

Lokalklimatische Begutachtung des Baugebietes „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim

**Im Auftrag von
WVE GmbH Kaiserslautern**

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

Kaiserslautern, April 2023

Inhalt

1. Einleitung und Zielsetzung	4
2. Einordnung des Untersuchungsgebietes	4
3. Bebauungsplan Wohngebiet „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim	9
4. Städtebaulicher Entwurf	11
5. Lokalklimatische Situation im Untersuchungsgebiet	13
5.1. Numerische Simulation	13
5.2. Untersuchungsgebietsbezogene Voreinstellungen in ENVI-met.....	14
5.3. Das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand	17
5.4. Das Untersuchungsgebiet im Planzustand	26
5.5. Lokalklimatische Differenzen zwischen dem Plan- und Ist-Zustand.....	35
6. Zusammenfassung der lokalklimatischen Modifikationen und daraus abgeleitete Empfehlungen	44

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Digitales Orthophoto RGB DOP 20 20 cm Bodenauflösung UTM32/ETRS89 Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.....	5
Abbildung 2: Geländeschnitt Südwest nach Nordost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 20 cm Bodenauflösung UTM32/ETRS89 Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.....	6
Abbildung 3: Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 20 cm Bodenauflösung UTM32/ETRS89 Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.	7
Abbildung 4: Detail-Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 20 cm Bodenauflösung UTM32/ETRS89 Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.....	8
Abbildung 5: Detail-Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 20 cm Bodenauflösung UTM32/ETRS89 Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.....	8
Abbildung 6: Ausschnitt Entwurf Bebauungsplan „Schulwiesengraben 2022“ Gemeinde Hettenleidelheim WVE GmbH.	9
Abbildung 7: Städtebaulicher Entwurf auf Basis des Entwurf Bebauungsplan „Schulwiesengraben 2022“ Gemeinde Hettenleidelheim WVE GmbH.....	12
Abbildung 8: Tagesgang von Lufttemperatur und Luftfeuchte zur ENVI-met Initialisierung (DWD-Messstation Alzey) für den 04.08.2022.....	16
Abbildung 9: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	18
Abbildung 10: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	19
Abbildung 11: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.....	20
Abbildung 12: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.....	21
Abbildung 13: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.....	23
Abbildung 14: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	24
Abbildung 15: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	25
Abbildung 16: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	26
Abbildung 17: Simulation des Plan-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.	27

Abbildung 18: Simulation des Plan-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	28
Abbildung 19: Simulation des Plan-Zustandes von Windgeschwindigkeit und -richtung am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	29
Abbildung 20: Simulation des Plan-Zustandes von Windgeschwindigkeit und -richtung am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	30
Abbildung 21: Simulation des Plan-Zustandes für die Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	31
Abbildung 22: Simulation des Plan-Zustandes für die Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	32
Abbildung 23: Simulation des Plan-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	33
Abbildung 24: Simulation des Plan-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	34
Abbildung 25: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	36
Abbildung 26: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	37
Abbildung 27: Vergleich von Windgeschwindigkeit und -richtung von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	38
Abbildung 28: Vergleich von Windgeschwindigkeit und -richtung von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	39
Abbildung 29: Vergleich der Oberflächentemperaturen von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	40
Abbildung 30: Vergleich der Oberflächentemperaturen von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	41
Abbildung 31: Vergleich der PMV-Werte von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	42
Abbildung 32: Vergleich der PMV-Werte von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“	43

1. Einleitung und Zielsetzung

Mit dem Schreiben vom 07.12.2022 (eingegangen am 20.01.2023) erhielt die Lehrereinheit Physische Geographie und Fachdidaktik der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau, Standort Kaiserslautern, durch die WVE GmbH Kaiserslautern, den Auftrag zum Verfassen einer lokalklimatischen Begutachtung des Neubauvorhabens „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim.

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 Stadtklimatologie, 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 lokalklimatische Potenziale zu schützen und nachhaltig zu nutzen.

2. Einordnung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet „Schulwiesengraben 2022“ liegt in der Ortsgemeinde Hettenleidelheim. Sie ist zugehörig zur Verbandsgemeinde Leinigerland im Landkreis Bad Dürkheim.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Nordwesten der Gemeinde und weist eine Fläche von ca. 6,6 ha auf. Westlich des Untersuchungsgebietes befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Waldflächen. Im Norden und Osten wird das Gebiet durch Bestandswohnbebauung eingegrenzt. Im Süden grenzt das Untersuchungsgebiet an den Friedhof von Hettenleidelheim (Abb. 1).



Abbildung 1: Digitales Orthophoto RGB DOP 20 | 20 cm Bodenaufösung | UTM32/ETRS89 | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.

Die Höhen des Untersuchungsgebietes liegen zwischen 242 m ü. NHN und 226 m ü. NHN. Das Plangebiet fällt von Südwesten (Friedhof von Hettenleidelheim) nach Nordosten ("In der Union") ab (s. Abb. 2).

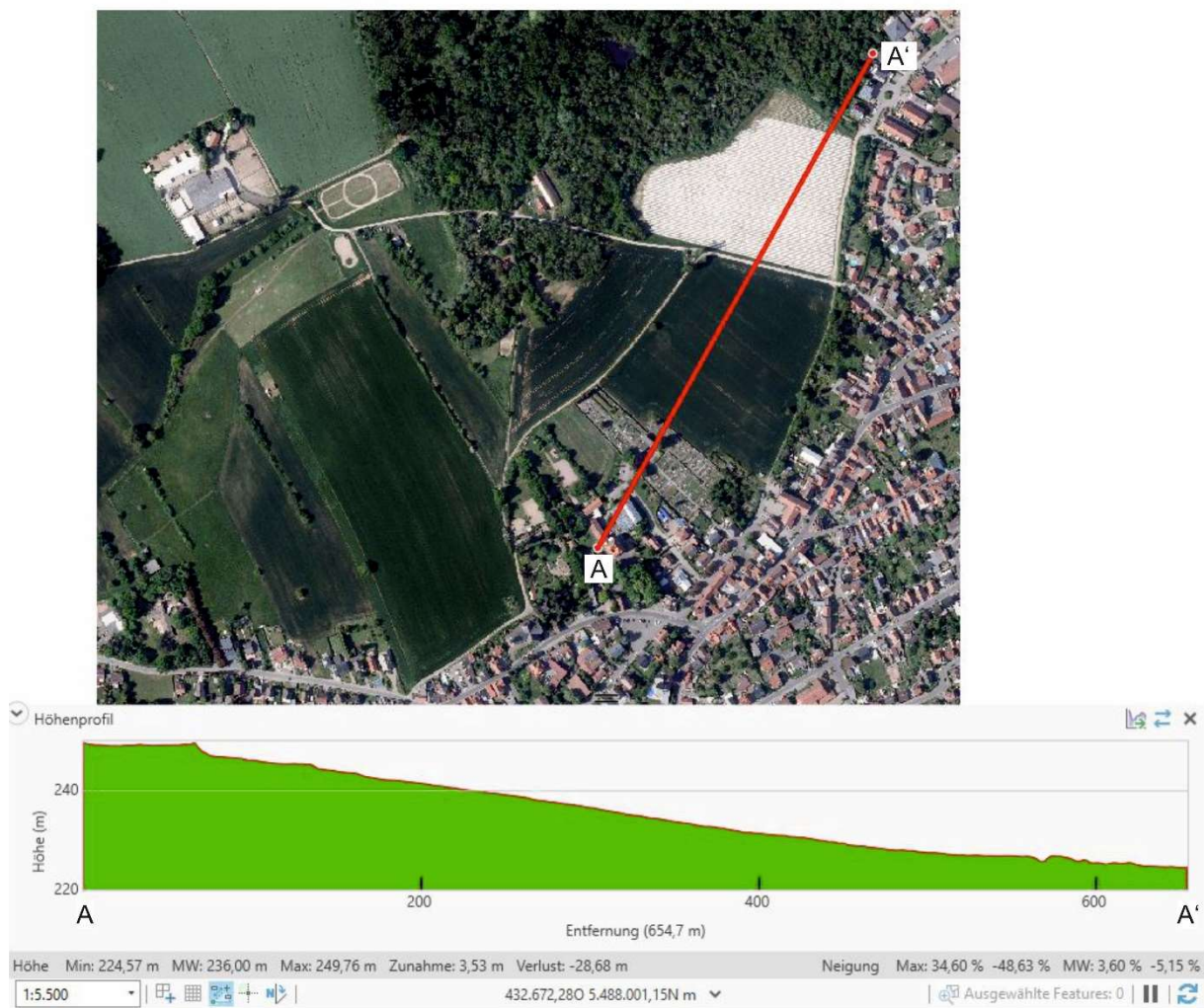


Abbildung 2: Geländeschnitt Südwest nach Nordost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 | 20 cm Bodenaufösung | UTM32/ETRS89 | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.

Ein zweiter West-Ost-Schnitt durch das Untersuchungsgebiet weist die zentrale landwirtschaftliche genutzte Fläche als Erhebung im Gelände aus, die sowohl von West (aus Richtung "Margaretenhof") als auch Ost (in Richtung "Tiefenthaler Straße") abfällt (Abb. 3).



Abbildung 3: Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 | 20 cm Bodenauflösung | UTM32/ETRS89 | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.

Das Plangebiet des Bebauungsplanes wird aktuell, das heißt im Ist-Zustand, landwirtschaftlich genutzt. Durch das Plangebiet führt die Verlängerung der "Gartenstraße" als Wirtschaftsweg und teilt das Gebiet optisch in zwei Teile.

Die umgebende Bebauung im Osten liegt hauptsächlich in Einfamilienhäusern mit zwei Vollgeschossen vor, vereinzelt sind Doppelhäuser vorzufinden. Getrennt wird das Untersuchungsgebiet durch den schmalen Grünzug bzw. den Verlauf des "Schulwiesengrabens" von der östlich angrenzenden Bebauung entlang des Teilabschnittes der "Tiefenthaler Straße". Vor allem der Grünzug (vorherrschende Grünstruktur), aber auch das Relief bildet somit ein natürliches Hindernis - Höhenunterschied ≥ 1 m -, das von den potentiell über der landwirtschaftlich genutzten Fläche kühleren Luftmassen überwunden werden muss. Diese reliefbedingte Hinderniswirkung zeigt sich sowohl in Abbildung 4, als auch in Abbildung 5. Des Weiteren ist beiden Abbildungen zu entnehmen, dass östlich des "Schulwiesengrabens" das Gelände deutlich ansteigt (≥ 4 m), was eine weitere abflusshemmende Barrierewirkung haben wird und Luftmassen dementsprechend

vermutlich nach Nordost abgeleitet würden. Dies jedoch vornehmlich auf der Westseite der Bestandsbebauung entlang der "Tiefenthaler Straße".



Abbildung 4: Detail-Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 | 20 cm Bodenauflösung | UTM32/ETRS89 | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.



Abbildung 5: Detail-Geländeschnitt West nach Ost auf Basis des Digitalen Orthophoto RGB DOP 20 | 20 cm Bodenauflösung | UTM32/ETRS89 | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.

3. Bebauungsplan Wohngebiet „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim

Für das Untersuchungsgebiet wurde dem Fachgebiet der Entwurf des Bebauungsplanes „Schulwiesengraben 2022“ des Büros WVE GmbH zur Verfügung gestellt (Abb. 6).



Abbildung 6: Ausschnitt Entwurf Bebauungsplan „Schulwiesengraben 2022“ Gemeinde Hettenleidelheim | WVE GmbH.

Die Art der baulichen Nutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB wurde für das gesamte Plangebiet als Allgemeines Wohngebiet nach § 4 BauNVO festgelegt. Im Rahmen des Maßes der baulichen Nutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB wurde die GFZ mit 0,8,

die GRZ mit 0,4 und die Zahl der Vollgeschosse als zwei festgesetzt. Neben der Anzahl der Vollgeschosse wird die Höhe der baulichen Anlagen durch die Angabe von maximalen Gebäudehöhen und Mindestgebäudehöhen geregelt. Die Bauweise, die überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstückflächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, werden als offene und abweichende Bauweise festgesetzt, sowie die Zulässigkeit von Einzelhäusern und Doppelhäusern. Ebenso werden Baugrenzen festgesetzt.

Neben den Wohngebieten sieht der Bebauungsplan auch Verkehrsflächen zur Erschließung des Gebietes nach § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB vor. Diese teilen sich auf in öffentliche Straßenverkehrsflächen sowie Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung mit den jeweiligen Bestimmungen „Wirtschaftsweg“, „Besucherstellplatz Ladeinfrastruktur“, „Fußweg“ sowie „öffentliche Parkplätze“.

Im Norden des Plangebietes befindet sich eine Fläche für Versorgungsanlagen, Abfallentsorgung, Abwasserbeseitigung und Ablagerungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB, hier mit der Zweckbestimmung Wasser „Entwässerung „Schulwiesengraben““ sowie „Regenrückhaltebecken (RRB)“. Ebenso befinden sich Flächen mit der Zweckbestimmung „Trafostation/ Elektrizität“ im Plangebiet.

Im Plangebiet sind aufgrund des Bebauungsplanentwurfes öffentliche Grünflächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB vorgesehen. Die jeweiligen Zweckbestimmungen lauten „Spielplatz“, „Renaturierungsfläche Schulwiesengraben“, „Straßenbegleitgrün Sichtachse Wegekreuz“ sowie „Ufer- und Böschungsbegrünung“. Der Schulwiesengraben selbst ist als Wasserfläche nach § 9 Abs. 1 Nr. 21 BauGB als Gewässer 3. Ordnung festgesetzt.

Umgrenzungen von Flächen zum Anpflanzen und für den Erhalt von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie Bindungen für Bepflanzungen sowie von Gewässern nach § 9 Abs. 1 Nr. 25a und 25b BauGB finden sich als Ortsrandeingrünung sowie als Pflanzbindung zum Erhalt von Bestandsbäumen wieder. Ebenso sind Dachflächen von Nebenanlagen, Garagen und Carports, nicht überbaute Tiefgaragendächer sowie Flachdächer und flachgeneigte Dächer mit einem Neigungswinkel von 0 bis 15 Grad flächendeckend zu begrünen. Weitere umfangreiche Festsetzungen bezüglich der Begrünung der privaten Grundstücksflächen und der öffentlichen Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung sind in den textlichen Festsetzungen zu finden.

Die textlichen Festsetzungen des Bebauungsplanes erhalten weitergehend Angaben zu Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB. Dementsprechend sind Wege, Stellplätze, Zufahrten und Hofflächen auf den Baugrundstücken sowie Fußwege und Aufenthaltsbereiche, Fallschutzbeläge der öffentlichen Grünfläche ÖG1 sowie die Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung „öffentlicher Parkplatz“ und „Besucherstellplatz Ladeinfrastruktur“ in wasserdurchlässiger Bauweise herzustellen. Weitere Festsetzungen gibt es bezüglich der Begrünung von Flächen der dezentralen Oberflächenwasserbewirtschaftung „Regenrückhaltebecken“.

Der Bebauungsplan trifft ebenso bauordnungsrechtliche Festsetzungen nach § 9 Abs. 4 BauGB in Verbindung mit § 88 Abs. 6 LBauO RLP. Bezüglich der Dachformen nach

§ 88 Abs. 1 Nr. 1 LBauO RLP wird festgesetzt, dass Flachdächer, Satteldächer, Walmdächer und versetzte Pultdächer zulässig sind. Dacheindeckungen sind in Form von nicht glänzenden und reflektierenden Materialien zulässig. Dachbegrünungen sowie Photovoltaikanlagen sind unter Beachtung der bauplanungsrechtlichen Festsetzungen zur Dachbegrünung uneingeschränkt zulässig.

Gemäß den textlichen Festsetzungen sind Schotter- und Steingärten jeglicher Art unzulässig. Abdeckungen der zu begrünenden Vegetationsflächen der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sind mit Steinen, Kies, Schotter oder sonstigen vergleichbaren losen Materialschüttungen als Mittel der gärtnerischen Gestaltung bis zu einem Flächenanteil von maximal 5 Prozent zulässig.

4. Städtebaulicher Entwurf

Auf der Grundlage des Bebauungsplanentwurfs wurde durch das Fachgebiet ein Bebauungsvorschlag und Baumpflanzungen im Sinne eines städtebaulichen Entwurfs erstellt. Dieser greift sowohl die textlichen als auch zeichnerischen Festsetzungen des Bebauungsplanentwurfes auf und dient als Grundlage für die lokalklimatische Modellierung des Plan-Zustandes (Abb. 7).

Die Parzellierung des Gebietes wurde durch vorgeschlagene Grundstücksgrenzen des Bebauungsplanes bereits vorgegeben und als Grundlage für die Bebauung genutzt. Die Nutzungstabelle sieht für den Großteil des Plangebietes Einfamilienhäuser und Doppelhäuser vor. Aufgrund der vorgeschlagenen Grundstücksgrenzen wurden im städtebaulichen Entwurf Einzelhäuser dargestellt. Diese befinden sich entlang der Straßenverkehrsflächen des Bebauungsplanes mit einer Größe von ca. 9,50 m x 13 m. Ebenfalls wurden den Häusern Garagen mit Flachdächern und Dachbegrünung zugeordnet.

Bezüglich der Begrünungsvorgaben wurden dem städtebaulichen Entwurf Bäume hinzugefügt, genauer auf den Flächen P2, ÖG1, B + L sowie ÖG2.



Abbildung 7: Städtebaulicher Entwurf auf Basis des Entwurf Bebauungsplan „Schulwiesengraben 2022“
Gemeinde Hettenleidelheim | WVE GmbH.

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 stadtklimatischen 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 können.

Mithilfe des numerischen Simulationsprogramms ENVI-met (Version 5.0.3./Sommer 2022) werden mikroklimatische Untersuchungen im Bestand „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim 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 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 unterschiedliche Oberflächentemperaturen. Die Oberflächen geben in Abhängigkeit des Windfeldes die Wärmestrahlung mehr oder minder stark an die bodennahe Luftschicht 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 wird 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.

5.2. 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 Bebauungsplans. 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 $2 \times 2 \times 2 \text{ m}$ haben. Das gesamte Untersuchungsgebiet besteht demnach aus $393 \times 359 \times 12$ (L x B x H) Rasterzellen und ist $786 \times 718 \text{ m}$ groß.

Das Untersuchungsgebiet in Hettenleidelheim liegt auf $49^{\circ}32'17.12''$ nördlicher Breite und $8^{\circ}4'17.74''$ 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 zugrundeliegen, beruhen auf den Daten der DWD-Klimastation aus Alzey (Stationsnummer: 150). Vor allem die Minimum- und Maximumwerte 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 Nordwesten kommende Wind in 10 m über Grund (ü. Gr.) weist eine Geschwindigkeit von $1,0 \text{ m s}^{-1}$ auf, wobei die Rauigkeitslänge im Referenzpunkt $z_0 = 0,1 \text{ m}$ beträgt. Die relative Luftfeuchtigkeit in 2 m ü. Gr. betrug nach den DWD-Daten am 4. August um 15.00 Uhr 21 %, 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 $\text{clo} = 0,9$ (T-Shirt und lange Hose) zugrunde.

Bei der Digitalisierung des Untersuchungsgebietes wurden v. a. im Bereich der Dächer Anpassungen vorgenommen. Die Gebäudehöhen entsprechen den Höhen aus dem LOD2-Datensatz des Landesamtes für Vermessung, die Dachform ist standardmäßig bei allen Gebäuden ein Flachdach. Grundsätzlich wurden in einigen Bereichen des Untersuchungsgebietes, in denen die Darstellungen von Vegetation, Oberflächenmaterial o. ä. im Luftbild teils schwer einzusehen waren, Annahmen getroffen. Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden alle Straßen mit Asphalt versehen. 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 sowie im nördlichen gelegenen Wald auch 20 m. Die landwirtschaftliche Nutzfläche des Untersuchungsgebietes wurde mit 50 cm hohem Gras bepflanzt.

Im Plan-Zustand wurden alle Gebäude mit einer Höhe von 8 m gezeichnet, Garagen haben eine Höhe von 3 m und sind mit „default greenings without air gab (green+mixed substrate)“ begrünt. Die Grundstücksflächen sind, abgesehen von der jeweiligen Gebäudefläche, mit 10 cm hohem Gras bepflanzt. Auch hier wurden Straßen mit Asphalt versehen, Fußwege sowie Zufahrten zu Garagen wurden aufgrund des fehlenden städtebaulichen Entwurfs nicht markiert. Das Regenrückhaltebecken wurde mit 50 cm hohem Gras bepflanzt, ebenso wie die Grünfläche entlang der Renaturierungsfläche im Osten des Neubaugebietes. Die im Bebauungsplan vorgeschriebenen Hochstämme entlang dieser, wurden mit einer Höhe von 15 m und einer dichten Baumkrone angenommen. Zusätzlich ist im Bebauungsplan eine flächendeckende Heckenpflanzung entlang des Neubaugebietes vorgeschrieben. Diese wurde mit einer dichten Hecke mit einer Höhe von 1 m umgesetzt.

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 1,8 m 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 sein können 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.

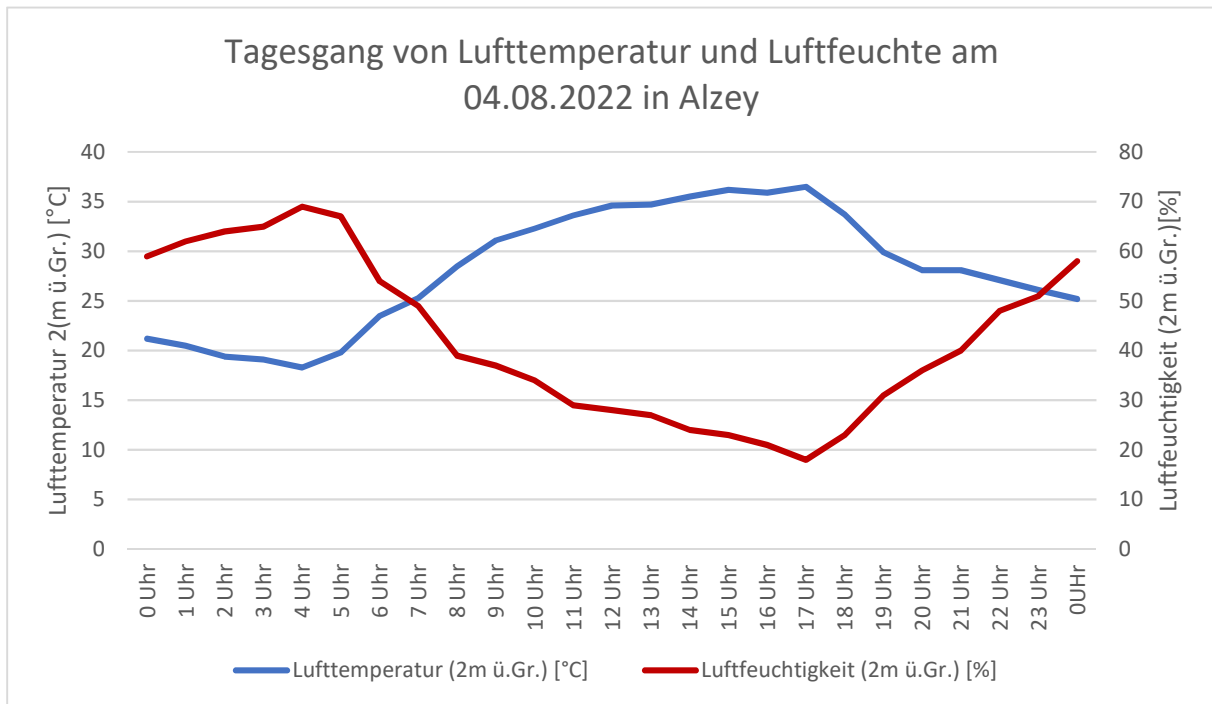


Abbildung 8: Tagesgang von Lufttemperatur und Luftfeuchte zur ENVI-met Initialisierung (DWD-Messstation Alzey) für den 04.08.2022.

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 und 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.

5.3. Das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand

Die gegenwärtige Bestandssituation stellt die Grundlage für die Bewertung der voraussichtlichen lokalklimatischen Modifikation bei einer Umsetzung des vorliegenden bzw. des angepassten städtebaulichen Entwurfs des Neubauvorhabens „Schulwiesengraben 2022“ dar (Abb. 7, Kap. 4). 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 Bestandssituation analysiert.

Lufttemperatur

Beginnend mit der Analyse der Lufttemperaturwerte für das Untersuchungsgebiet zeigt sich in Abbildung 9 eine sehr deutliche Strukturierung der örtlichen Begebenheiten. Für die Tagstunden bzw. 15:00 Uhr ergibt sich ein eindeutiges Bild der Lufttemperaturverteilung mit Blick nach Norden. Dort ist sehr gut zu erkennen, dass das dort an das Plangebiet angrenzende Waldstück die geringste Lufttemperatur für den gesamten Bereich aufweist. Entsprechend der lokalklimatischen Erwartungen, die an eine solche Fläche gestellt werden können, weist das Waldstück durch die Wirkung der Verschattung durch die Bäume ein klares Bild mit Temperaturwerten $< 30^{\circ}\text{C}$ aus. Demgegenüber offenbaren die Freiflächen des eigentlichen Plangebietes bzw. die landwirtschaftlichen genutzten Flächen im Westen des Untersuchungsraumes, u. a. im Bereich des Magaretenhofes, der Einzelgebäude an der Gartenstraße sowie in der Verlängerung des Hettenleidelheimer Friedhofs, mitunter die höchsten Lufttemperaturen mit $> 32^{\circ}\text{C}$. An dieser Stelle wird der Situation Rechnung getragen, dass es über diesen freien Flächen keine bzw. kaum Verschattung durch z. B. Grünstrukturen gibt.

Im Vergleich zu den nördlichen Waldflächen hebt sich auch das schwerpunktmäßig östlich angrenzende Siedlungsgebiet entlang der „Bahnhofsstraße“, „In der Union“ und „Stauferweg“ mit höheren Lufttemperaturwerten von $\sim 30^{\circ}\text{C}$ optisch ab. Dass es dort im Vergleich zu den westlich gelegenen Frei- und landwirtschaftlich genutzten Flächen zu geringeren Werten kommt liegt u. a. daran, dass die Gebäude zum einen, in Abhängigkeit des Sonnenstandes, eine temporäre Verschattung hervorrufen, zum anderen finden sich innerhalb des Bestandes sowohl öffentliche als auch private Grünflächen. Die dort zu erwartende Verdunstungsleistung sorgt für eine Reduktion der Umgebungstemperaturen.

Der Bereich des Hettenleidelheimer Friedhofs sticht mit Lufttemperaturwerten $> 33^{\circ}\text{C}$ aus der Betrachtung heraus. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die für diesen Ort modellierten Oberflächenmaterialien zur Beschreibung des Friedhofsgeländes eine solche Erwärmungsstruktur bedingen.

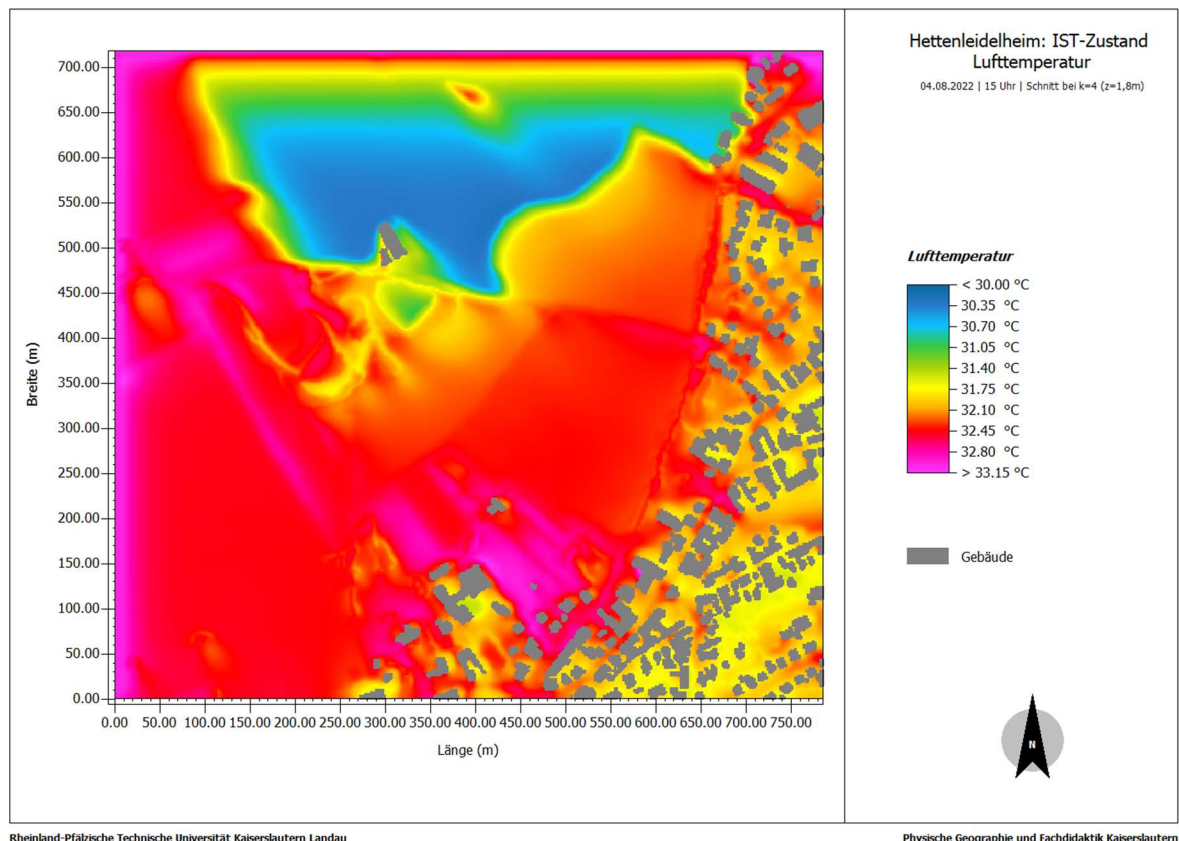


Abbildung 9: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Abbildung 10. Wiederum wird hier die Situation der Lufttemperatur für das Untersuchungsgebiet dargestellt, wobei sofort zu erkennen ist, dass die nächtlichen Temperaturwerte (4:00 Uhr) > 10 K geringer ausfallen als im Vergleich zur Tagsituation (s. Abb. 9). Auch nachts ist die geringste Lufttemperatur im Bereich der nördlich angrenzenden Waldflächen bzw. in den westlich angrenzenden Freiflächen wiedergegeben. Was anhand des Temperaturverlaufes von Nordwest nach Südost sehr eindrucksvoll zu erkennen ist, ist der Einfluss der simulierten Windrichtung. Bewusst wurde hierfür, auch mit Blick auf die Reliefstruktur, eine übergeordnete Windströmung aus Nordwest simuliert, um letztendlich den Einfluss potentiell gebildeter Kaltluft mit in die Gesamtbetrachtung einbeziehen zu können. Dementsprechend ist in Abbildung 10 der Einfluss der Windströmung aus Nordwest sehr gut dargelegt, indem festzustellen ist, dass die, wie in Abbildung 9 dargestellten, Frei- und landwirtschaftlich genutzten Flächen wiederum vergleichsweise hohe Nachttemperaturen aufweisen (22°C - 23°C). Allerdings fallen diese Werte deutlich geringer aus als potentiell möglich, im Hinblick darauf, dass die kühleren Luftmassen aus Nord bzw. Nordwest in den zentralen Raum des Untersuchungsgebietes hineingetragen werden. Allerdings zeigt sich hier auch der Einfluss der Morphologie des Geländes. Wie bereits im West-Ost-Schnitt dargelegt (s.

Abb. 3), sorgt vermutlich der leichte Anstieg des Geländes dafür, dass ein weiteres Vordringen kühlerer Luftmassen aus Nordwest nach Ost unterdrückt wird.

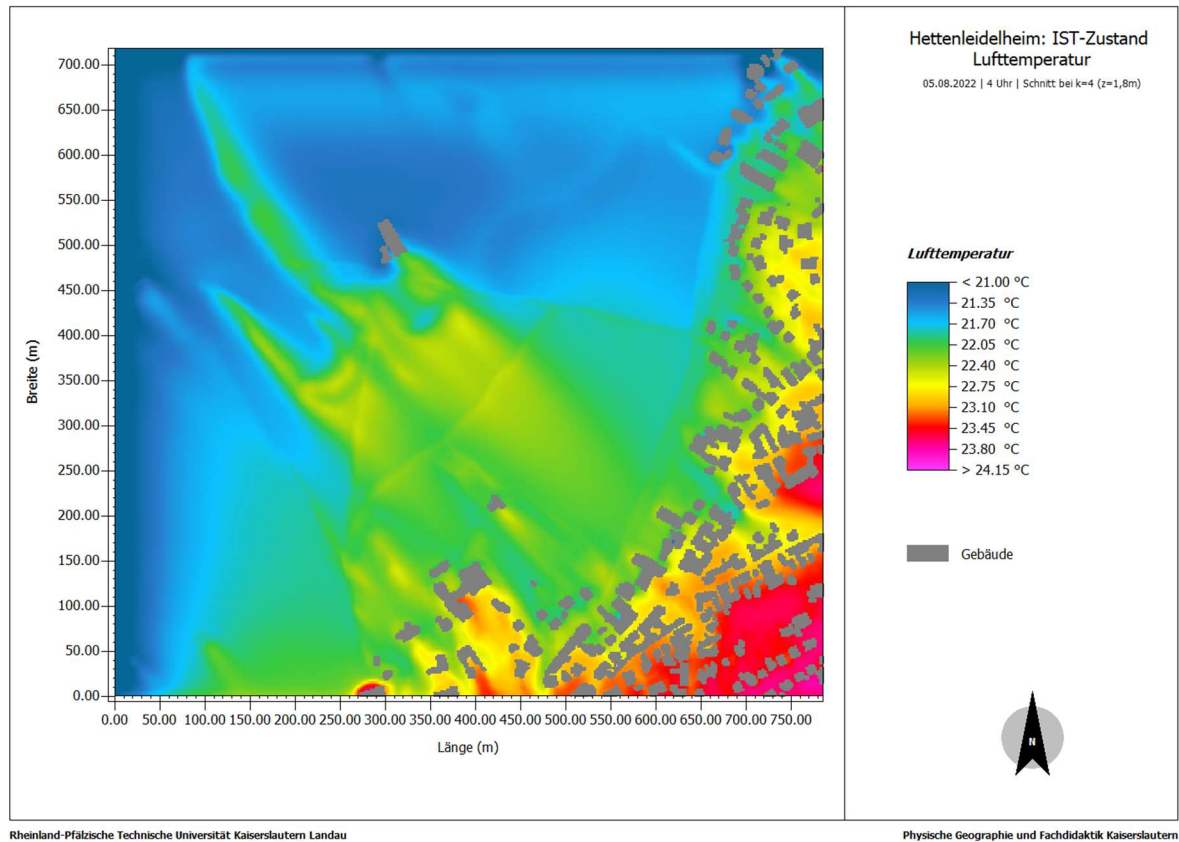


Abbildung 10: Simulation des Ist-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Wiederum deutlich von den freien Flächen hebt sich das östlich angrenzende Siedlungsgebiet mit Temperaturwerten $> 23^{\circ}\text{C}$ ab. Dies ist jedoch nicht weiter verwunderlich, da hier berücksichtigt werden muss, dass die über Tag gespeicherte Wärme u. a. in den Materialien der Gebäude nachts an die bodennahe Luftschicht abgegeben wird und dafür sorgt, dass die Lufttemperatur in diesem Bereich über den Werten der natürlichen Freiflächen im Westen liegt.

Windgeschwindigkeit und -richtung

Die Analyse der Lufttemperatur soll an dieser Stelle mithilfe der Abbildungen 11 und 12 durch die Charakterisierung des Windfeldes im Bereich des Untersuchungsgebietes verifiziert werden. Die Darstellung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit bietet die Möglichkeit, den in Abbildung 10 erwähnten Einfluss des über das Gebiet strömenden Windes von Nordwest ein wenig genauer zu betrachten und auch dessen Wirkung auf die Temperaturverteilung innerhalb des Untersuchungsraumes zu beobachten. In Abbildung 10 war bereits deutlich zu erkennen, dass der aus Nordwest über das Gebiet strömende Wind die kühleren

bodennahen Luftmassen der Grün- und Waldflächen über die erwärmten Freiflächen nach Ost trägt, und so zumindest im Bereich des Margaretenhofes und entlang der Gartenstraße für eine leichte Abkühlung dieses Bereiches sorgt.

Grundsätzlich kann für Abbildung 11 als auch 12 bzw. für die Tag- und auch Nachtstunden festgehalten werden, dass sowohl vereinzelte Gebäude- als auch vereinzelte Grünstrukturen oder auch die im Osten angrenzende Siedlungsstruktur von Hettenleidelheim den größten Einfluss auf das Windfeld nehmen, allem voran auf die Windgeschwindigkeit. Vor allem die zentral gelegenen Einzelgebäude im Bereich der „Gartenstraße 7“ bzw. die südwestlich hiervon gelegenen Solitärwaldflächen weisen ihren Einfluss auf den anströmenden Wind aus Nordwest aus. Hier sind, abgesehen vom östlichen Siedlungsbereich, die geringsten Windgeschwindigkeiten zu erwarten ($v < 0,4 \text{ m s}^{-1}$).

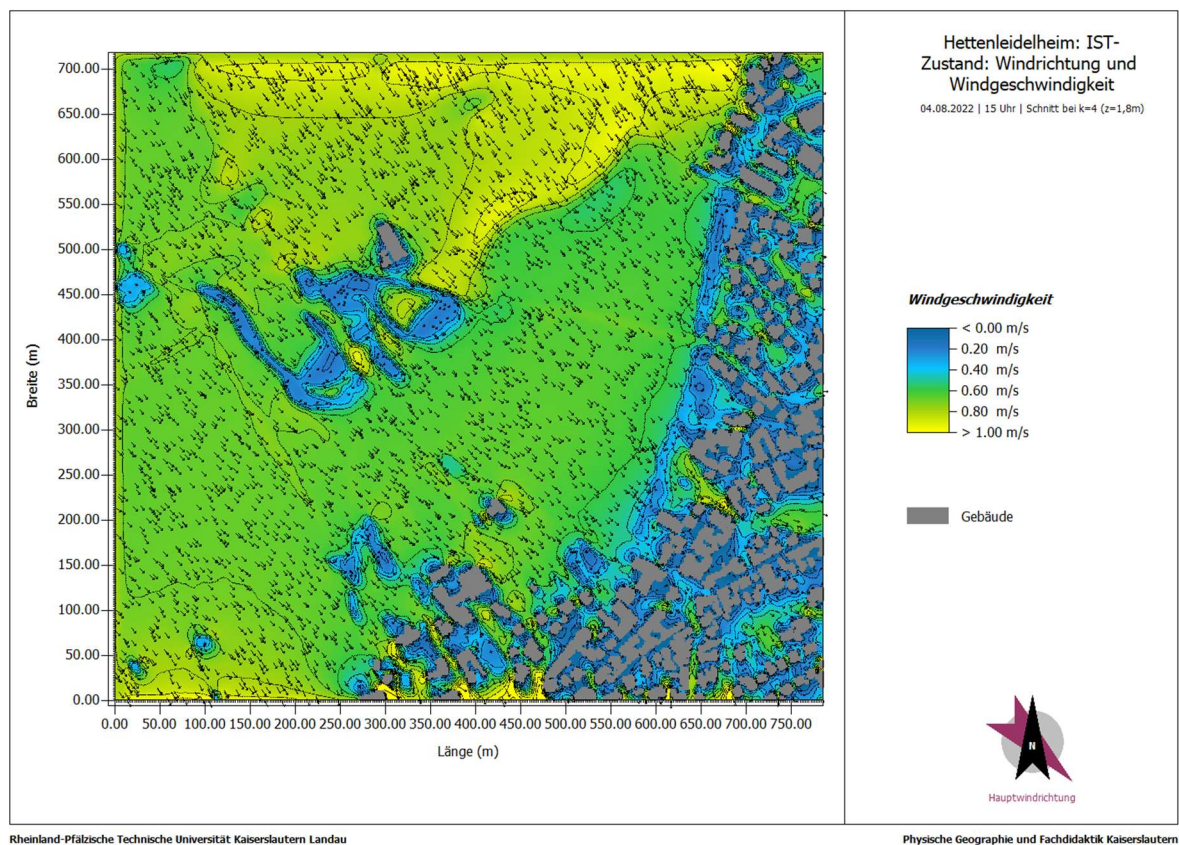


Abbildung 11: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Sowohl die Simulation der Tag- als auch Nachtstunden (s. Abbildung 11 und 12) weist ein nahezu identisches Windfeld auf, was von Nordwest kommend über die Frei- und Waldflächen strömend am „Schulwiesengraben“ bzw. an der rückseitigen Bebauung entlang der „Bahnhofsstraße“ im Osten deutlich ausgebremsst wird und nur an einigen wenigen Stellen („Tiefenthaler Straße“, „Gartenstraße“, „Stauferweg“) anhand eines geringen Kanalisierungseffektes hinein in den angrenzenden Bestand gelangen kann.

Es zeigt sich sowohl in der Nacht als auch am Tage, dass die Wegeföhrung bzw. Morphologie des Geländes entlang des „Schulwiesengrabens“ und des Baches, vor allem durch die Baumstruktur und den kleinen Erdwall, von Süd nach Nord auf die Windbewegungen bzw. -verteilung einen deutlich negativen Einfluss nimmt – wenn die Austauschwirkung des Windes als zentrale Aufgabe in diesem Bereich des Untersuchungsraumes betrachtet wird. Östlich dieser beschriebenen Linie stellt sich im simulierten Worst-Case-Szenario an vielen Stellen bzw. im Einzugsbereich vieler Bestandgebäude Windstille ($v = 0 \text{ m s}^{-1}$) ein.

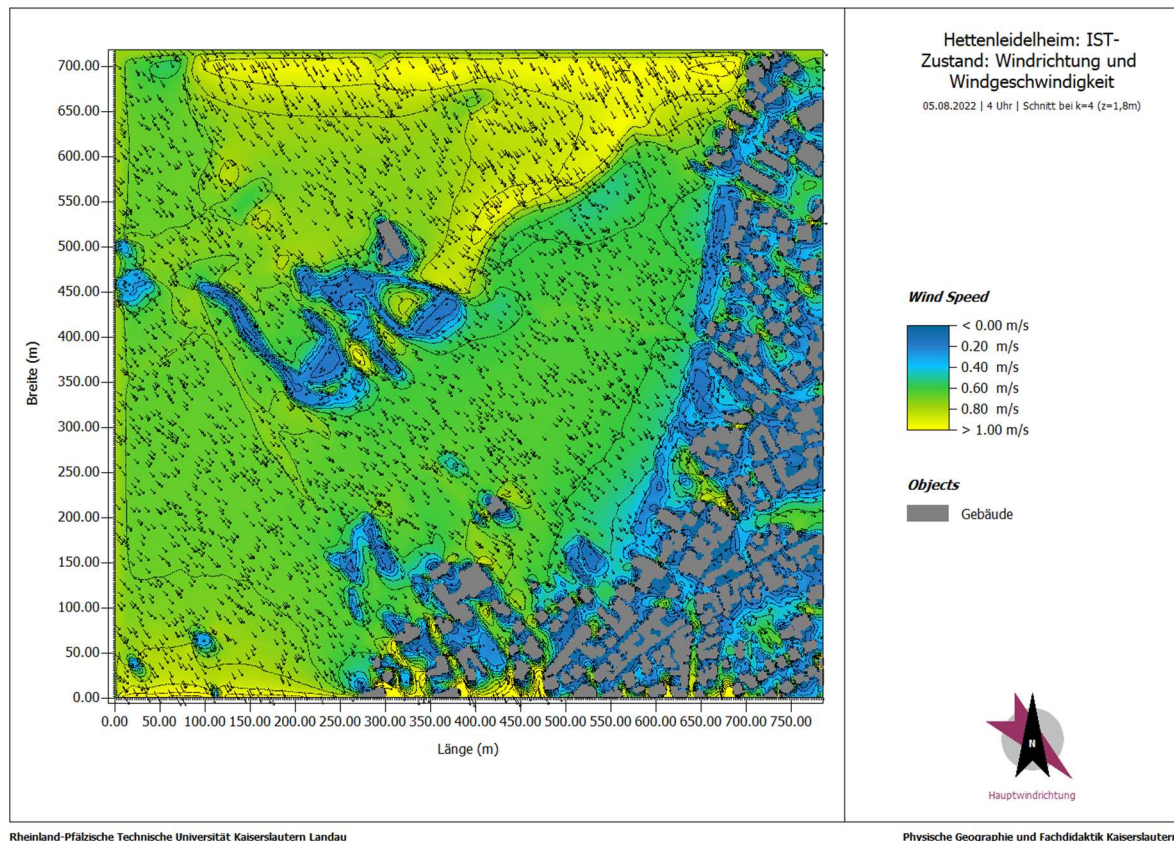


Abbildung 12: Simulation des Ist-Zustandes von Windrichtung und -geschwindigkeit am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Obwohl im vorliegenden Fall konkret kein Kaltluftabfluss analysiert wird, lässt sich dennoch vermuten, dass potentiell mögliche Kaltluftabflüsse aus dem Untersuchungsgebiet nach Ost in den angrenzenden Raum eine relativ geringe Aussicht auf eine große Eindringtiefe in die Siedlungsstruktur haben dürften. Dies ist an dieser Stelle natürlich keine abschließende Bewertung zur Situation der Kaltluftströme, im Zusammenspiel mit der Oberflächenstruktur sowie der Gebäude- und auch der Grünflächenverteilung lässt dies aber Rückschlüsse darauf zu, dass sich hier durchaus eine Hinderniswirkung für einen potentiellen Kaltluftabfluss entwickeln dürfte.

Oberflächentemperatur

Den sehr viel deutlicher ausgeprägten Einfluss, vor allem der verwendeten künstlichen Bau- und Oberflächenmaterialien auf die Umgebungstemperatur, erlaubt die Betrachtung der Oberflächentemperatur. Die Bewertung dieses Parameters trägt den physikalischen Eigenschaften der unterschiedlichen Materialien/ Oberflächen Rechnung, indem die Möglichkeit eröffnet wird sowohl am Tage als auch für die Nachtstunden Rückschlüsse darauf zu ziehen, inwiefern die Wärme- bzw. Temperaturleitfähigkeit eines Materials/ einer Oberfläche Einfluss auf die Umgebung nehmen kann.

Bereits bei der Betrachtung der Abbildung 13 zeigt sich für die Tagstunden ein sehr aussagekräftiges Bild mit Blick auf die Oberflächentemperaturen respektive die in der Simulation eingesetzten Oberflächenmaterialien. Deutlich heben sich die Bestandsgebäude im Osten, die Wegeführungen innerhalb der Siedlungsstruktur als auch die Wege der landwirtschaftlich genutzten Flächen von den Flächen mit natürlichen Oberflächen ab. Wie nicht anders zu erwarten, sind vor allem die Flächen der Verkehrsinfrastruktur sowohl innerhalb als auch außerhalb des Bestandes die Flächen mit den höchsten Oberflächentemperaturwerten. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Materials werden hier Oberflächentemperaturen $> 40^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Ein auffälliger Unterschied ist zwischen der innerhalb der Siedlungsstruktur befindlichen „Bahnhofsstraße“, der „Tiefenthaler Straße“ oder auch „In der Union“ (Temperaturverlauf $> 50^{\circ}\text{C}$ (Asphalt)) und den Wegeführungen innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen („Schulwiesengaben“, Verlängerung der „Gartenstraße“ (Asphalt/ Feldweg Loamy Soil) zu erkennen, die aber immerhin noch eine Oberflächentemperatur von $\sim 40^{\circ}\text{C}$ und mehr erreichen können.

Die kühleren Bereiche ergeben sich erwartungsgemäß vor allem im nördlich angrenzenden Waldstück bzw. mit Blick auf die Siedlungsstruktur im Osten, über den Flächen der öffentlichen und privaten Grünflächen sowie im Nahbereich der Gebäude, wenn durch den Schattenwurf dafür Sorge getragen wird, dass die, die Gebäude umschließenden Oberflächen weniger stark erhitzt werden. Die Freiflächen des Plangebietes und die auch im Westen angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen weisen mit Oberflächentemperaturwerten zwischen 34°C und 38°C erhöhte Werte auf. Dies ist allerdings nicht verwunderlich, vor allem im Hinblick auf das bereits dargelegte Lufttemperaturgeschehen (s. Abb. 9), da erneut der Effekt zum Tragen kommt, dass die Verschattung in großen Bereichen dieses Raumes schlichtweg fehlt, und daher die solare Einstrahlung diese Flächen entsprechend aufheizen kann.

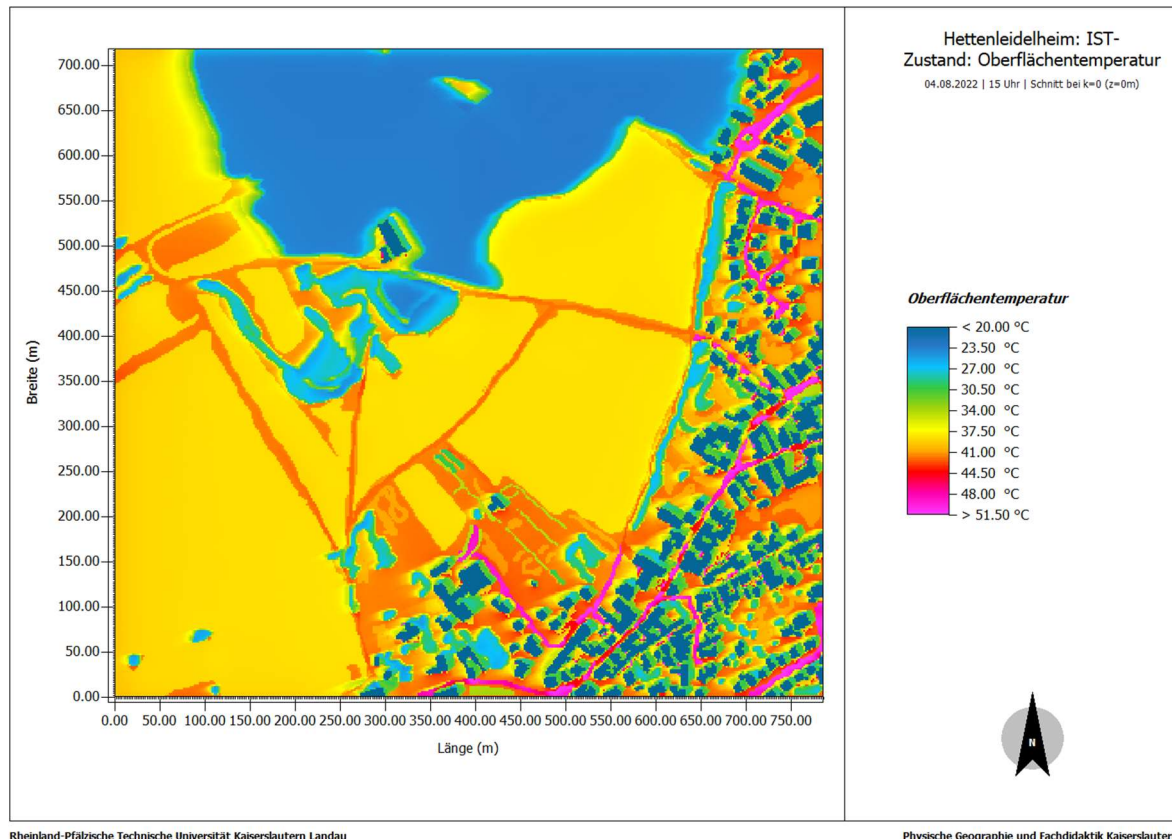


Abbildung 13: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Deutlich verändert zu Abbildung 13 zeigt sich die Nachtsituation der Oberflächentemperatur in Abbildung 14. Auch hier sind wiederum die Gebäudestruktur und die Wegeführung deutlich von den freien Flächen abzugrenzen. Was sich hier jedoch zeigt, und dies deckt sich in großen Teilen erneut mit der Betrachtung der Abbildung 10 für die Situation der Lufttemperatur in den Nachtstunden, ist, dass die freien Flächen des Plangebietes und die westlich gelegenen landwirtschaftlich genutzten Gebiete mit Temperaturen von ungefähr 17°C nun deutlich geringere Temperaturwerte aufweisen, als das für die Tagstunden dargestellt der Fall war. Die natürlichen Oberflächenmaterialien bzw. deren physikalische Eigenschaften sorgen in der Nacht dafür, dass es dort, im Vergleich zu den mit künstlichen Materialien versiegelten Flächen, relativ schnell zu einer Abkühlung durch den schnelleren Strahlungsverlust des Bodens kommt. Hier zeigt sich der differenziert zu betrachtende Einfluss des Wärmespeichervermögens der diversen Oberflächenmaterialien. Wie am Tag zeigen sich die Verkehrswege auch in den Nachtstunden, sowohl innerhalb als auch außerhalb der Bebauungsstruktur, als die Flächen mit den höchsten Oberflächentemperaturen (> 22°C). Aber auch innerhalb der Bebauungsstruktur ist wiederum sehr schön zu erkennen, welche Bereiche, sowohl öffentlich als auch privat, mit Grün bestanden sind. Dort nähern sich die Temperaturwerte der Oberflächen mit 16°C bis 17°C sehr stark den Werten der Frei- bzw. Waldflächen an.

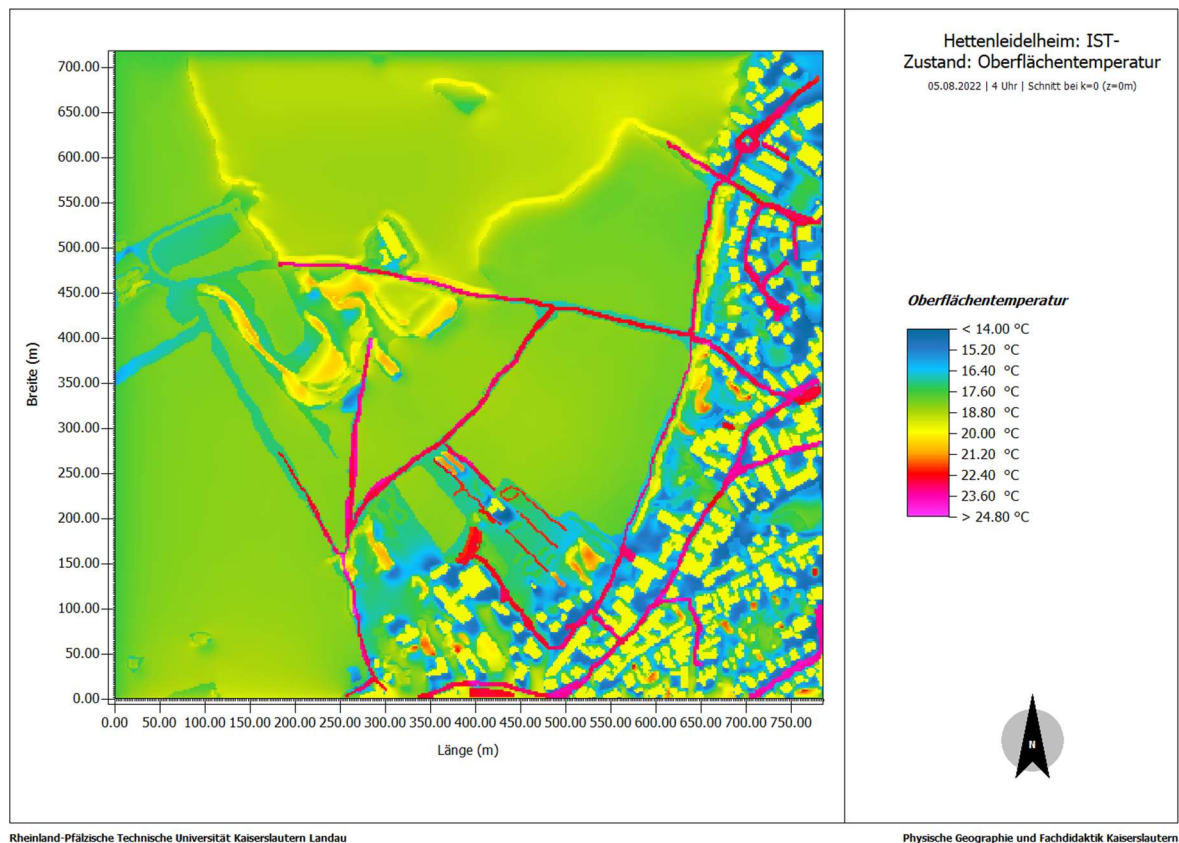


Abbildung 14: Simulation des Ist-Zustandes der Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

Die Betrachtung des thermischen Index PMV stellt eine sehr schöne Synopse des Zusammenspiels zwischen Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung dar. Bereits die Analyse der Tagstunden für den PMV, dargestellt in Abbildung 15, offenbart auf sehr eindrucksvolle Weise den Einfluss der solaren Einstrahlung bzw. die Bedeutung der Verschattung für eine Fläche. Deutlich zeigt sich sowohl für das Plangebiet als auch für die angrenzenden Frei- und landwirtschaftlich genutzten Flächen, dass aufgrund der ungehinderten solaren Einstrahlung für eine Sommersituation ebendiese extrem aufgeheizt werden können. Wie bereits für die Lufttemperatur und ebenso die Oberflächentemperatur dargelegt, zeigt sich auch für den $PMV > 4$, dass diese Bereiche im Verlauf des Tages aus Sicht der thermischen Behaglichkeit des menschlichen Organismus als ungünstig bzw. unangenehm empfunden werden können. Die freie Exposition und die fehlende Verschattung bedingen durchweg hohe PMV-Werte.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bei der Betrachtung der Siedlungsstruktur im östlichen Bereich. Auch hier ist der $PMV > 3$ deutlich erhöht und zeigt, dass auch hier durchaus mit einem thermischen Unbehagen innerhalb der Bebauung zu rechnen ist. Deutlich davon abgehoben sind die Grünstrukturen innerhalb des Bestandes, im

Bereich der Grundschule sowie die Waldflächen bzw. die etwas weiter südlich gelegenen Solitärwaldflächen, mit einem PMV = 2 bis 2,5.

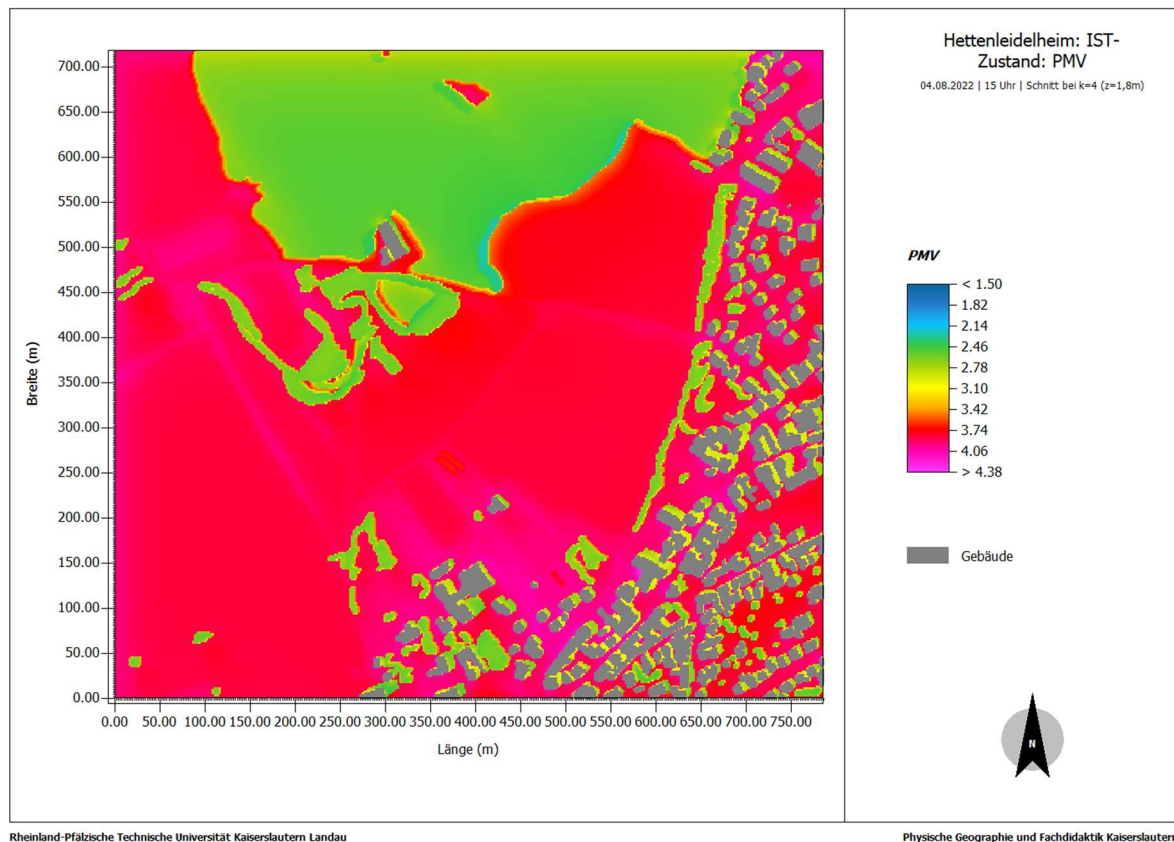


Abbildung 15: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Dem entgegen offenbart Abbildung 16, dass sich die Situation der thermischen Behaglichkeit in den Nachtstunden deutlich verbessert. Nachts zeigen sich einzelne Strukturen, hier vor allem im Bereich des Friedhofs, der Grundschule und entlang des „Schulwiesengrabens“, die auf den ersten Blick, aufgrund ihrer Farbgebung, scheinbar erhöhte Werte aufweisen. Allerdings muss an dieser Stelle beachtet werden, dass dort ein PMV zwischen 0 und 0,5 erreicht wird – was einer neutralen thermischen Behaglichkeit entspricht. Diese Räume ragen aufgrund ihrer Farbgebung hervor, weil die zentralen, nördlichen und nordwestlich gelegenen Frei- und Waldflächen mit einem PMV von 0 bis -1 deutlich geringere Analysewerte aufweisen. Es zeigt sich wiederum, was bereits mehrfach im Vorfeld bei der Betrachtung der unterschiedlichen Parameter erwähnt wurde – über Tag (s. Abb. 15) weisen diese Flächen relativ hohe Werte auf, aufgrund der Tatsache, dass diese ohne Verschattung während der Tagstunden einer hohen solaren Einstrahlung ausgesetzt sind. Nach Sonnenuntergang fehlt diese Energiequelle und aufgrund der entsprechenden physikalischen Bodeneigenschaften gibt dieser Bereich in den Abend- und Nachtstunden vergleichsweise schnell die Wärme an die bodennahe Luftschicht ab. Dies sorgt dafür, dass diese Flächen nachts als durchaus kühl empfunden werden.

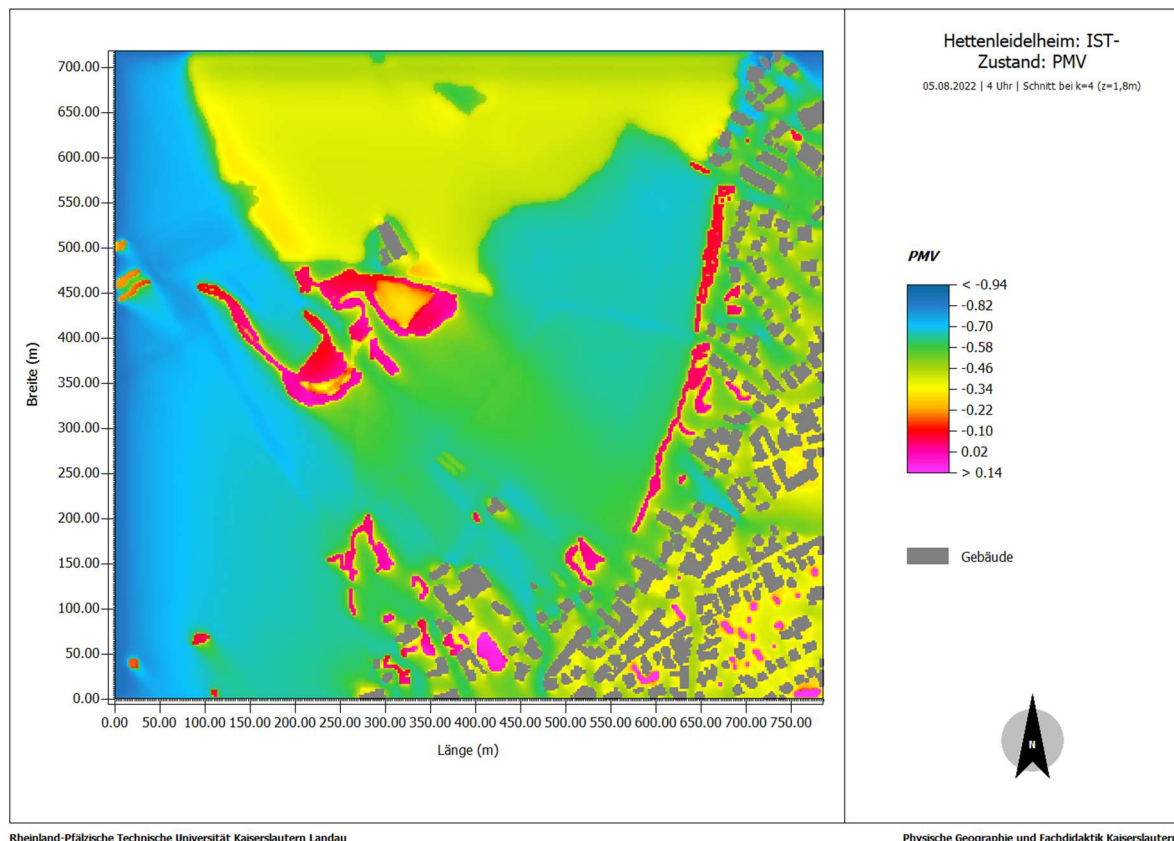


Abbildung 16: Simulation des Ist-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

5.4. Das Untersuchungsgebiet im Planzustand

Das folgende Teilkapitel zeigt die lokalklimatische Situation nach der Umsetzung des vorliegenden sowie wie in Kapitel 4 beschriebenen und angepassten städtebaulichen Entwurfs des Neuvorhabens „Schulwiesengraben 2022“ (s. Abb. 7).

Lufttemperatur

Für die Simulation der Lufttemperatur während der Tagstunden zeigt sich eine Dreiteilung des Untersuchungsraumes (Abb. 17), zunächst unabhängig vom Vergleich mit dem Ist-Zustand. Wie zu erwarten ist, erweisen sich die im Norden gelegenen Waldflächen ($\sim 31^{\circ}\text{C}$) als rund 3 Kelvin kühler als die deutlich wärmeren, vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen im zentralen Bereich sowie im Westen ($\sim 34^{\circ}\text{C}$) des Untersuchungsgebietes und der, zusammengefasst betrachtet, im Osten befindliche Siedlungsraum (ca. $32,5^{\circ}\text{C}$). Die vergleichsweise hohen Lufttemperaturen über den Landwirtschaftsflächen ergeben sich, wie bereits für den Ist-Zustand angemerkt, aufgrund der freien und weitestgehend unverschatteten Verhältnisse. Hieraus ergibt sich auch der, zwar nur leichte, aber dennoch erkennbare Unterschied zur geringeren Lufttemperatur innerhalb der Siedlungsstruktur, sowohl des „Altbestandes“ als auch des Neubauvorhabens. Hier offenbart sich deutlich der Effekt

der Verschattung, sei es durch den Schattenwurf der Gebäude oder der Grünstrukturen.

Offensichtlich wird auch der simulierte Einfluss des Windes aus Nordwest. Die warmen Luftmassen werden über das Untersuchungsgebiet getragen und gelangen vor allem an den Stellen, wo die Bebauung nach Westen hin offen ist und die Luft dort hindurch wehen kann, u. a. bis zu „In der Union“ bzw. zur „Bahnhofstraße“. Besonders auffällig ist dies im Neubaugebiet zu beobachten, wo die Bebauung aufgrund der Wegeführung der „Gartenstraße“ einen Durchlass zur angrenzenden Bebauung aufweist. Dort ergibt sich eine Lufttemperatur um die 34°C, hervorgerufen durch die in diesem Bereich fehlende Begrünung bzw. dem der Straßenstruktur geschuldeten hohen Versiegelungsgrad. Ebenso lässt sich vermuten, dass es hier vor allem an den Gebäudekanten der neu geplanten Struktur zu einem Aufstauen der warmen Luftmassen kommt, was ebenso zu einem lokalen Anstieg der Umgebungstemperatur führen kann. Näheres zu diesem Effekt ist den Abbildungen 19 und 20 zu entnehmen.

Ein ähnlicher, potentieller Stau effekt lässt sich anhand des Temperaturgeschehens im Norden des Neubauvorhabens erkennen – an der Kreuzung „In der Union – Bahnhofstraße - Stauffer Weg“. Hier kommt es möglicherweise zu einer Verringerung des Austauschs durch die neue Struktur des Raumes (s. dazu ebenso Abb. 19 u. 20).

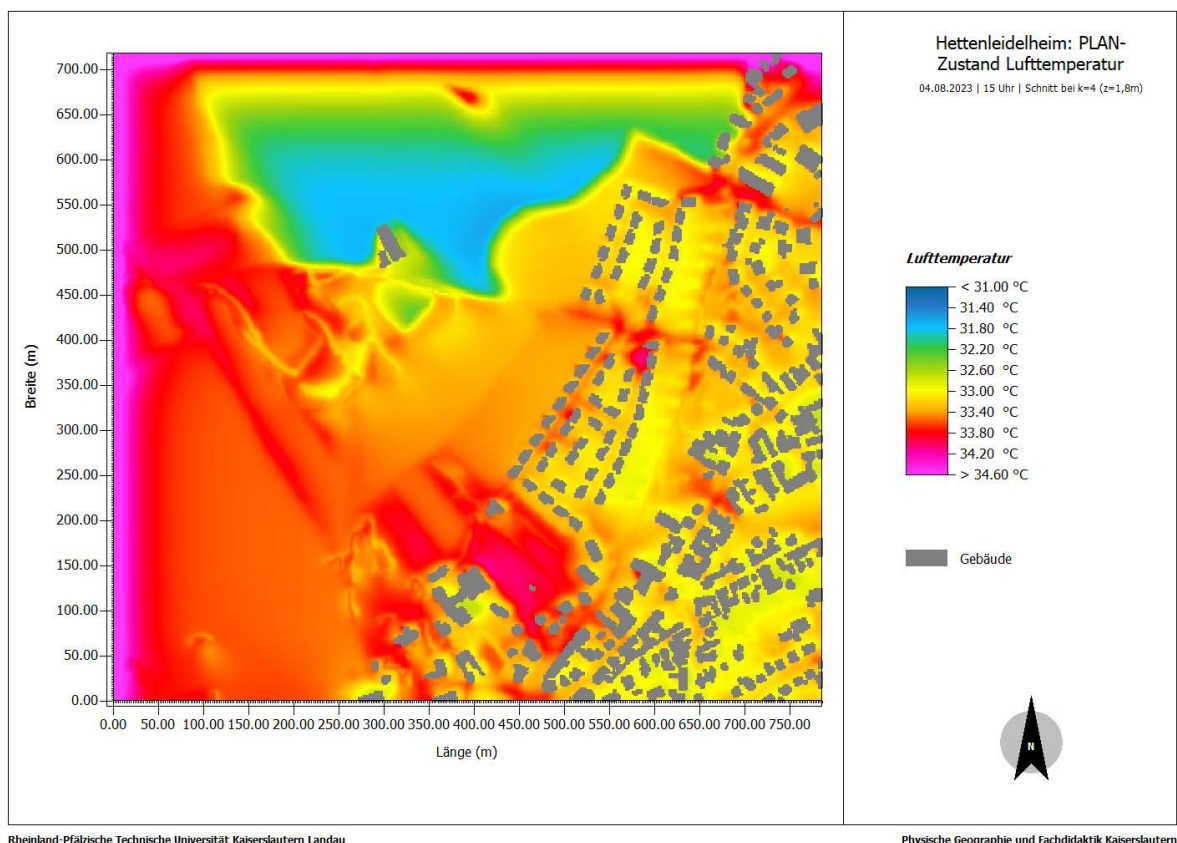


Abbildung 17: Simulation des Plan-Zustandes der Lufttemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Nachts wird wiederum deutlich, dass sich das Gebiet über den Frei- und Waldflächen aufgrund der mehr oder minder ungehinderten langwelligen Ausstrahlung des Bodens erwartungsgemäß schneller abkühlt. Sowohl die landwirtschaftlich genutzten Flächen, als auch das Waldstück im Norden weisen mit Lufttemperaturen $< 21^{\circ}\text{C}$ Werte auf, die im Vergleich zu den Tagstunden um rund 13 K geringer ausfallen (s. Abb. 18).

Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Neubaugebietes und des Bestandes. Natürlich sind auch diese Flächen im Vergleich zu den Tagstunden nachts um rund 10 K kühler, jedoch zeigt sich über beiden Bereichen der Wärmespeichereffekt der künstlichen Baumaterialien in der Überwärmung dieser Flächen von 2 bis 3 K im Vergleich zu den unversiegelten freien Räumen. Diese Tendenz zu höheren nächtlichen Lufttemperaturen innerhalb des Bestandes war bereits im Ist-Zustand in Abbildung 10 zu erkennen. Die Fläche wird nun, in Abhängigkeit des neu überplanten Gebietes, nach Westen hin größer. Allerdings zeigt sich aber auch, dass im Vergleich zu Abbildung 10, die Umgebungstemperatur in Abbildung 18 nur marginal, und vor allem nur an vereinzelten Stellen eine klimatisch negative Modifikation aufweist. Näheres dazu wird in Kapitel 7 erläutert.

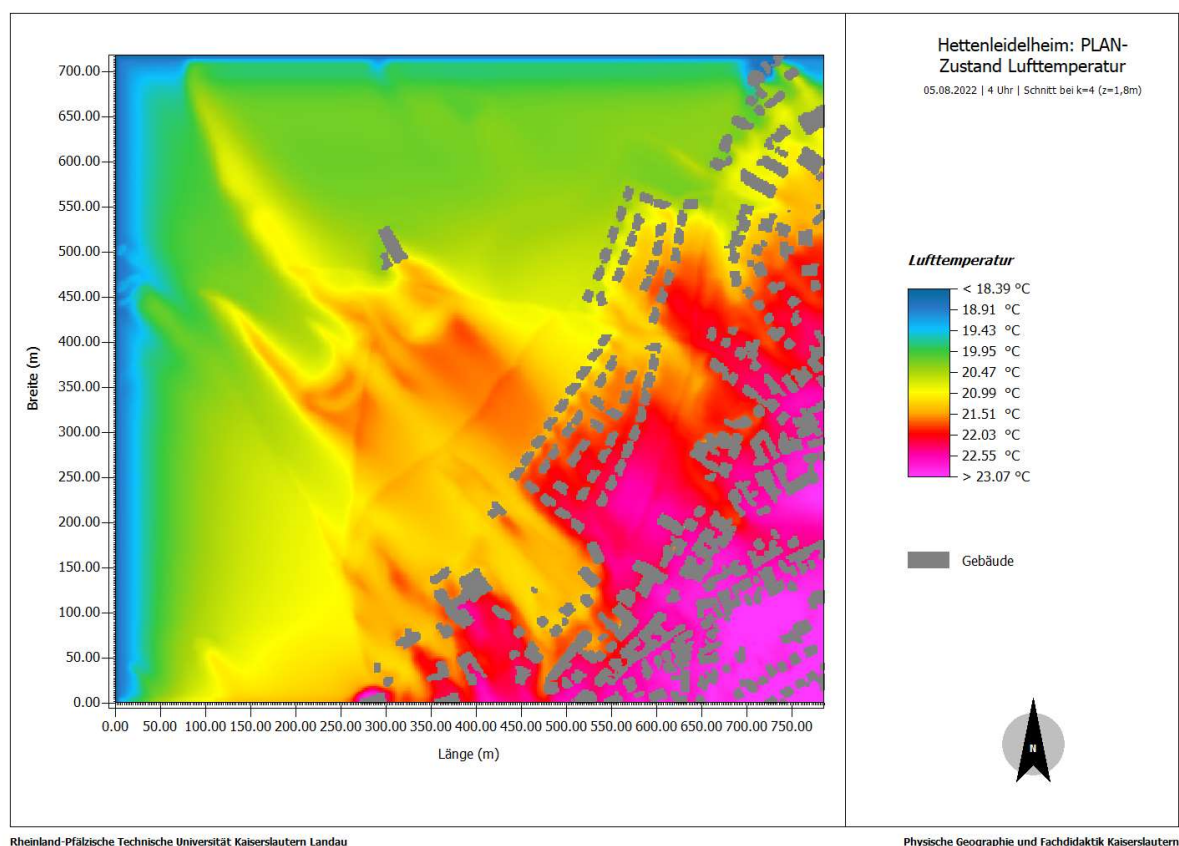


Abbildung 18: Simulation des Plan-Zustandes der Lufttemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Windgeschwindigkeit und -richtung

Ein nahezu deckungsgleiches Bild ergibt sich in den Abbildungen 19 und 20 für die Simulation des Planzustandes am Tag und in der Nacht für das Windfeld des

gesamten Untersuchungsraumes. Sowohl in Abbildung 19 als auch 20 ist eine Zweiteilung des Raumes zu erkennen – mit noch vorhandenen Luftbewegungen um die 1 m s^{-1} über den landwirtschaftlich genutzten Flächen und dem Waldstück und einer starken Reduktion der Windgeschwindigkeit bzw. allgemein des Austauschs der bodennahen Luftschicht sowohl im Gebiet des Neubauvorhabens als auch im Bestand.

Fokussiert auf die neue Bebauungsstruktur erweisen sich die Gebäude erwartungsgemäß als Strömungshindernisse, was dazu führt, dass teilweise, bei einer Anströmung von Nordwest, die Windgeschwindigkeit innerhalb des neuen und alten Bestandes nahezu zum Erliegen kommt. Auch hier gilt, ähnlich wie für die Lufttemperatur, dass dieses Phänomen auch in den Abbildung 11 und 12 des Ist-Zustandes bereits zu erkennen war, nun aber mit den Neubauvorhabens weiter in Richtung Westen über den „Schulwiesengraben“ hinaus verschoben wird.

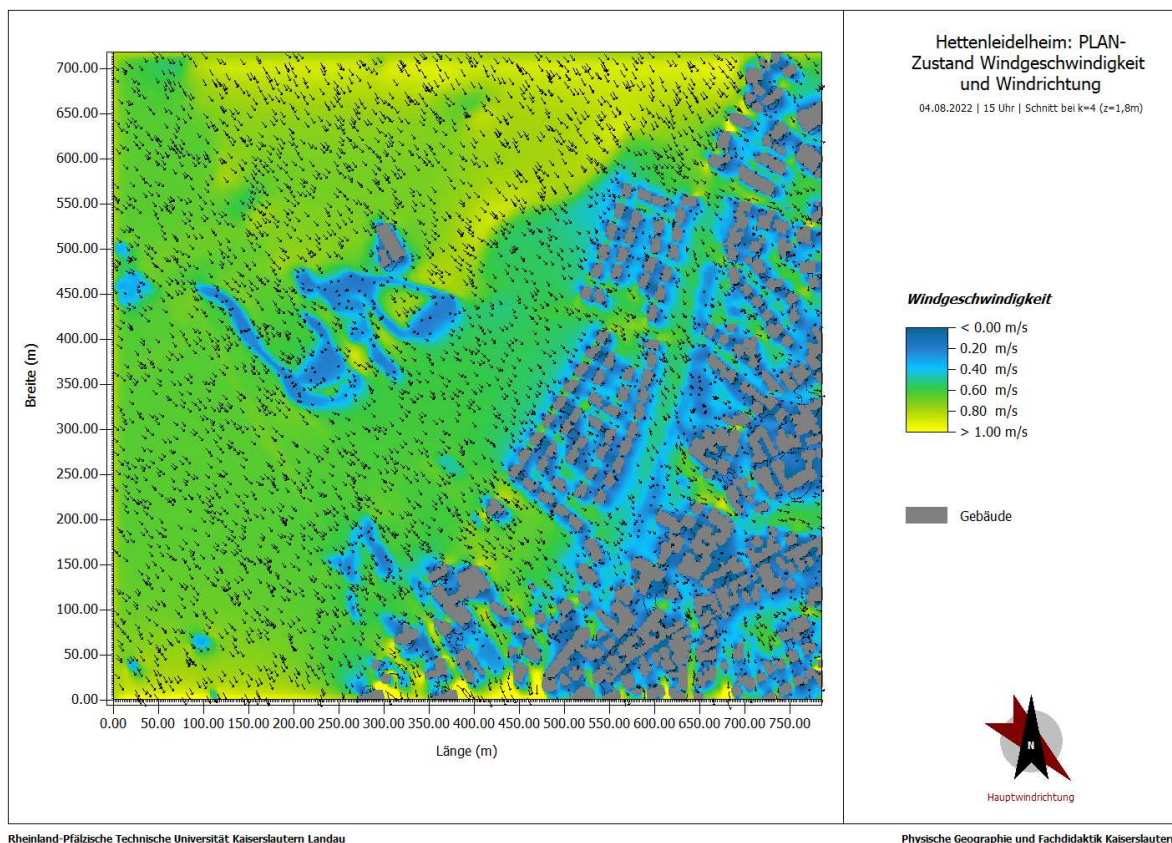


Abbildung 19: Simulation des Plan-Zustandes von Windgeschwindigkeit und -richtung am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Ebenso deutet sich in den beiden Abbildungen 19 und 20 der bereits in Abbildung 17 vermutete Kanalisierungseffekt innerhalb des Neubauvorhabens sowohl entlang der „Gartenstraße“ als auch im Bereich von „In der Union“ an. Neben der zentral zum Straßenschnitt erhöhten Windgeschwindigkeit der von Nordwest anströmenden Luft, kommt es aufgrund von Verwirbelungen an den Gebäudekanten zu einer

Geschwindigkeitsreduktion und ein großer Teil der, wie in Abbildung 17 verifizierten warmen bodennahen Luftmassen, bleibt dort hängen und führt zu einem Wärmestau.

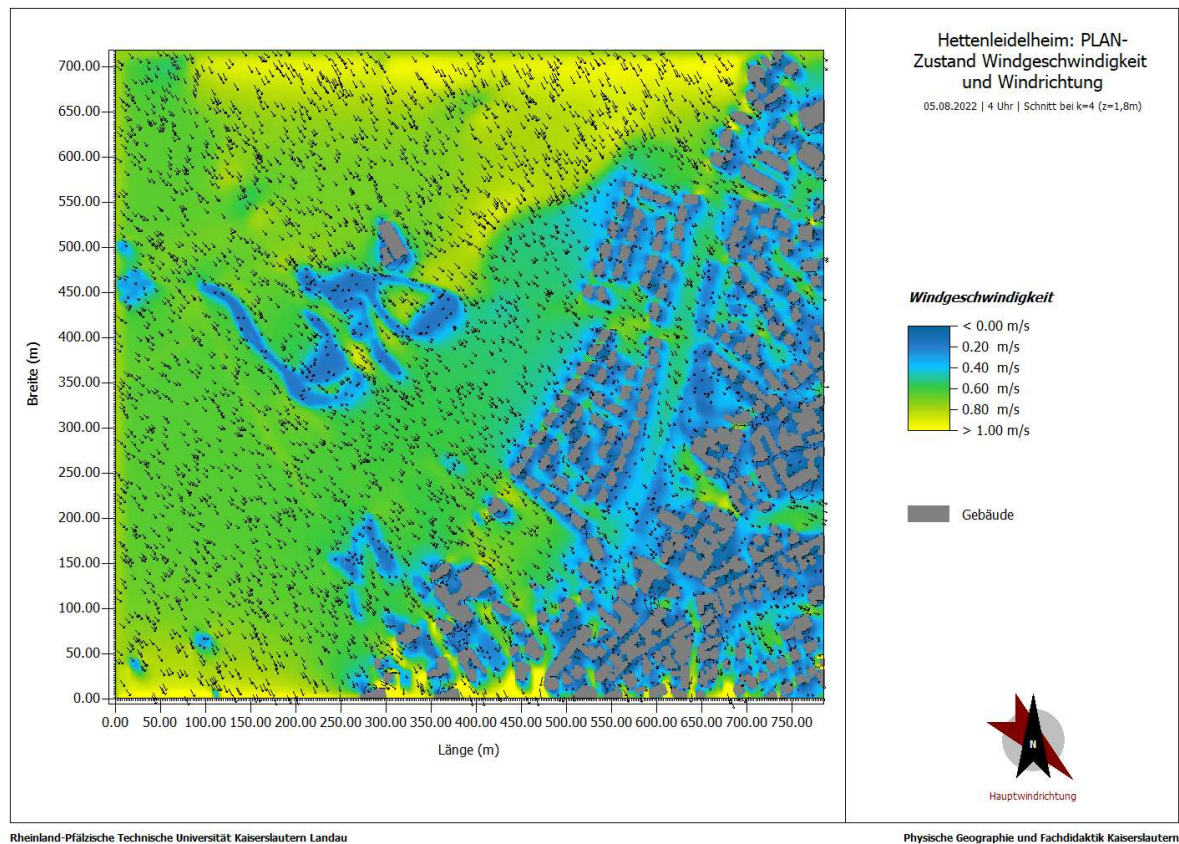


Abbildung 20: Simulation des Plan-Zustandes von Windgeschwindigkeit und -richtung am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Oberflächentemperatur

Einen sehr viel strukturierten Einblick in die mikroklimatische Situation des gesamten Untersuchungsraumes ergibt sich, im Vergleich mit den Ist-Zustand, durch die Analyse der Oberflächentemperatur im Planzustand. Allerdings deutet sich bereits in Abbildung 21 an, dass diese Struktur durch den Einbezug des Neubauvorhabens noch einmal deutlicher zum Tragen kommt und das neu geschaffene Gebiet dem gesamten Raum ein gänzlich neues „Gesicht“ verleiht.

Am Tage sind wiederum die unterschiedlichen natürlichen und künstlichen Oberflächenmaterialien sehr gut voneinander zu unterscheiden. Die hohen Temperaturen ($> 35^{\circ}\text{C}$) ergeben sich über den natürlichen Flächen, die unverschattet der solaren Einstrahlung ausgesetzt sind, und über den künstlichen Baum- bzw. Oberflächenmaterialien. Die kühleren Bereiche (30°C bis 34°C) ergeben sich, wie bereits im Ist-Zustand, über den Waldflächen und im Bestand dort, wo der Faktor der Verschattung und der privaten bzw. öffentlichen Grünflächen zum Tragen kommt.

Diese bereits aus Abbildung 13 bekannte Situation (Verschattung, Begrünung) überträgt sich auch auf das Neubaugebiet, was deutlich zeigt, dass eine

klimaangepasste Planung die Möglichkeit eröffnet den Raum innerhalb der neuen Fläche so zu gestalten, dass die lokalklimatische Beeinflussung der Neubauten so gering wie möglich gehalten werden könnte. Auf Grundlage der aus dem Bebauungsplanentwurf abgeleiteten Festsetzungen zur Gestaltung des Neubaugebietes wurde durch das Fachgebiet ein städtebaulicher Entwurf erstellt, der deutlich den Unterschied zwischen versiegelten und unversiegelten bzw. verschatteten und unverschatteten Flächen darlegt. Sowohl die Wirkung der avisierten Grünflächen als auch der Schattenwurf der Gebäude sorgen innerhalb des Bestandes für kühlere Orte, verglichen mit der notwendigen Zuwegung in den Bestand.

An dieser Stelle sei schon einmal angemerkt, dass diese Situation sicherlich durch eine noch genauere und intensivere Betrachtung der Möglichkeiten zur Begrünung respektive Teilentsiegelung verbessert werden könnte.

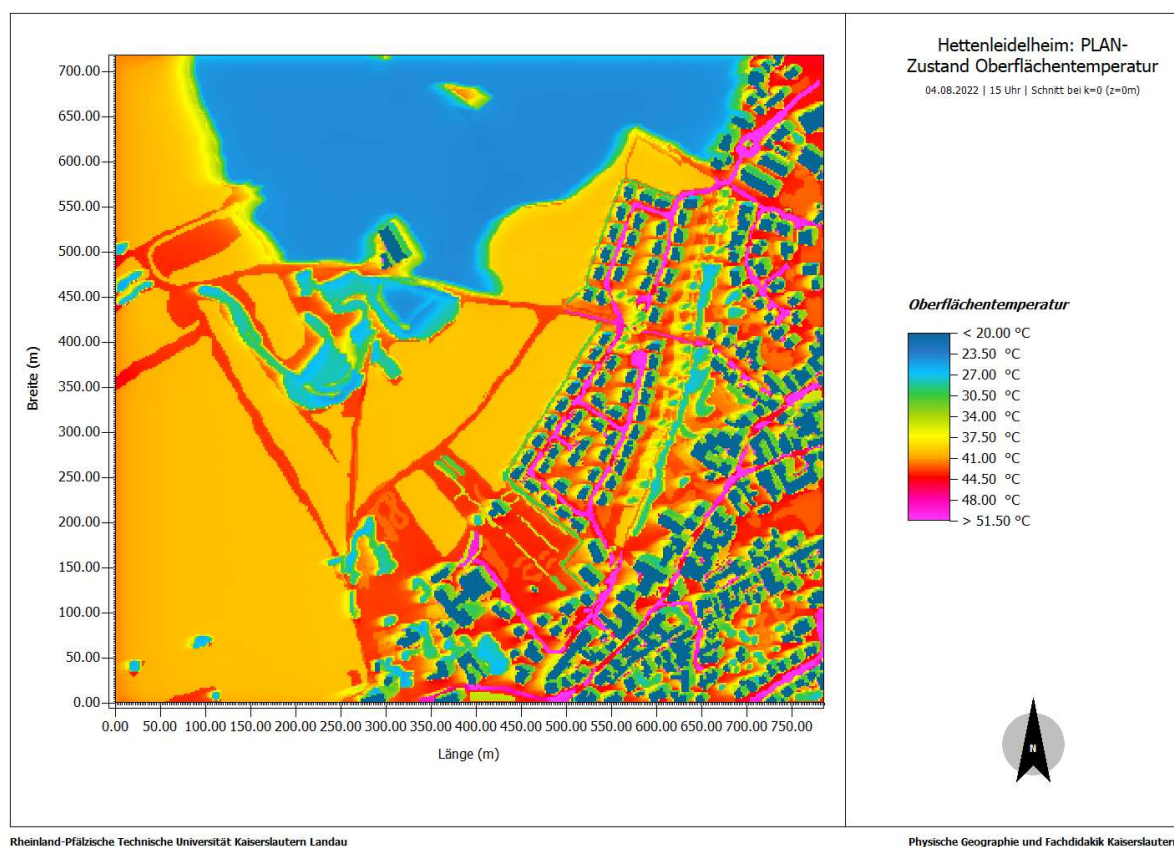


Abbildung 21: Simulation des Plan-Zustandes für die Oberflächentemperatur am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Aus humanbiometeorologischer Sicht oftmals ein wenig interessanter ist die Betrachtung der Oberflächentemperatur in den Nachtstunden (Abb. 22). Besonders in den Nachtstunden ist es wichtig, dass der menschliche Organismus die Möglichkeit besitzt „herunterzufahren“. Eine Überwärmung nachts wäre in diesem Fall kontraproduktiv. So bietet es sich an den Effekt der nächtlichen Wärmeabgabe durch wärmespeichernde Materialien mittels der Oberflächentemperatur zu betrachten – vor allem in einem neu zu planenden Gebiet.

Kaum Veränderungen bzgl. der Oberflächentemperatur ergeben sich in der angrenzenden Umgebung zum Neubaugebiet. Daher fällt der Blick direkt auf das Plangebiet. Hier zeigt sich, dass vor allem die Flächen, die am stärksten versiegelt sind, die höchsten Temperaturen innerhalb des neuen Bestandes aufweisen ($> 22^{\circ}\text{C}$). Dies war zu erwarten und ist nicht weiter verwunderlich. Was sich aber auch zeigt, ist der Effekt der simulierten freien, grünen und teilversiegelten Flächen. Hier ist die Wärmeabgabe deutlich reduziert, aufgrund des schlechteren Wärmespeichervermögens dieser Oberflächenmaterialien. Es ergeben sich Oberflächentemperaturen $< 17^{\circ}\text{C}$, was am konkreten Standortbeispiel nicht auf eine Tendenz zur lokalen Überwärmung und zusätzlichen thermischen Belastung der Bewohner hinweist.

Einzig der Bereich, wo die „Gartenstraße“ die nördliche von der südlichen Hälfte des Neubaugebietes trennt, weist mit rund 20°C etwas höheren Oberflächentemperaturen auf, was auf die fehlende Verschattung dieser vergleichsweise größeren freien Fläche im Zentrum dieses Gebietes hindeutet.

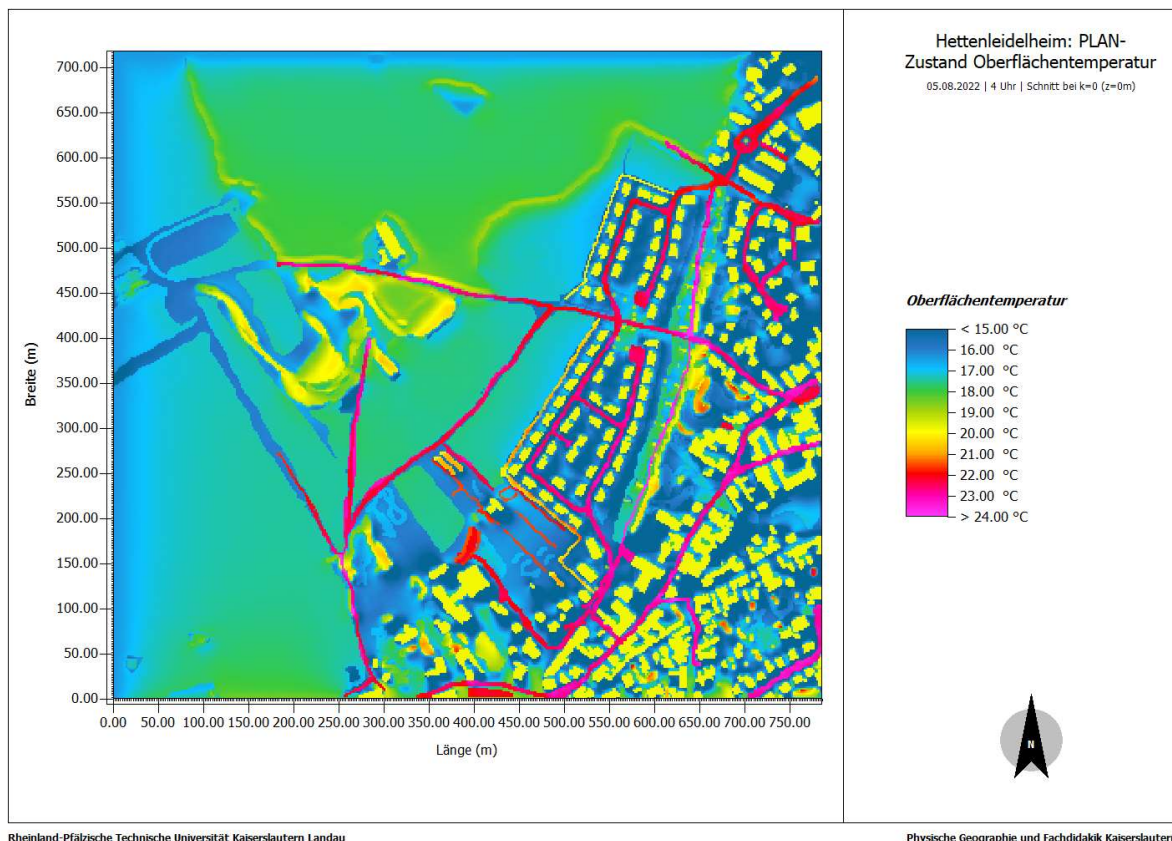


Abbildung 22: Simulation des Plan-Zustandes für die Oberflächentemperatur am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

Das Zusammenspiel unterschiedlicher meteorologischer Parameter wird durch die Simulation des PMV-Wertes bzw. der thermischen Behaglichkeit dargelegt und knüpft an die oben erwähnten Ausführungen zur Oberflächentemperatur an.

Die Auswertung der thermischen Behaglichkeit deutet mit PMV-Werten > 3 für den gesamten Betrachtungsraum ein erhöhtes Überwärmungspotential an. Dies ist primär nicht weiter verwunderlich, da, wie bereits zum Beginn in Kapitel 5.2 erwähnt, bewusst ein „Worst-Case-Szenario“ simuliert wurde. Was jedoch auch erneut bei der Betrachtung des Planzustandes für die Tagstunden in Abbildung 23 deutlich wird, ist die klare Trennung zwischen begrünten und zugleich „schattigen“ Bereichen und den offenen, unverschatteten sowie versiegelten Flächen. Die Grünbereiche weisen einen PMV-Wert von 3 auf, was im Umkehrschluss dazu führt, dass diese Räume aus Sicht der Behaglichkeit für den Menschen angenehmer sind, als die restlichen Flächen mit sehr hohen PMV-Werten.

Abbildung 23 macht deutlich, dass aus der Sicht der thermischen Behaglichkeit kaum Unterschiede bestehen zwischen dem „Altbestand“ und dem Neubaugebiet. Was jedoch ins Auge fällt sind die Bereiche innerhalb des Neubaugebietes, die aufgrund der Abschirmung des Windes (s. Abb. 19) noch einmal einen höheren PMV-Wert aufweisen. Die bereits im Vorfeld mehrmals erwähnte Möglichkeit eines verringerten Austausches respektive eines Wärmestaus wird hier noch einmal sehr deutlich und sorgt an einigen Standorten für eine offensichtlich negative Bewertung ebendieser. Dies gilt vor allem für den südlichen und zentralen Bereich des Neubaugebietes, aber auch für dessen nördliche Spitze hin zu „In der Union“.

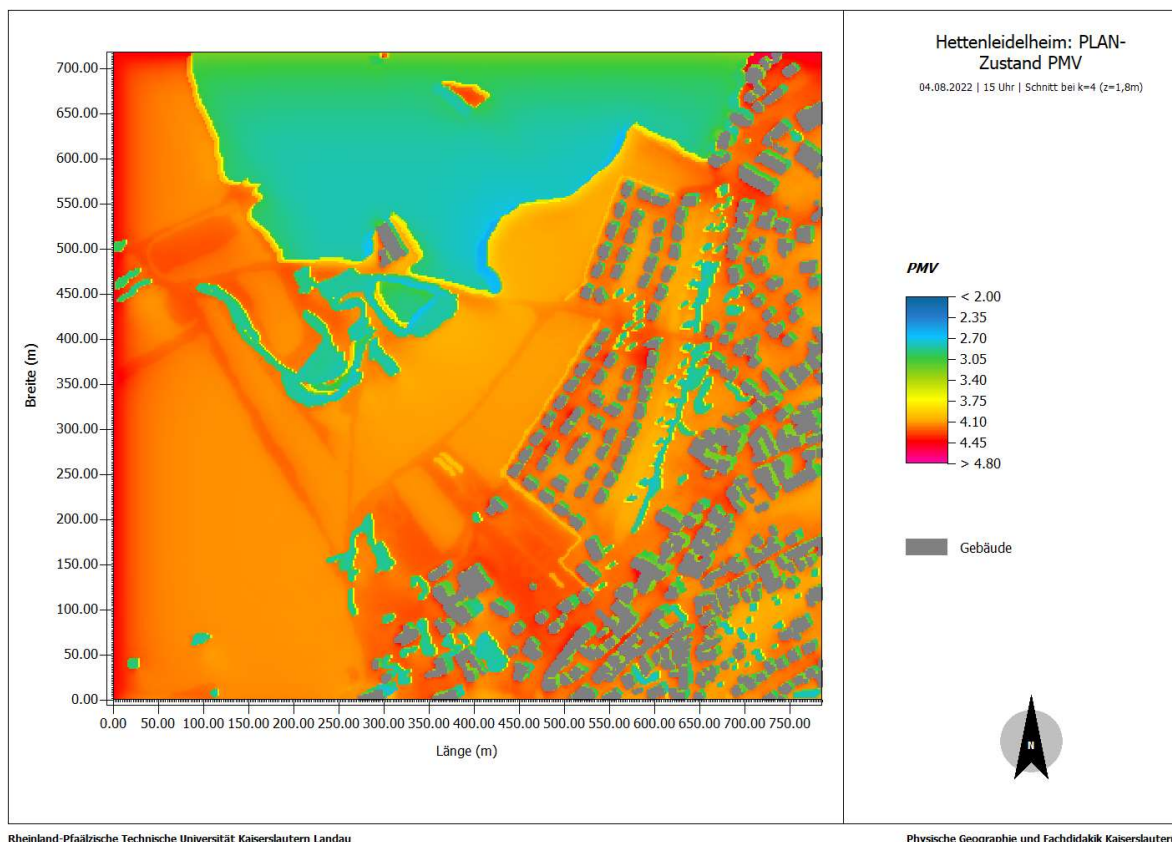


Abbildung 23: Simulation des Plan-Zustandes des PMV-Wertes am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Die Analyse der nächtlichen PMV-Werte (Abb. 24) spiegelt sehr gut die bereits für Abbildung 17 ausgeführte nächtliche Abkühlung des Gebietes durch den hohen und vor allem schnellen Strahlungsverlust des Bodens wider. Die am Tage in Abbildung 23 offensichtliche Wärmebelastung für den menschlichen Organismus geht deutlich zurück und der PMV pendelt sich, in Abhängigkeit des Standortes, zwischen -1 und 1 ein, was für die in dunkelblau gehaltenen Bereiche (negativer PMV-Wert) ein leichtes Kühlempfinden hervorruft bzw. für die wärmeren Farben (positiver PMV-Wert) ein neutrales, angenehmes thermisches Empfinden suggeriert.

Deutlich wird, dass durch den städtebaulichen Entwurf des Fachgebietes, abgeleitet von den textlichen und zeichnerischen Festsetzungen des Bebauungsplanentwurfes, nachts innerhalb der Fläche keine größeren Überwärmungstendenzen zu erkennen sind, z. B. im Vergleich zum „Altbestand“. Die ausgewählte, etwas offenere Bebauung trägt sicherlich hierzu bei.

Der Bereich entlang des „Schulwiesengrabens“ bzw. der „Bahnhofstraße“ sticht aufgrund der Farbgebung innerhalb des Bestandes etwas heraus. Dies ist vermutlich dem geschuldet, dass durch die Neuplanung dieser Bereich einen reduzierteren Luftaustausch erfährt und somit durch die Analyse des PMV-Wertes nicht mehr als kühler, sondern als neutraler Bereich bezeichnet werden kann.

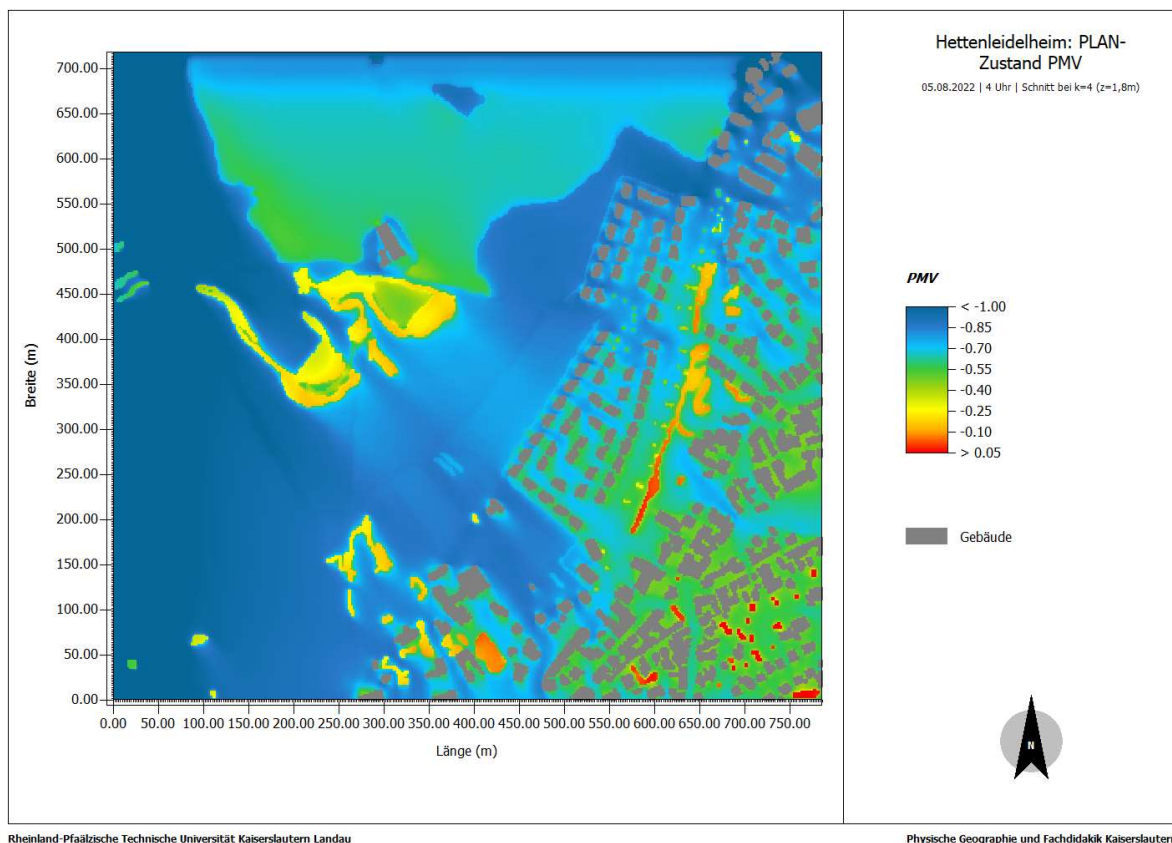


Abbildung 24: Simulation des Plan-Zustandes des PMV-Wertes am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

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

Für das Neubauvorhaben „Schulwiesengraben 2022“ kann der Ist-Zustand mit der potentiellen Umsetzung des vorgelegten städtebaulichen Entwurfs mittels der 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 Entwurfs um 15.00 Uhr am 4. August 2022 mit dem Ist-Zustand derselben Uhrzeit bzw. der Plan-Zustand um 4.00 Uhr am 5. August 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 Teilkapiteln 5.3. und 5.4., die Parameter Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie der thermische Index PMV getrennt voneinander betrachtet.

Lufttemperatur

Sehr gut lässt sich auf den ersten Blick erkennen, dass die Differenz der Lufttemperaturen zwischen Ist- und Planzustand am Tag nicht so deutlich ausfallen, wie es für möglich gehalten werden konnte, da aus einer ehemals freien Fläche eine nun in Teilen zumindest bebaute und versiegelte geworden ist (Abb. 25).

Dass die Differenz nun in diesem simulierten Beispiel nicht so deutlich ausfällt ist mitunter damit zu erklären, dass sich die Fläche im Ist-Zustand, wie bereits mehrfach erwähnt, während der Tagstunden ebenso stark aufheizen kann, wie die nun modellierten Bestandsflächen des Neubauvorhabens. Somit fallen die Unterschiede vergleichsweise gering aus. Hinzu kommt auch die des Öfteren erwähnte Verschattung, die innerhalb des Plangebietes flächig dafür sorgt, dass einige Bereiche weniger solare Einstrahlung erfahren.

Was aber auch bei der Betrachtung von Abbildung 25 erkennbar ist, sind die beiden Bereiche, – zentral im Neubauvorhaben an der „Gartenstraße“ und nördlich „In der Union“ – die wie bereits in Abbildung 17 festgestellt, einen eindeutigen Wärmestau offenlegen. Hier werden die höchsten Temperaturdifferenzen von ca. 2 K erreicht – für diese Standorte ist in dem hier vorliegenden Entwurf mit einer Erhöhung der lokalen Lufttemperatur in den Tagstunden zu rechnen.

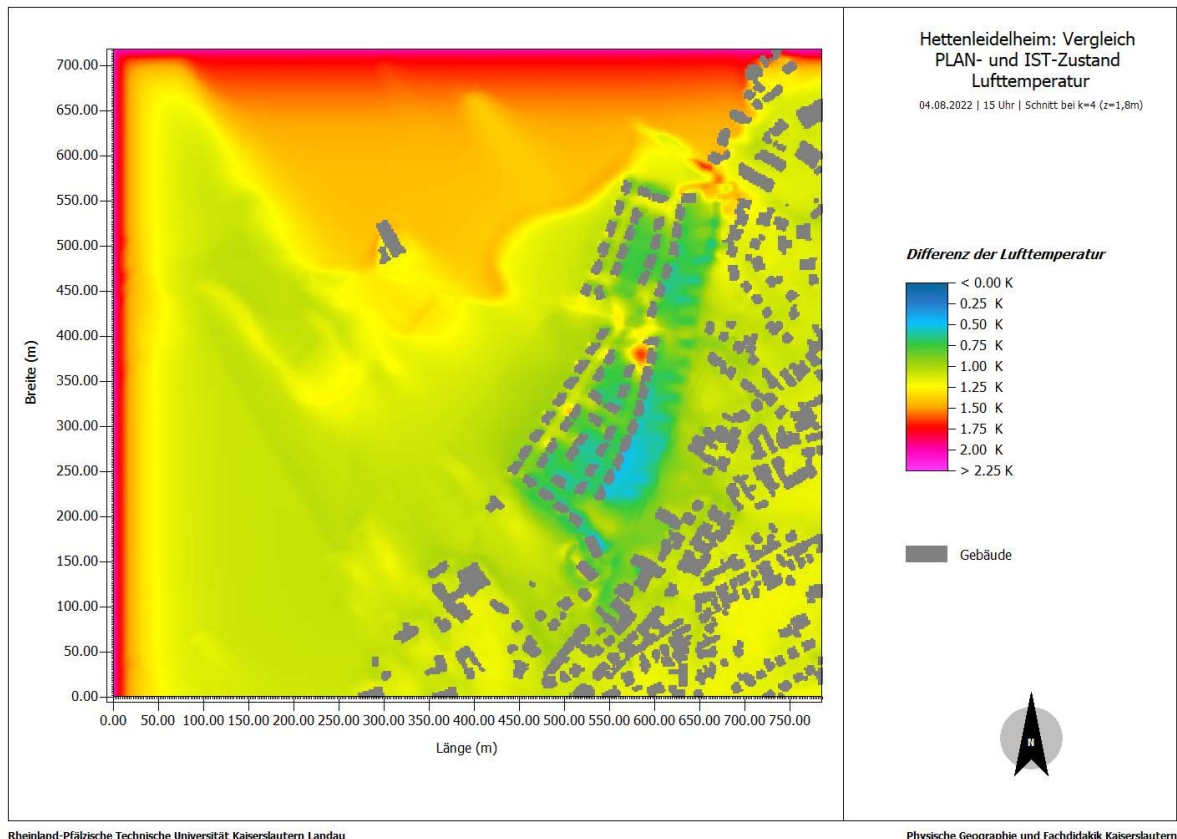


Abbildung 25: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Ein äußerst interessantes Szenario ergibt sich bei der Differenzberechnung der Lufttemperatur für die Nachtstunden (Abb. 26). Deutlich zu erkennen ist der vorhandene Einfluss der simulierten Windströmung aus Nordwest. Die wärmere Luft wird über das Neubaugebiet noch etwas weiter in den „Altbestand“ von Hettenleidelheim hineingetragen. Allerdings zeigt sich auch, dass, selbst bei einem für dieses Gutachten angesetzten Worst-Case-Szenarios, dieser Einfluss als äußerst gering zu erachten ist. Die potentiell für solch eine „klimatologische Stresssituation“ dargestellte Veränderung liegt bei $\leq 0,4$ K. Ein signifikant negativer Einfluss der neuen Bebauung kann an dieser Stelle demnach nicht festgestellt werden.

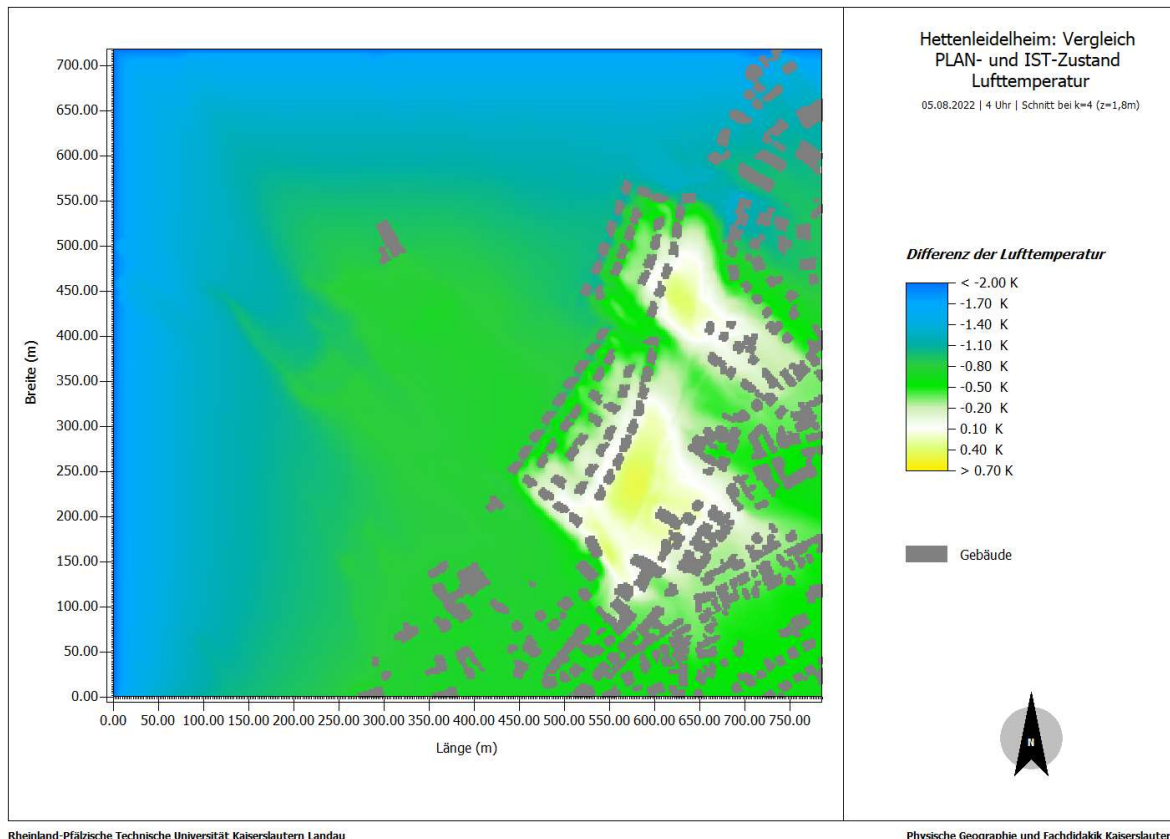


Abbildung 26: Vergleich der Lufttemperatur von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Windgeschwindigkeit und -richtung

Auf den ersten Blick sieht die Differenzbildung zwischen Ist- und Planzustand für das Windfeld des Untersuchungsgebietes dramatisch aus. Sowohl am Tag (Abb. 27) als auch in der Nacht (Abb. 28) können deutliche Unterschiede visualisiert werden. Bei genauerer Betrachtung war jedoch mit dieser Entwicklung zu rechnen, da im Ist-Zustand eine nahezu von Hindernissen freie Fläche simuliert werden konnte. Im Planzustand hingegen werden mit der neuen Bebauung entsprechende Strömungshindernisse in das Modell aufgenommen.

Sowohl am Tag (Abb. 27) als auch in der Nacht (Abb. 28) zeigen sich innerhalb der neuen Struktur die Windschatteneffekte der Bebauung (blaue Bereiche), wo die Windgeschwindigkeit im Planzustand um bis zu $0,5 \text{ m s}^{-1}$ geringer ausfällt als im Ist-Zustand. Aber auch im restlichen Neubaugebiet ergeben sich entsprechende Reduktionen der Windgeschwindigkeit zwischen $0,2$ und $0,4 \text{ m s}^{-1}$ – was wiederum auch mit einer Verringerung des Luftaustauschs einhergeht.

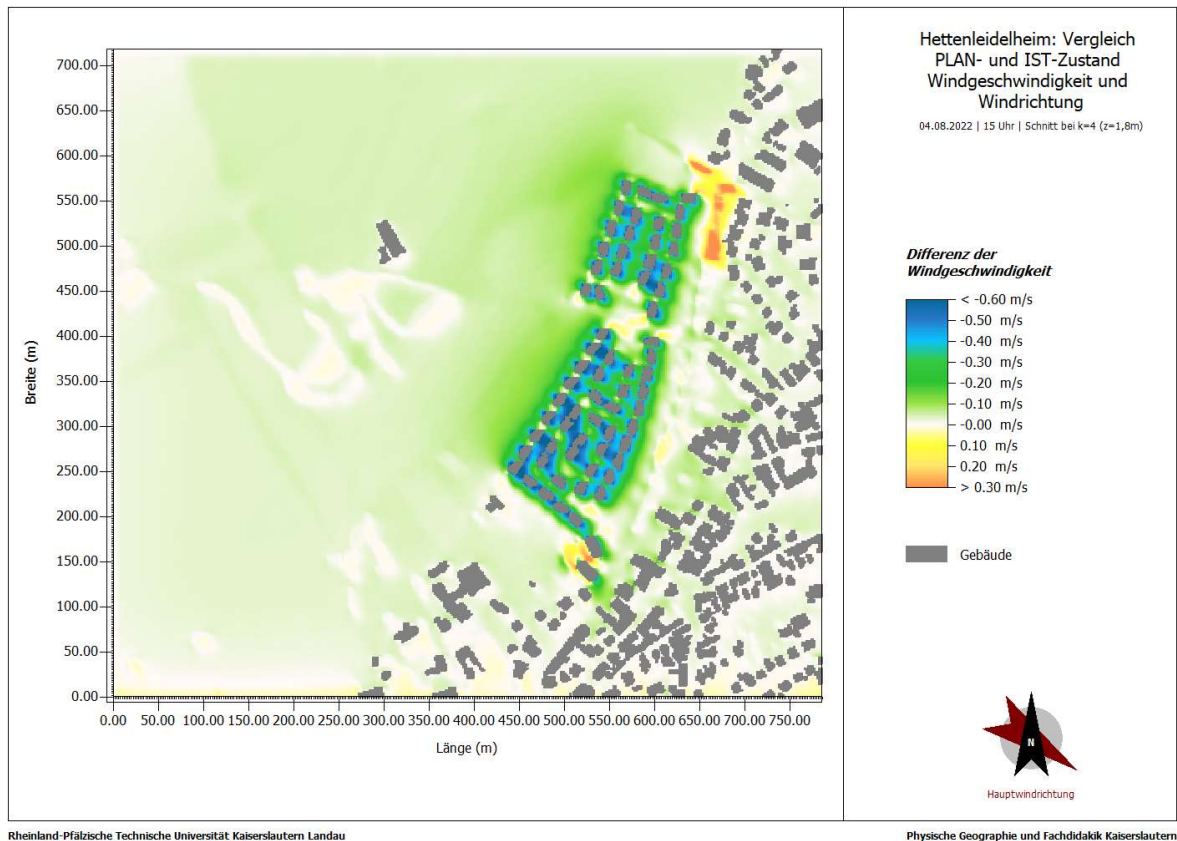


Abbildung 27: Vergleich von Windgeschwindigkeit und -richtung von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Interessant sind die beiden Bereiche im Süden (Nähe Friedhof) und Norden („In der Union“) des Plangebietes. Dort kommt es aufgrund der simulierten Windrichtung bei einer Anströmung aus Nordwest zu einer leichten Erhöhung der Windgeschwindigkeit um bis zu $0,3 \text{ m s}^{-1}$, da dort aufgrund der verengten Wegführung bzw. neuen Gebäudestellung eine Art Kanalisierungseffekt berechnet werden kann. Da diese Stellen allerdings im Zusammenhang mit der Betrachtung der Lufttemperatur – hier vor allem „In der Union“ – als Flächen mit Überwärmungspotential angesehen werden können, ist die leichte Erhöhung der Windgeschwindigkeit bei windschwachen Situationen als nicht negativ zu bewerten. Anders hingegen wäre dies sicherlich bei höheren Windgeschwindigkeiten zu beurteilen.

Auf die östlich angrenzende Bebauung hat die Neuplanung nur einen äußerst geringen Einfluss. Große Bereiche zeigen sich unverändert im Vergleich zwischen Ist- und Planzustand. Die näher am „Schulwiesengraben“ liegenden Flächen liegen in einem Reduktionsbereich $\leq 0,1 \text{ m s}^{-1}$, wobei die Reduktion nachts (s. Abb. 28) etwas deutlicher ausfällt als am Tage (s. Abb. 27).

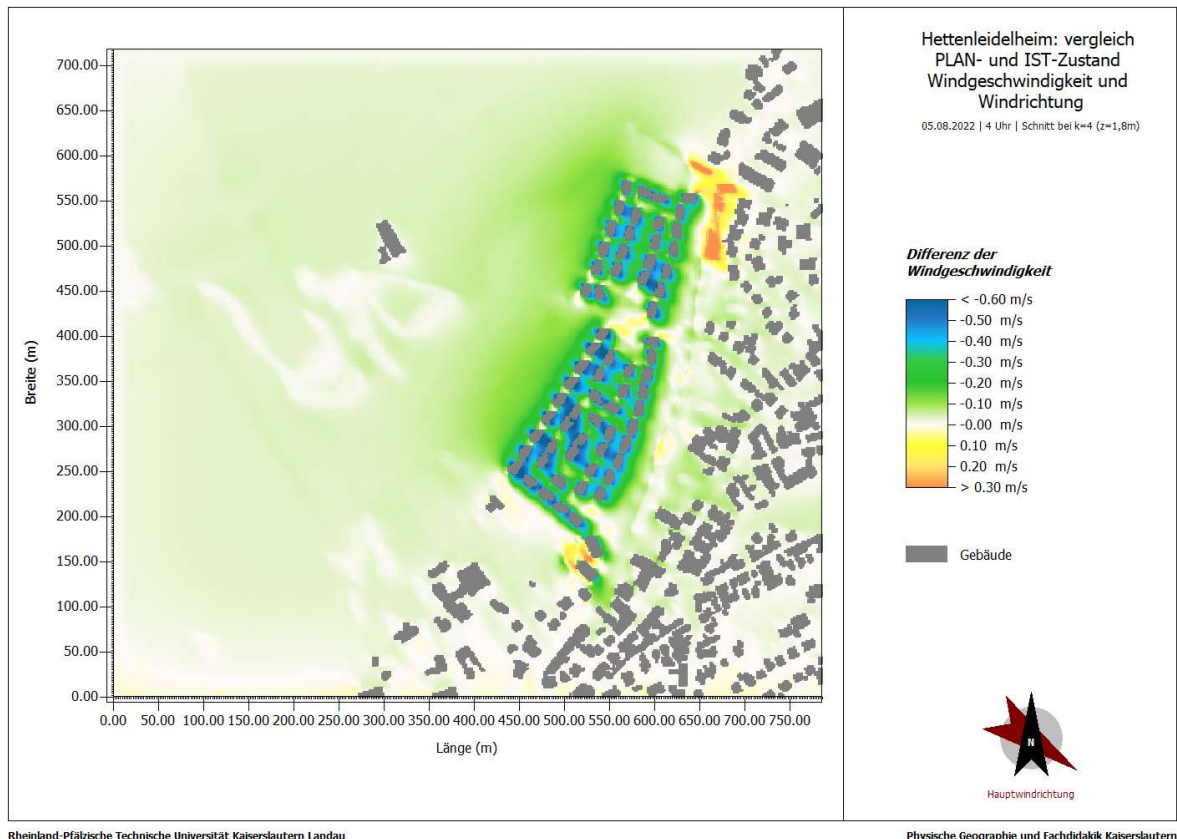


Abbildung 28: Vergleich von Windgeschwindigkeit und -richtung von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Oberflächentemperatur

Die Analyse der Oberflächentemperaturdifferenz der Tagstunden in Abbildung 29 zeigt ein nahezu einheitliches Bild für den gesamten Betrachtungsraum. Abgesehen von dem Neubaugebiet sind im Umfeld dessen kaum negative (-1 K) oder positive (2 K) Abweichungen zwischen Ist- und Planzustand zu erkennen.

Die räumlichen Differenzen ergeben sich, wie zu erwarten war, für den Bereich der Neuplanung, allerdings in weiten Teilen nicht in solch großem Maße, wie es möglicherweise zu erwarten war. Auch hier, ähnlich wie bei der Lufttemperaturdifferenz (s. Abb. 25), erweisen sich die im Ist-Zustand wenig verschatteten Flächen im Vergleich zum Planzustand als nur geringfügig kühler.

Deutlich hervor treten die neuen Wegführungen mit einer Erhöhung der Oberflächentemperatur von > 10 K, was sicherlich in der weiteren Planung das Potential bietet, dort ein anderes Oberflächenmaterial als Asphalt auszuwählen, um die Differenz zwischen Ist- und Planzustand zu verringern.

Mikroklimatisch positiv zu bewerten sind unter anderem die potentiellen privaten und öffentlichen Grünflächen innerhalb des neuen Bestandes, die im Vergleich zum Ist-Zustand um bis zu 9 K kühler werden können.

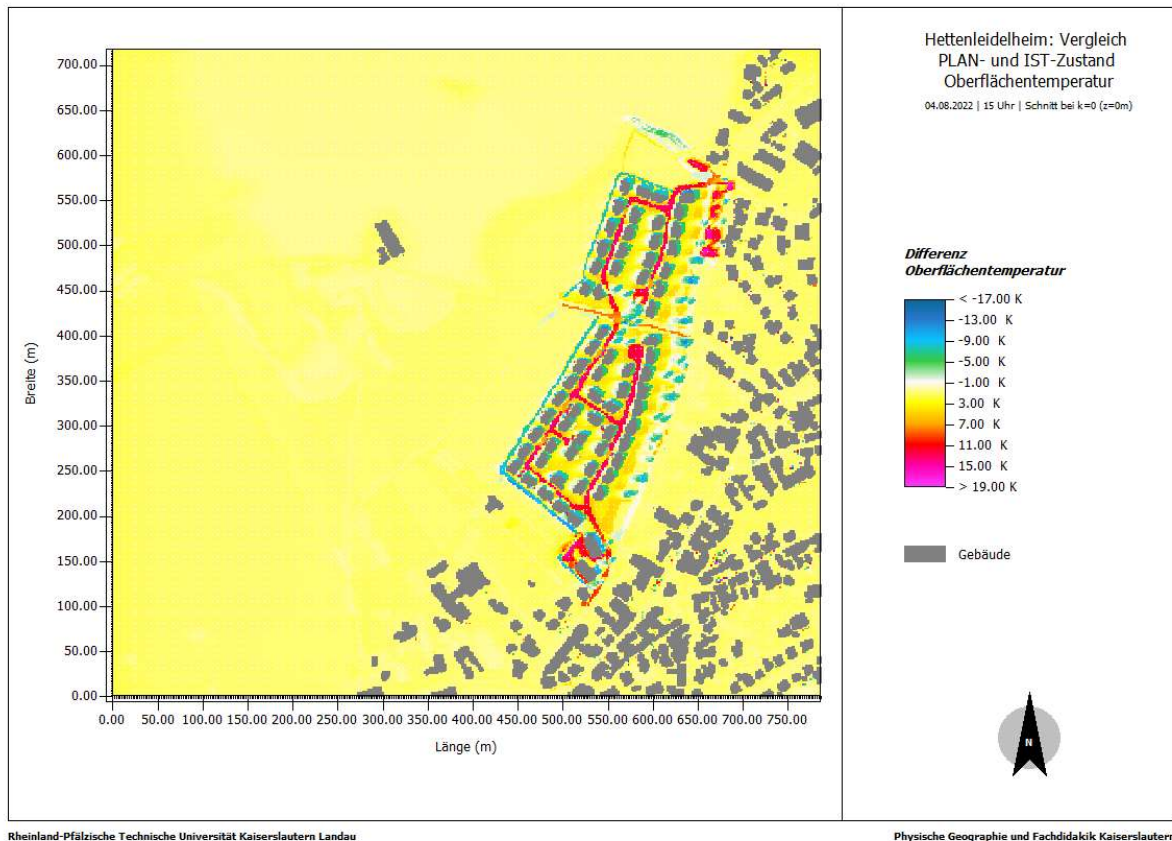


Abbildung 29: Vergleich der Oberflächentemperaturen von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Die Nachtstunden in Abbildung 30 zeigen einen ähnlichen Verlauf wie bereits für die Tagstunden dargelegt. Auch hier erweisen sich die Flächen außerhalb des Neubaugebietes als nahezu gleichbleibend. Eine leichte Modifikation der Situation ergibt sich entlang des „Schulwiesengrabens“. Dort erhöht sich die Oberflächentemperatur um rund 3 K, was möglicherweise mit der Verringerung des bodennahen Austauschs der Luftschichten im Bereich östlich des Neubaugebietes hin zum Übergang zur „Bahnhofstraße“ zusammenhängt.

Ansonsten erweisen sich große Teile innerhalb des Plangebietes als rund 3,5 bis 4,5 K kühler im Vergleich zum Ist-Zustand. Dies sind erneut die privaten und öffentlichen Grünflächen, die im Rahmen der Berechnung eine andere Pflege (z. B. Bewässerung) erfahren und somit ein anderes Wärmeverhalten aufweisen, als dies bei den gegenwärtigen Freiflächen der Fall ist. Diese potentiell bessere Fähigkeit der Verdunstung sorgt im Zusammenspiel mit der über Tag herrschenden Verschattung für die Reduktion der Oberflächentemperatur in den Nachtstunden.

Die Wegführung innerhalb des Gebietes sticht auch in der Nacht mit einer Erhöhung der Oberflächentemperatur ≥ 6 K heraus. Hier gilt das Gleiche, wie bereits eben für die Tagstunden erwähnt.

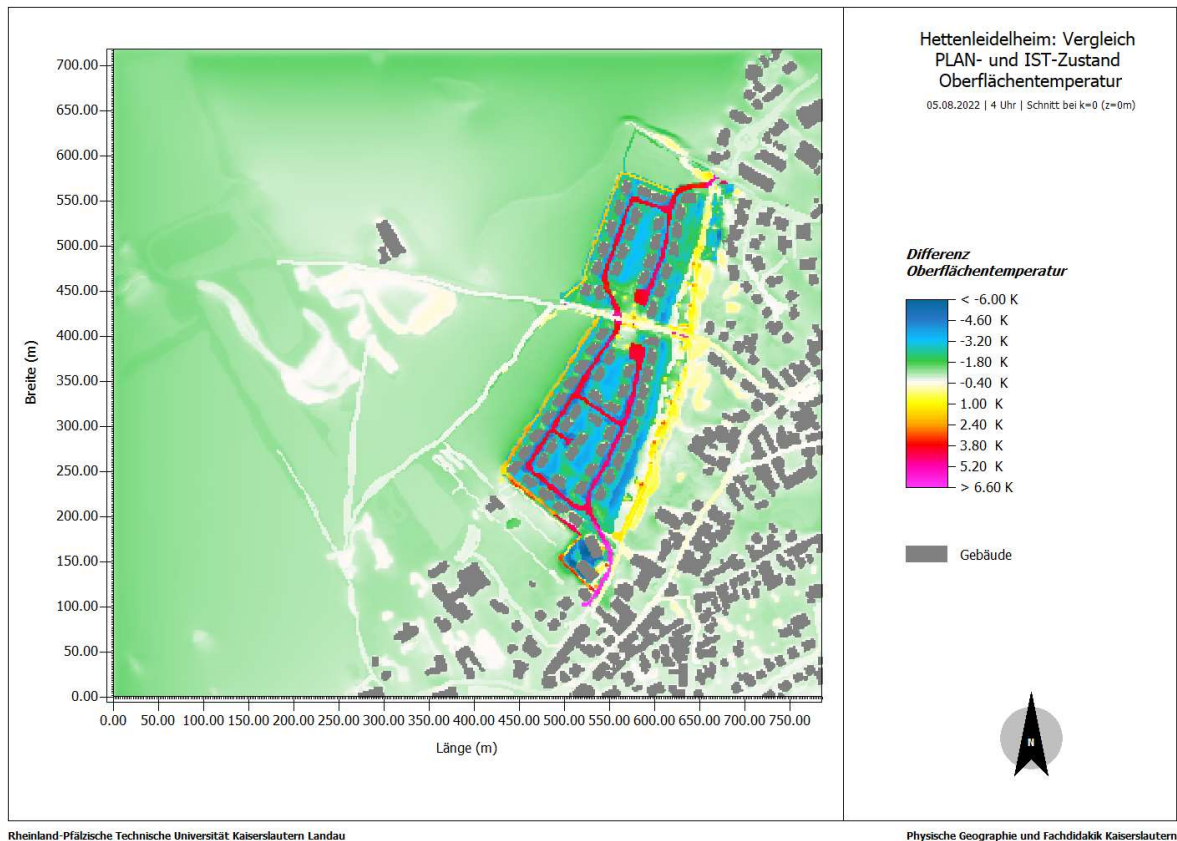


Abbildung 30: Vergleich der Oberflächentemperaturen von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

PMV – Thermische Behaglichkeit/ Unbehaglichkeit

Ein ähnliches Bild wie bereits für die Differenzbildung der Oberflächentemperaturen zeigt sich für die Differenzen der PMV-Werte von Ist- und Planzustand. Abbildung 31 gibt für die Tagsituation eine flächendeckende Prognose dahingehend ab, dass es im Rahmen der thermischen Behaglichkeit, wenn, dann nur marginale Veränderungen gibt, die im Bereich von PMV 0,03 bis 0,3 liegen. Diese äußerst geringen Unterschiede entstehen dadurch, dass der gesamte Betrachtungsraum ohnehin bereits aufgrund seiner Exposition am Tage hohe PMV-Werte aufwies, die durch die Neuplanung lediglich lokal nochmals modifiziert werden.

Innerhalb des Neubaugebietes kommt es im Vergleich zu den umgebenden Flächen, zu einer Verschlechterung des PMV. Der Differenzwert von 0,5 weist darauf hin, dass einige Bereiche nochmals für den menschlichen Organismus unbehaglicher werden, als es diese nicht ohnehin bereits sind. Diese Flächen sollten bei einer genaueren Bepanung noch einmal aus lokalklimatischer Sicht modifiziert werden (s. dazu Kap. 6).

Wie sich eine lokalklimatische Modifikation positiv auszuwirken vermag ist in Abbildung 31 immer an den Standorten zu erkennen, wo eine zusätzliche Begrünung bzw. Verschattung innerhalb des Plangebietes eingerechnet wurde. Diese „blauen Punkte“

verbessern die thermische Behaglichkeit in diesen Bereichen, indem der PMV um bis zu 1 reduziert wird. Dies kann als guter Anhaltspunkt für die weitere Planung angesehen werden.

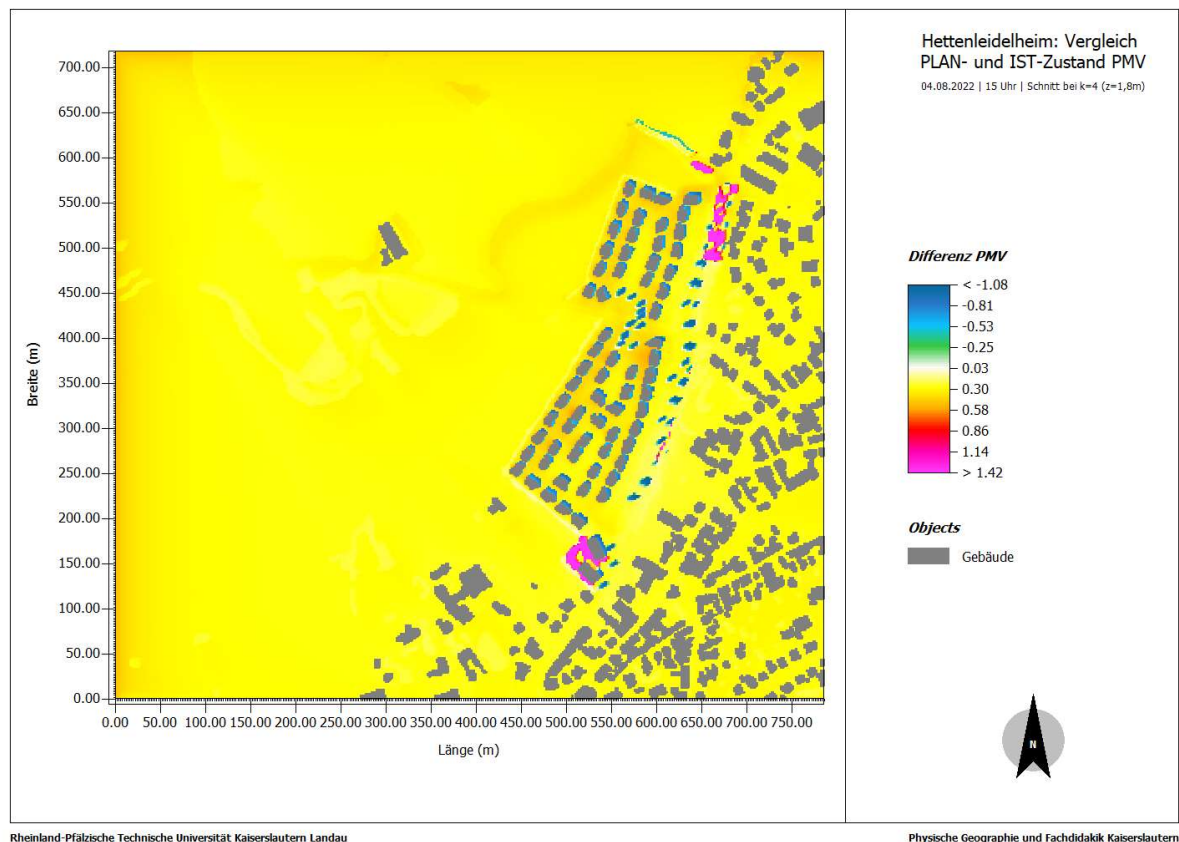


Abbildung 31: Vergleich der PMV-Werte von Plan- und Ist-Zustand am 04.08.2022 um 15.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

Für die Differenzbetrachtung der nächtlichen PMV-Werte in Abbildung 32 ist der Fokus auf das Plangebiet ausreichend, da auch hier wieder deutlich wird, dass die umgebenden Flächen nahezu keine Veränderungen erfahren.

Der bereits in Abbildung 26 für die Lufttemperatur berechnete und visualisierte Effekt kommt auch bei der Darstellung der PMV-Differenzen deutlich zum Tragen. Nicht nur ist die leichte Erhöhung der PMV-Werte innerhalb des Neubaugebietes zu erkennen ($\sim 0,2$), sondern auch die Erhöhung des PMV von 0,1 in Richtung Ost über den „Schulwiesengraben“ zur rückseitigen Bebauung der „Bahnhofstraße“. Dies ist, wie bereits angesprochen, auch auf den möglicherweise reduzierten Austausch der bodennahen Luftschichten zurückzuführen – zeigt aber auch, dass die Veränderungen zwischen dem Ist- und Planzustand hinein in die angrenzende Bestandbebauung gering ausfallen.

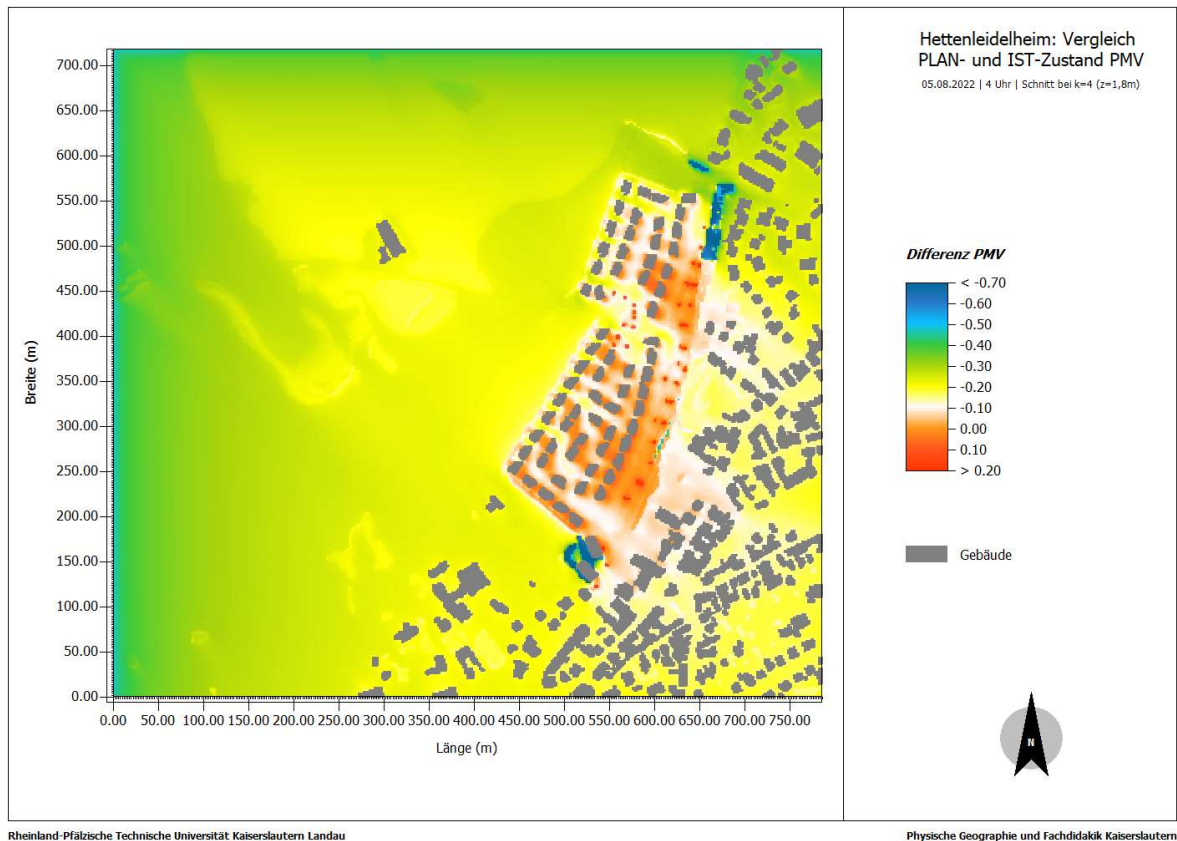


Abbildung 32: Vergleich der PMV-Werte von Plan- und Ist-Zustand am 05.08.2022 um 4.00 Uhr, innerhalb des Untersuchungsgebietes „Schulwiesengraben 2022“.

6. Zusammenfassung der lokalklimatischen Modifikationen und daraus abgeleitete Empfehlungen

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 Anzahl von meteorologischen Ereignistagen (Hitzetage, Tropennächte) und Hitzeperioden gefährdet. Auch für die Gemeinde Hettenleidelheim 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 Hettenleidelheim, ist eine solche Überwärmung an vielen Stellen innerhalb des Ortes zu erwarten. Zum Nachweis lokaler Überwärmungseffekte werden unterschiedliche Vorgehensweisen zur Hilfe genommen – eine davon stellt die numerische Simulation des Mikroklimas dar.

Die Gemeinde Hettenleidelheim möchte neue Wohnbauflächen bereitstellen, mit der Absicht die Wohnfunktion des Ortes zu stärken. Dafür wird das im Nordwesten der Gemeinde gelegene Gebiet „Schulwiesengraben 2022“ vorgehalten. Der Raum weist eine Fläche von rund 6,6 Hektar aus. Auf der derzeitigen Freifläche zwischen dem „Margaretenhof“ im Westen und der von Nord nach Süd verlaufenden Achse „Bahnhofstraße – In der Union“ 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 Entwurf 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 Entwurf, 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.

Der vorliegende Bebauungsplanentwurf diene dem Fachgebiet als Grundlage, um, abgeleitet aus den textlichen und zeichnerischen Festsetzungen ebendieses Bebauungsplanentwurfes einen klimaangepassten Bebauungs- und Baumpflanzungsvorschlag im Sinne eines städtebaulichen Entwurfs zu erstellen. Dies ist für eine entsprechende numerische Simulation des zu analysierenden Gebietes unabdingbar und bildet somit die Berechnungsgrundlage für das Programm ENVI-met, in dem, soweit möglich, Festsetzungen des Bebauungsplanes aufgenommen werden (s. entsprechend Abb. 7).

Die vom Fachgebiet vorgeschlagene Umsetzung der Planung kann als „Orientierungshilfe“ für die weiteren Schritte des Planungs- und Umsetzungsprozesses dienen. Aufgrund der Ermangelung an vertiefenden Informationen bzgl. der Umsetzungsbestrebungen innerhalb des Plangebietes wurden vielfach Annahmen in die Analyse integriert, die durch eine im Vorfeld der Simulation kommunizierte Konkretisierung (genaue Angabe von Baum- und Heckenstrukturen, verwendete Oberflächenmaterialien, etc.) im weiteren Verlauf eine noch genauere Angaben zur Plansituation hätte generieren können.

Zusammenfassend hat sich konkret durch den potentiellen, von Seiten des Fachgebietes vorgeschlagenen städtebaulichen Entwurf – abgeleitet von den textlichen und zeichnerischen Festsetzungen des Bebauungsplanentwurfes – für das Neubauvorhaben „Schulwiesengraben 2022“ in Hettenleidelheim ergeben, dass die lokalen Unterschiede zwischen dem Ist- und Planzustand bei weitem nicht solch signifikante Werte einnehmen, wie es möglicherweise durch eine Vor-Ort-Betrachtung des Untersuchungsgebietes suggeriert wird. Vor allem die Betrachtung der Parameter „Lufttemperatur“ und „Oberflächentemperatur“ offenbaren teilweise, in Abhängigkeit des Standortes, lediglich marginale Unterschiede zwischen dem gegenwärtigen Ist- und dem potentiellen Planzustand.

Dass diese Temperaturdifferenzen nicht so deutlich ausfallen wie zunächst vermutet, ist, wie bereits mehrfach dargelegt, damit zu erklären, dass sich die gegenwärtige Freifläche während der Tagstunden ebenso stark aufheizt wie die modellierten Flächen des Neubauvorhabens. Somit ergibt sich ein sehr einheitlicher Temperaturverlauf für die beiden Vergleichszustände. Dennoch darf natürlich nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich im Planzustand um eine in großen Abschnitten durchgeführte Versiegelung eines ehemals offenen Gebietes handelt. Zwangsläufig wird es hier zu mikroklimatischen Modifikationen kommen, denen es aus Sicht einer klimaangepassten Bauleitplanung zu begegnen gilt.

Nicht unbeachtet bleiben darf in diesem Zusammenhang sowohl der zentrale Bereich innerhalb des Neubauvorhabens an der „Gartenstraße“ sowie nördlich „In der Union“. Beide Räume offenbaren im Planzustand eine Überwärmungstendenz mit Lufttemperaturdifferenzen von bis zu 2 K. Somit ist hier mit einer Erhöhung der lokalen Lufttemperatur in den Tagstunden zu rechnen, gleichzeitig aber auch mit einer Verringerung der Aufenthaltsqualität. Beide Bereiche gilt es im weiteren

Planungsprozess noch einmal genauer zu betrachten. Für die „Gartenstraße“ ist dies im vorliegenden Fall etwas einfacher handzuhaben, da hier Veränderungen direkt in die Neuplanung eingearbeitet werden können. Eine Möglichkeit wäre die bereits des Öfteren erwähnte Verschattung, die innerhalb des Plangebietes flächig dafür Sorge tragen, dass auch die versiegelten Flächen weniger solare Einstrahlung erfahren und somit im Umkehrschluss geringer erwärmt werden. Auch wäre an dieser Stelle darüber nachzudenken, diese zentrale Fläche stärker teil zu entsiegeln.

Nicht ganz so einfach stellt sich die mikroklimatische Situation im nördlichen Bereich des Planvorhabens dar, da hier Teile des Bestandes von „In der Union“ betroffen sind. Eine Möglichkeit wäre auch hier, mithilfe von zusätzlichem Grün, respektive einer Erhöhung der Verschattung, den solaren Strahlungseinfall zu reduzieren, oder durch eine stärkere Begrünung bei zeitgleicher Reduktion der Zahl der Gebäude des nördlichen „Zipfels“ des Plangebietes dafür zu sorgen, dass über ebendieser Fläche weniger bodennah erwärmte Luft, bei entsprechender Windrichtung, nach Ost bzw. Nordost getragen wird.

Diese oben erwähnte Modifikationen ergeben sich auch bei der Betrachtung der Oberflächentemperatur und können gleichbedeutend durch die eben erwähnten Maßnahmen positiv beeinflusst werden.

Grundsätzlich hat sich, verglichen mit der Darstellung der Lufttemperatur, ein sehr viel deutlicheres „Szenario der mikroklimatischen Situation“ ergeben, da mithilfe der räumlichen Visualisierung der Oberflächentemperatur eindeutiger Rückschlüsse auf die Nutzung der Fläche gezogen werden können (z. B. Verkehrswege, Bebauung, Freiflächen). Dies war jedoch zu erwarten, da aus dem Istzustand (freie, natürliche Oberflächen) im Planzustand in der Modellierung auf größtenteils künstliche Oberflächenmaterialien zurückgegriffen wurde. Hier gilt, wie bereits bei der Lufttemperatur erwähnt, so viel Fläche wie möglich offen zu halten und nur so wenig wie planerisch vertretbar an Oberfläche zu versiegeln. Dort, wo eine Flächenversiegelung unausweichlich ist, sollte darüber nachgedacht werden (a) welches Material verwendet wird, (b) welche Farbe (hell oder dunkel) das verwendete Material aufweist und (c) ob eine Teilversiegelung potentiell möglich wäre (z. B. Grundstückzufahrten). Alle drei Faktoren können die mikroklimatische Situation sowohl positiv als auch negativ modifizieren. Vor allem im Hinblick auf die lokalklimatische Situation während der Nachtstunden ist die Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit diverser Baumaterialien essentiell, da hierüber ein mitunter deutlicher Einfluss auf die Wärmeabgabe hinein in die neue Bebauung genommen werden kann.

Alles in allem kann aber sowohl für die Luft- als auch Oberflächentemperatur festgehalten werden, dass während „klimatologischer Stresssituation“ die Veränderung innerhalb des Betrachtungsraumes in einem äußerst geringen Maße zum Tragen kommen und vor allem kein signifikant negativer Einfluss des Planvorhabens auf die angrenzende Bebauung verzeichnet werden kann.

Eng verbunden mit der Raumwirksamkeit der Umgebungstemperaturen auf ein bestimmtes Gebiet ist die Wirkung des Windfeldes. Und auch hier hat sich im Vergleich zwischen Ist- und Planzustand gezeigt, dass natürlich ein mehr als deutlicher Einfluss, bis hin zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit gegen 0 m s^{-1} dargeboten wird. Allerdings ist dies nicht weiter verwunderlich, da in der Situation des Istzustandes kaum dem bodennahen Windfeld als Hindernis dienende Objekte (z. B. Solitärbäume oder Baumgruppen, Hecken, Mauern) zu verzeichnen waren. Es hat sich aber auch gezeigt, dass durch eine offene Baustruktur die Belüftung/ der Austausch der bodennahen Luftschicht recht gut gelingen kann. Aufgrund der „grünen Lücken“ zwischen den einzelnen Gebäuden kann innerhalb des Plangebietes gezeigt werden, dass ein Austausch der Luft ermöglicht werden kann – und dies, wie im Model simuliert, für eine Windrichtung aus Nordwest. Ähnliches gilt aber sicherlich, bei gleichbleibender Bebauungsstruktur, auch für die im Gebiet von Hettenleidelheim dominant im Jahr auftretenden Windrichtungen aus West und Südwest. Dieser Effekt kann noch gesteigert werden, wenn, ähnlich wie für eine Anströmung aus Nordwest (s. Abb. 7), die Gebäude nach West bzw. Südwest ausgerichtet werden.

Die im Norden des Plangebietes potentiell auftretende Erhöhung der Windgeschwindigkeit – hier vor allem „In der Union“ – kann bei einer Übernahme des Entwurfsvorschlages insofern vorteilhaft sein, da die Fläche, wie bereits eben im Zusammenhang mit der Lufttemperatur erwähnt, ein Überwärmungspotential aufweisen könnte. Eine leichte Erhöhung der Windgeschwindigkeit bei windschwachen Situationen dürfte somit nicht negativ bewertet werden. Allerdings wäre diese Aussage nur bei windschwachen Situationen statthaft. Für höhere Windgeschwindigkeiten stellt sich die Situation anders dar. Daher wäre die bereits für die Luft- und Oberflächentemperatur angemerkte Modifikation dahingehend sinnvoller, auf ein Mehr an Verschattung oder auch eine geringere Oberflächenversiegelung zu setzen, um vor allem eine bessere Anströmung aus West bzw. Nordwest zu gewährleisten.

Die Neuplanung weist auf die östlich angrenzende Bebauung nur einen äußerst geringen Einfluss auf. Größtenteils gibt es keine respektive nur marginale Veränderungen zwischen Ist- und Planzustand. Die nahe am „Schulwiesengraben“ angrenzende Bebauung befindet sich in einem äußerst geringen Reduktionsbereich, der nachts etwas höher ausfällt. Allerdings könnte dieser Austauscharmut durch eine in diesen Bereichen zu steigernde Verschattung entgegengewirkt werden, sodass ein geringeres Überwärmungspotential über diesen Flächen entsteht und weniger bodennahe wärmere Luft ausgetauscht werden muss.

Für eine noch detailliertere mikroklimatische Bewertung des Plangebietes wäre zusätzlich eine potentielle Untersuchung der Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsflächen möglich. Eine Betrachtung der möglicher Ventilationsbahnen und der Kaltluftproduktionsgebiete könnte in diesem

Zusammenhang wertvoll sein. Allerdings ginge dies noch einmal mit einem deutlichen zeitlichen Mehraufwand einher, der als weiterführende, vertiefende Maßnahme am Ende möglicherweise nicht mehr Erkenntnis ergibt, als es die ohnehin im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführte lokalklimatische Begutachtung bereits dargelegt hat.

Abschließend und zusammenfassend hat im Rahmen der Simulation des Ist- und Planzustandes im Untersuchungsgebiet „Schulwiesengraben 2022“, auf Grundlage eines städtebaulichen Entwurfes, der abgeleitet von den textlichen und zeichnerischen Festsetzungen des Bebauungsplanentwurfes vom Fachgebiet erstellt wurde, gezeigt, dass die lokalklimatischen Modifikationen bzw. Differenzen zwischen dem gegenwärtigen und dem potentiell zukünftigen Bestand keine signifikanten Werte aufweisen. Erwartungsgemäß kommt es durch das Neubauvorhaben zu einer Veränderung des Windfeldes, da durch ebendieses ein neues, gegenwärtig nicht vorhandenes Hindernis auf der Fläche entsteht. Diesem Sachverhalt kann aber durch eine entsprechende Ausrichtung der Gebäude Rechnung getragen werden. In diesem Zusammenhang sehr viel bedeutender ist aber, dass das Neubauvorhaben, abgeleitet aus dem Bebauungsplanentwurf, keinen nennenswerten Einfluss auf die lokalklimatischen Verhältnisse des gegenwärtigen Bestandes nimmt - hier allem die Parameter „Lufttemperatur“ und „Oberflächentemperatur“. Aber auch das Windfeld bzw. die Austauschbedingungen weisen im Rahmen eines „Worst-case-Szenarios“ keine tiefergehenden negativen Veränderungen auf.