden, Garagen und Nebengebäuden fest. Diese Festsetzung sollte erhalten bleiben. Die Umsetzung von Flachdächern könnte unterstützt werden, wenn zusätzlich Dachformen festgesetzt werden.

Ebenfalls könnte gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB die Begrünung der Gebäudefassade rechtsverbindlich im Bebauungsplan festgesetzt werden. Auch die Fassadenbegrünung weist eine Reihe von positiven mikroklimatischen Eigenschaften auf. Insbesondere Kletterpflanzen eignen sich für diese Maßnahme, da diese bei Nutzung einer kleinen horizontalen Bodenfläche eine große Menge an Biomasse bilden. Vergleichbar der Dachbegrünung verbessert die Fassadenbegrünung vor allem die mikroklimatischen Verhältnisse an den Gebäuden selbst.

Durch eine Umsetzung dieser beiden o. g. Maßnahmen zur Begrünung von Oberflächen könnte das Plangebiet „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ noch weiter mikroklimatisch optimiert werden. Geringere Oberflächen- und Lufttemperaturen bedingen vor allem in den Nachtstunden eine geringere Umgebungstemperatur und dementsprechend ein verbessertes thermisches Wohlbefinden der Menschen im Plangebiet und in geringem Maße noch darüber hinaus. Aus humanbiometeorologischen Erwägungen ist die Umsetzung dieser Maßnahmen zu empfehlen.

7. Zusammenfassung und Fazit

Der Klimawandel stellt mitunter die größte Herausforderung der kommenden Jahrzehnte dar. Aufgrund von Veränderungen, auch des lokalen Klimas und der damit verbundenen steigenden Umgebungstemperaturen, werden sich die Lebensbedingungen sowohl für die städtische als auch die ländliche Bevölkerung deutlich verändern. Vor allem ältere Menschen, chronisch Kranke und Kinder sind durch eine zunehmende Zahl von meteorologischen Ereignistagen (Hitzetage, Tropennächte) und Hitzeperioden gefährdet. Auch für die Gemeinde Haßloch wird sich diese Tendenz des Lokalklimas in den nächsten Jahren und Jahrzehnten negativ entwickeln.

Der siedlungsklimatische Effekt bzw. die lokale Überwärmung lässt sich durch die Temperaturunterschiede zwischen dem Siedlungsraum und dessen Umland verifizieren. Diese Überwärmungseffekte heben sich dabei meist inselartig vom Umland ab, da von der Peripherie hin zum „Zentrum“ die Wärmeintensität zunimmt. Dieser Effekt ist insbesondere in Großstädten zu beobachten, aber auch in kleineren Städten oder Gemeinden, wie z. B. in der Gemeinde Haßloch, ist eine solche Überwärmung an vielen Stellen innerhalb des Ortes vorhanden und bereits durch die „Lokalklimatische Begutachtung der Gemeinde Haßloch“ aus

dem Jahr 2022 hinreichend dokumentiert. Zum Nachweis lokaler Überwärmungseffekte werden unterschiedliche Vorgehensweisen zur Hilfe genommen. Eine davon stellt die numerische Simulation des Mikroklimas dar.

Die Gemeinde Haßloch will regional bedeutsame Wohnstandorte fördern und Wohnbauflächen über den Eigenbedarf hinaus bereitstellen, mit der Absicht die Wohnfunktion zu stärken. Dafür wurde im Flächennutzungsplan von 2005 das im Süden der Gemeinde gelegene Gebiet „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ vorgehalten. Der Raum weist eine Fläche von 9,8 Hektar aus. Auf der derzeitigen Freifläche zwischen dem „Lachener Weg“ im Westen und dem „Sägmühlweg“ im Osten soll ein allgemeines Wohngebiet umgesetzt werden.

Mithilfe des numerischen Simulationsprogramms ENVI-met wurden sowohl für die Bestandssituation als auch für den vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplan die Klimaparameter Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie der sich u. a. daraus zusammengesetzte PMV berechnet. Allerdings können durch die grobe Darstellungsweise in der numerischen Simulation keine exakten Aussagen zu Bauformen, Oberflächenmaterialien und der Vegetation getroffen werden. Außerdem müssen, trotz der Geschossigkeit im vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplan, viele Annahmen getroffen werden. Dies bedeutet, dass 100 %ige Aussagen über das Mikroklima mithilfe einer solchen numerischen Simulation nicht möglich sind. Es können jedoch sehr gut Entwicklungslinien aufgezeigt werden, die die wesentlichen Veränderungen zwischen dem Ist- und dem Planzustand wiedergeben.

Zusammenfassend hat sich durch die potentielle Umsetzung der Planung für das Neubauvorhaben in Haßloch „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ ergeben, dass die Lufttemperatur am Tage aufgrund des Verschattungseffektes, hervorgerufen durch die neue Gebäude- und Grünstruktur, etwas geringer ausfällt, in der Nacht hingegen eine leichte Überwärmung des Gebietes, hervorgerufen durch die in den verwendeten Oberflächenmaterialien am Tage gespeicherte und in der Nacht abgegebene Wärme, zu erwarten wäre. Verstärkt wird dieser Erwärmungseffekt durch eine Reduktion der Austauschbedingungen der bodennahen Luftsichten aufgrund der Hinderniswirkung der neuen Gebäude im östlichen Plangebiet und der daran östlich angrenzenden Bestandsbebauung entlang des „Sägmühlweges“. Hier sollte darüber nachgedacht werden entweder den Begrünungsgrad nochmals zu erhöhen und/ oder möglicherweise eine offenere Bebauung zu wählen.

Weiterführend ist durch die Planung eine leichte Verbesserung der thermischen Behaglichkeit am Tag im Plangebiet zu erwarten – zudem keine Verschlechterung der Bestandssituation der angrenzenden Bebauung. In der Nacht zeigt sich wiederum keine signifikante Auswirkungen auf das thermische Empfinden innerhalb des neu geplanten Wohnbestandes. Zudem ist die Betroffenheit der angrenzenden Bestandsbebauung abhängig von der Windrichtung.

Dementsprechend wurde der vorliegende angepasste städtebaulichen Rahmenplan aus mikroklimatischer Sicht bereits effektiv geplant, da die Bestandsfläche keine besonderen lokalklimatischen Eigenschaften aufweist und mit dieser Planung eine Lücke am südlichen Ortsrand geschlossen wird bzw. die lokale Überwärmung dieses Quartiers lediglich „geglättet“ wird.

Die Frage, ob und in welchem Umfang vorbeugende Klimaanpassungsmaßnahmen im Rahmen des vorliegenden angepassten städtebaulichen Rahmenplans möglich sind sowie welche vorbeugenden Klimaanpassungsmaßnahmen sich darüber hinaus anbieten, sind nicht klar getrennt voneinander zu beantworten.

Der vorliegende angepasste städtebauliche Rahmenplan kann vorbeugende Klimaanpassungsmaßnahmen treffen. Diese beschränken sich jedoch auf die Ausgestaltung der städtebaulichen Dichte, der Gebäudestellung, der Dachformen, der Kompaktheit der Gebäude sowie auf öffentliche und private Grünflächen. Aufgrund der Tatsache, dass in dem vorgelegten angepassten städtebaulichen Rahmenplan keine privaten Stellplätze, Garagen und Terrassen vorhanden sind und diese Flächen als Grünflächen angegeben werden, stellt der angepasste städtebauliche Rahmenplan eine bereits optimierte Version unter lokalklimatischen Aspekten dar.

Weiterführend können mit dem informellen Planungsinstrument des städtebaulichen Rahmenplans keine weiteren vorbeugenden Klimaanpassungsmaßnahmen getroffen werden. Für eine entsprechende Konkretisierung und Ausgestaltung muss auf die Ebene der verbindlichen Bauleitplanung (Bebauungsplan) verwiesen werden. Fehlen im städtebaulichen Rahmenplan Informationen, wie z. B. zur Geschossigkeit, ist eine Untersuchung der möglichen Auswirkungen der Bebauung auf das Mikroklima mittels einer numerischen Simulation ohnehin nur unter Einbezug des Bebauungsplanes möglich.

Mithilfe des Bebauungsplanes können insbesondere durch den Festsetzungskatalog des § 9 Abs. 1 BauGB weitere vorbeugende Klimaanpassungsmaßnahmen festgesetzt werden. Für das Neubauvorhaben „Zwischen Lachener Weg und Sägmühlweg“ in Haßloch kommen dabei vor allem Festsetzungen zur Anpassung der baulichen Strukturen, die Erhöhung der Albedo-Werte von Dächern, Fassaden und befestigten Flächen sowie die Verbesserung der Grün- und Freiraumausstattung, vor allem im östlichen Plangebiet, infrage. Durch weitere Verschattungsmaßnahmen mittels geeigneter Vegetationsstrukturen im öffentlichen und privaten Raum sowie durch Fassadenbegrünung könnte das lokale Klima im Plangebiet weiter optimiert werden. Dies hätte nicht nur positive Auswirkungen auf den thermischen, sondern auch auf dem photoaktinischen und den lufthygienischen Wirkungskomplex. Aufgrund dieser Maßnahmen könnten die Oberflächentemperaturen und die damit verbundene bodennahe Lufttemperatur gesenkt werden. Auch für die unmittelbar das Plangebiet angrenzende Bebauung wäre ein positiver Effekt (vor allem im Osten entlang des „Sägmühlweges“) zu erwarten. Die lokalen Beeinträchtigungen durch die leicht erhöhten Lufttemperaturen, die durch die vorgehaltene Windrichtung aus West über das Plangebiet in die östliche

Bestandsbebauung „getragen“ werden, würden sich dadurch sowohl in den Tag- als auch Nachtstunden, wiederum im östlichen Plangebiet, schwächer ausprägen.

Für eine detailliertere Bewertung des Mikroklimas ist jedoch eine Untersuchung der Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsflächen notwendig. Deshalb könnte eine Betrachtung der Ventilationsbahnen und der Kaltluftproduktionsgebiete wertvoll sein, entweder durch eine weiterführende Simulation oder auch eine chemische In-situ-Messung des Kaltluftabflusses. Allerdings ginge dies noch einmal mit einem deutlichen zeitlichen Mehraufwand einher, der als weiterführende, vertiefende Maßnahme am Ende möglicherweise nicht mehr Erkenntnis ergibt, als die ohnehin im Rahmen dieser Untersuchung bzw. der 2022 durchgeführten lokalklimatischen Begutachtung der Gemeinde Haßloch bereits dargelegt hat.