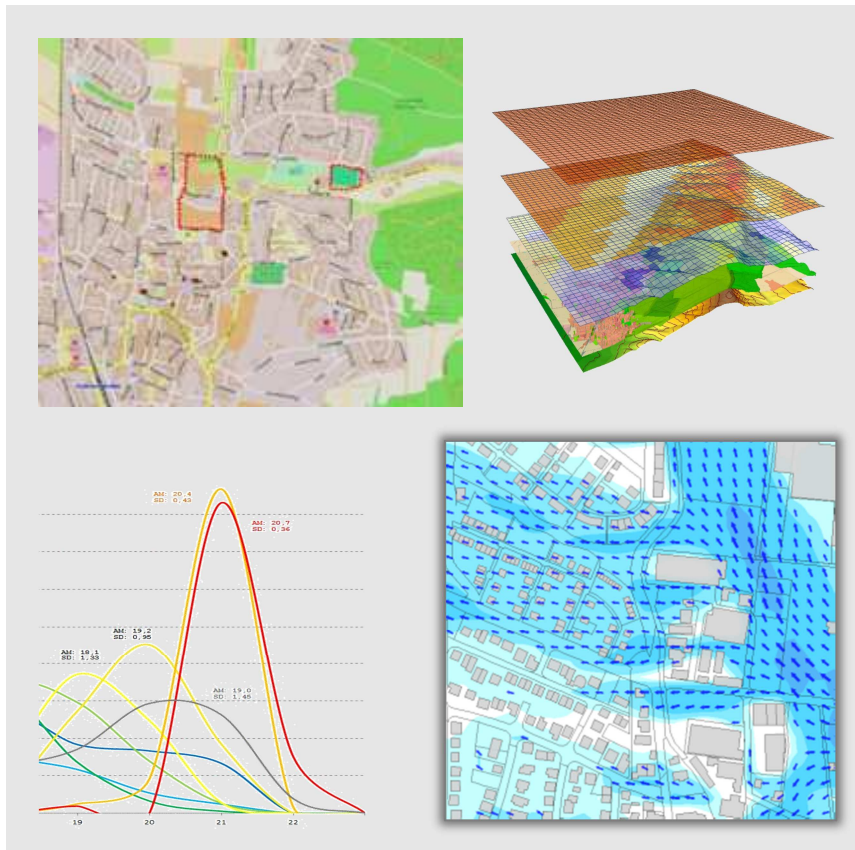


Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Stadtgebiet von Groß-Umstadt – Kernstadt

Modellgestützte Prognose zum Einfluss einer möglichen Bebauung zweier Grünflächen auf das Schutzgut Klima



Auftraggeber:

Stadt Groß-Umstadt

Der Magistrat

Markt 1

64823 Groß-Umstadt



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a

3 0 1 6 1 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

www.geo-net.de

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

Hannover, 02. Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

Seite:

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Einleitung	3
2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis	4
2.1 Die Untersuchungsgebiete „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“	4
2.2 Geländehöhe und Nutzungsstruktur.....	6
3. Methodik	9
3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH.....	9
3.2 Synoptische Rahmenbedingungen	11
4. Das städtische Grünsystem	13
5. Ergebnisse Klimaökologie	16
5.1 Oberflächennahe Lufttemperatur	17
5.2 Kaltluftströmungsfeld	20
6 Planungshinweise	25
7 Fazit	27
Literatur.....	28

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.01:	Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage.....	3
Abb. 2.01	Lage der potenziellen Siedlungsflächen (rot) und sonstiger Bebauungspläne (magenta) (Kartenhintergrund:OpenStreet Map).....	4
Abb. 2.02	Geländehöhe im engeren Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 5 m).....	6
Abb. 2.03	Nutzungsstruktur im engeren Untersuchungsgebiet	7
Abb. 3.01:	Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell	10
Abb. 3.02:	Eingangsdaten für die Modellrechnung	11
Abb. 3.03:	Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen.....	12
Abb. 4.01	Lufttemperatur (°C) in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 04:00 Uhr	14
Abb. 4.02	Kaltluftströmungsfeld (m/s) in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 04:00 Uhr	14
Abb. 4.03	Skizze der städtischen Kaltluftströmungswege	15
Abb. 5.00:	Untersuchungsablauf.....	16
Abb. 5.01:	Nächtliches Temperaturfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C).....	18
Abb. 5.02:	Nächtliches Temperaturfeld im Prognoseszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in °C)	18
Abb. 5.03:	Differenz der Lufttemperatur zwischen Prognose- und Basisszenario in K.....	19
Abb. 5.04:	Vereinfachtes Schema Flurwind	20
Abb. 5.05:	Bodennahes Strömungsfeld im Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s)	22
Abb. 5.06:	Bodennahes Strömungsfeld im Prognoseszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s)	22
Abb. 5.07:	Differenz der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit zwischen Prognose- und Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s).....	23
Abb. 5.08:	Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Prognose- und Basisszenario (4:00 Uhr, in %).....	23
Abb. 6.02:	Planungshinweise „Raibacher Tal“	25
Abb. 6.01:	Planungshinweise „Kappesgärten“.....	26

1 Einleitung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung. Im Rahmen der Planvorhaben „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ soll vorab entsprechend § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB eine Beurteilung der zukünftig zu erwartenden humanbioklimatischen Bedingungen in ihrem Umfeld erfolgen. Hierbei sollen insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

- ⇒ Welche Flächen im Stadtgefüge sind unter humanbioklimatischen Aspekten besonders bedeutsam?
- ⇒ Wie ist in diesem Gefüge die Funktion der beiden potenziellen Siedlungsflächen einzuordnen?
- ⇒ Wie wird sich eine Bebauung voraussichtlich auf die klimaökologische Situation, besonders im Hinblick auf die Luftaustauschprozesse, auswirken?

Diese Untersuchung soll klimaökologische Rahmendaten in einer hohen räumlichen Auflösung liefern, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima/Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes durch die zusätzlichen Siedlungsflächen gelegt. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (Abb. 1.01). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen. Zur Beurteilung dieser Prozesse wurde das bodennahe Kaltluftströmungsfeld sowie weitere meteorologische Größen für eine solche Wetterlage mit dem mesoskaligen Klima- und Strömungsmodell FITNAH simuliert.

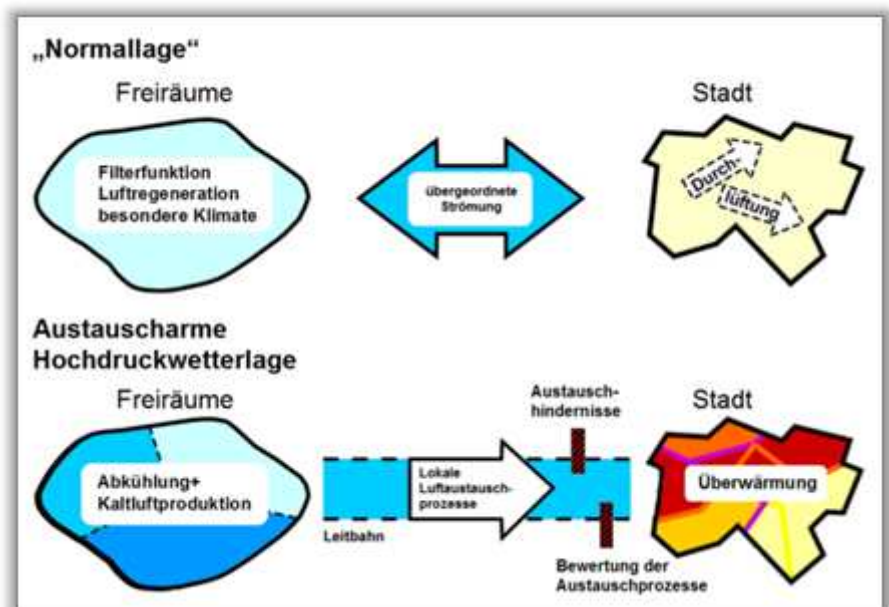


Abb. 1.01: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage

sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (Abb. 1.01). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen. Zur Beurteilung dieser Prozesse wurde das bodennahe Kaltluftströmungsfeld sowie weitere meteorologische Größen für eine solche Wetterlage mit dem mesoskaligen Klima- und Strömungsmodell FITNAH simuliert.

2. Datengrundlage und Aufbau der Geodatenbasis

2.1 Die Untersuchungsgebiete „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“

Das Untersuchungsgebiet „Kappesgärten“ (siehe **Abb. 2.01**) liegt zwischen den von der Richer Straße nach Westen hin abzweigenden Straßenabschnitten der Breiten Gasse und des Fitzwegs. Die Fläche weist momentan einen gehölzdominierten Grünflächencharakter auf und befindet sich zu wesentlichen Teilen in Kleingartennutzung. Inklusiv der im zentralen Bereich bereits vorhandenen Wohnbebauung ist sie etwa 4,6 Hektar groß.

Das Areal „Raibacher Tal“ (**Abb. 2.01**) liegt 500 m weiter östlich zwischen den Straßen Am Hitzigenrot, An der Bleiche und Raibacher Tal. Das Gebiet hat in seiner Eigenschaft als Sportfeld im Wesentlichen Freiflächencharakter. Die Größe beträgt etwa 1 Hektar.

Beide Flächen sind bauleitplanerisch seit den 1970-er Jahren als Grünflächen festgesetzt und gelten als Teil der „grünen Lunge“ für die Kernstadt. Auch der aktuelle Flächennutzungsplan folgt dieser Aussage. In seiner Funktion als potenzielle Siedlungsfläche ist für das Gebiet Kappesgärten eine Wohnbebauung mit 70% zweigeschossig und 30 % dreigeschossig ausgeführten Wohneinheiten bei einer Dichte von 35 WE/ha vor-

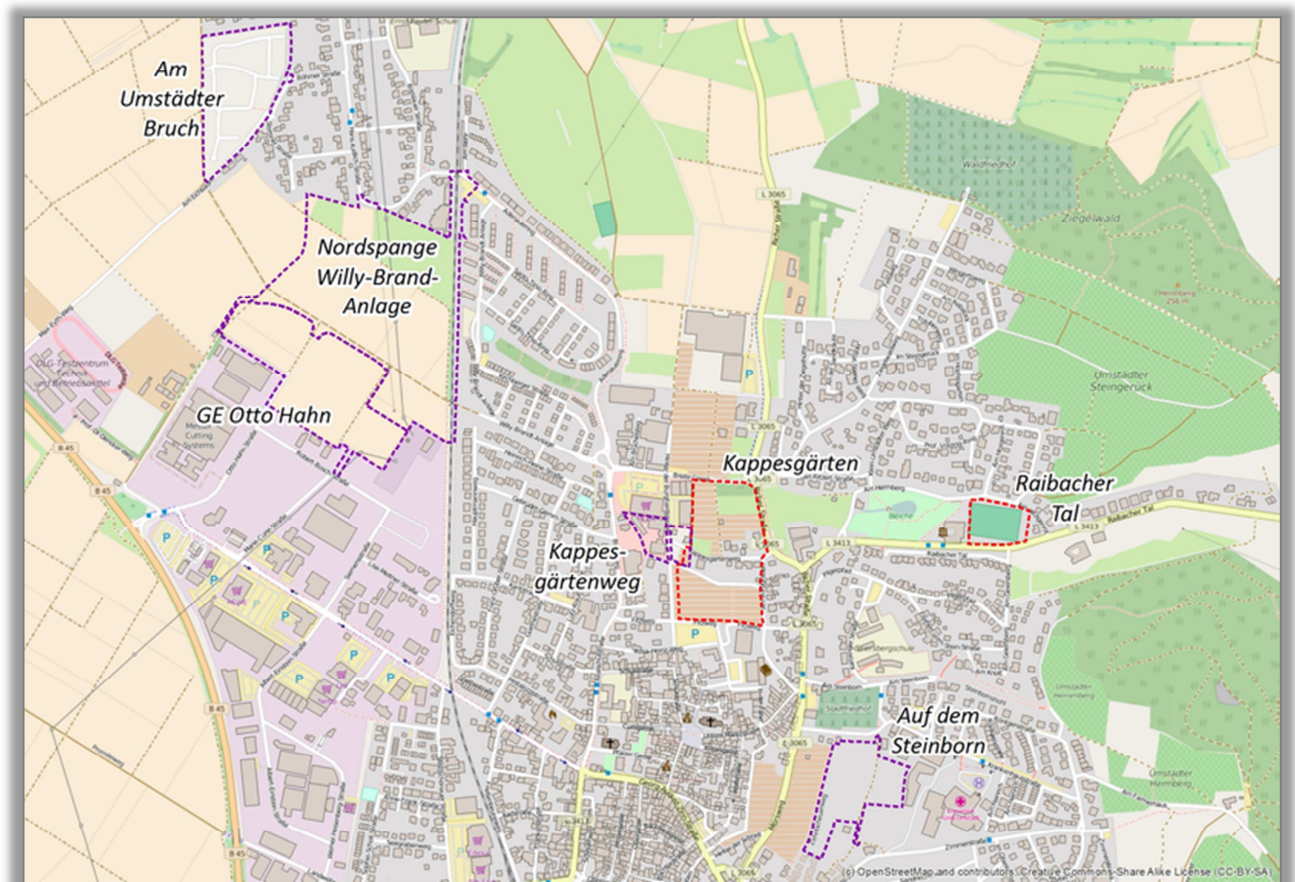


Abb. 2.01 Lage der potenziellen Siedlungsflächen (rot) und aktueller Bauvorhaben (magenta) (Kartenhintergrund:OpenStreet Map)

gesehen. Für die Fläche „Raibacher Tal“ sind 80% zweigeschossig und 20% dreigeschossig ausgeführte Wohneinheiten geplant. Die Bebauungsdichte soll bei 30 WE/ha liegen.

Die Untersuchung basiert auf zwei stadtweiten Modellrechnungen unterschiedlicher Nutzungsstruktur: In der Ist-Situation (als Basisszenario für die Bewertung) wurde die gegenwärtige Bebauungssituation modelliert, in der Prognoserechnung (Planszenario) ist die vorgesehene Umnutzung der beiden Flächen berücksichtigt worden. In diese zweite Rechnung wurden zusätzlich einige weitere, zum großen Teil rechtskräftige Bebauungspläne übernommen (STADT GROß-UMSTADT 2016a), deren Lage ebenfalls aus **Abb. 2.01** auf der Vorseite entnommen werden kann. Da sich die Bebauung im Bereich „Am Umstädter Bruch“ zum Zeitpunkt der Modellrechnungen schon in einem fortgeschrittenen Stadium befand, ist diese Nutzungsänderung im Basisszenario bereits berücksichtigt.

2.2 Geländehöhe und Nutzungsstruktur

Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Die dafür erforderlichen Geodaten wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt (STADT GROß-UMSTADT 2016b). Das gesamte Untersuchungsgebiet hat bei einer Abmessung von 15,6 x 13,1 km eine Fläche von insgesamt 204 km². Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 20 m.

Die Reliefsituation ist in **Abb. 2.02** dargestellt.

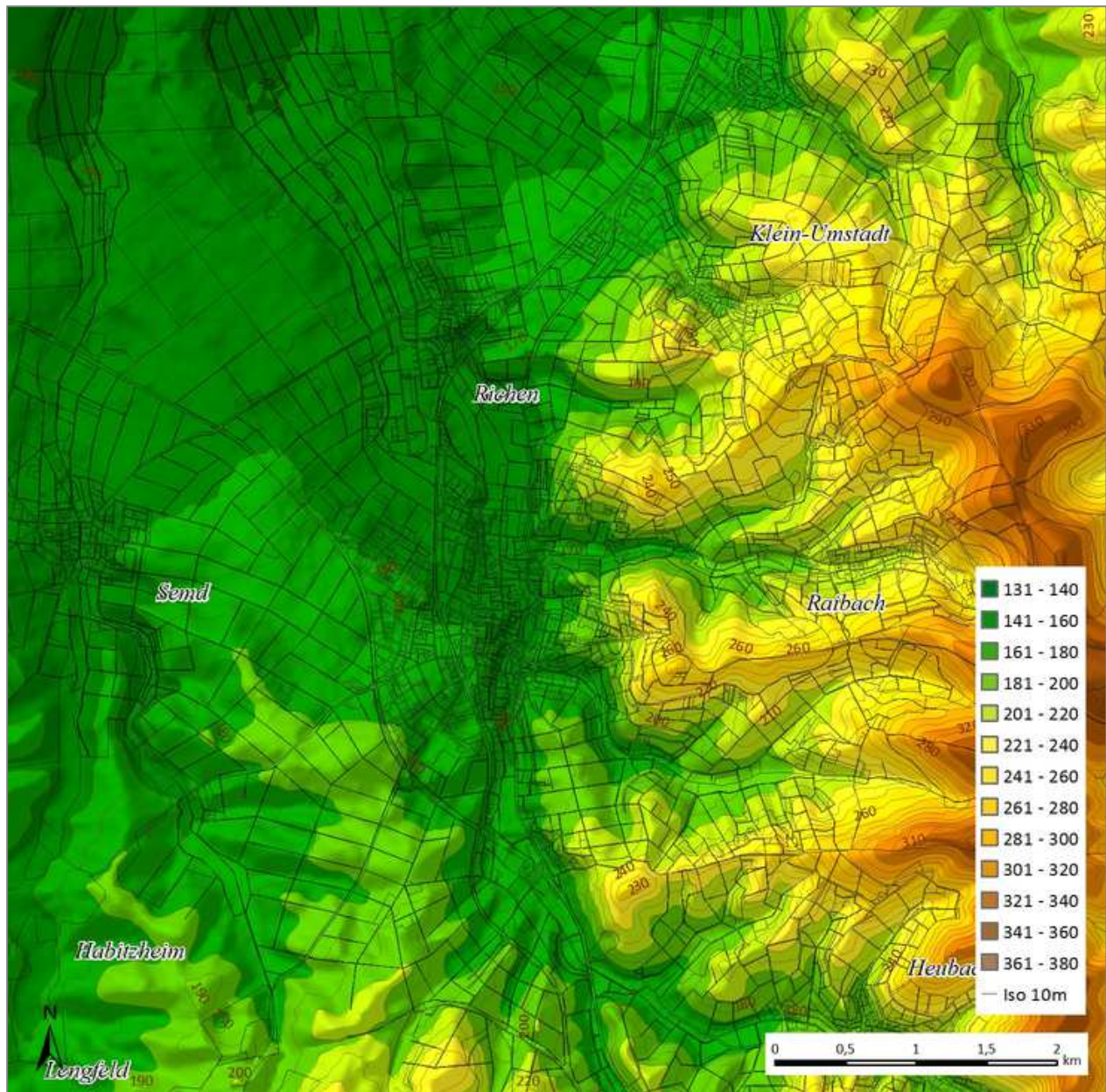


Abb. 2.02 Geländehöhe im engeren Untersuchungsgebiet (Höhenlinienabstand: 5 m)

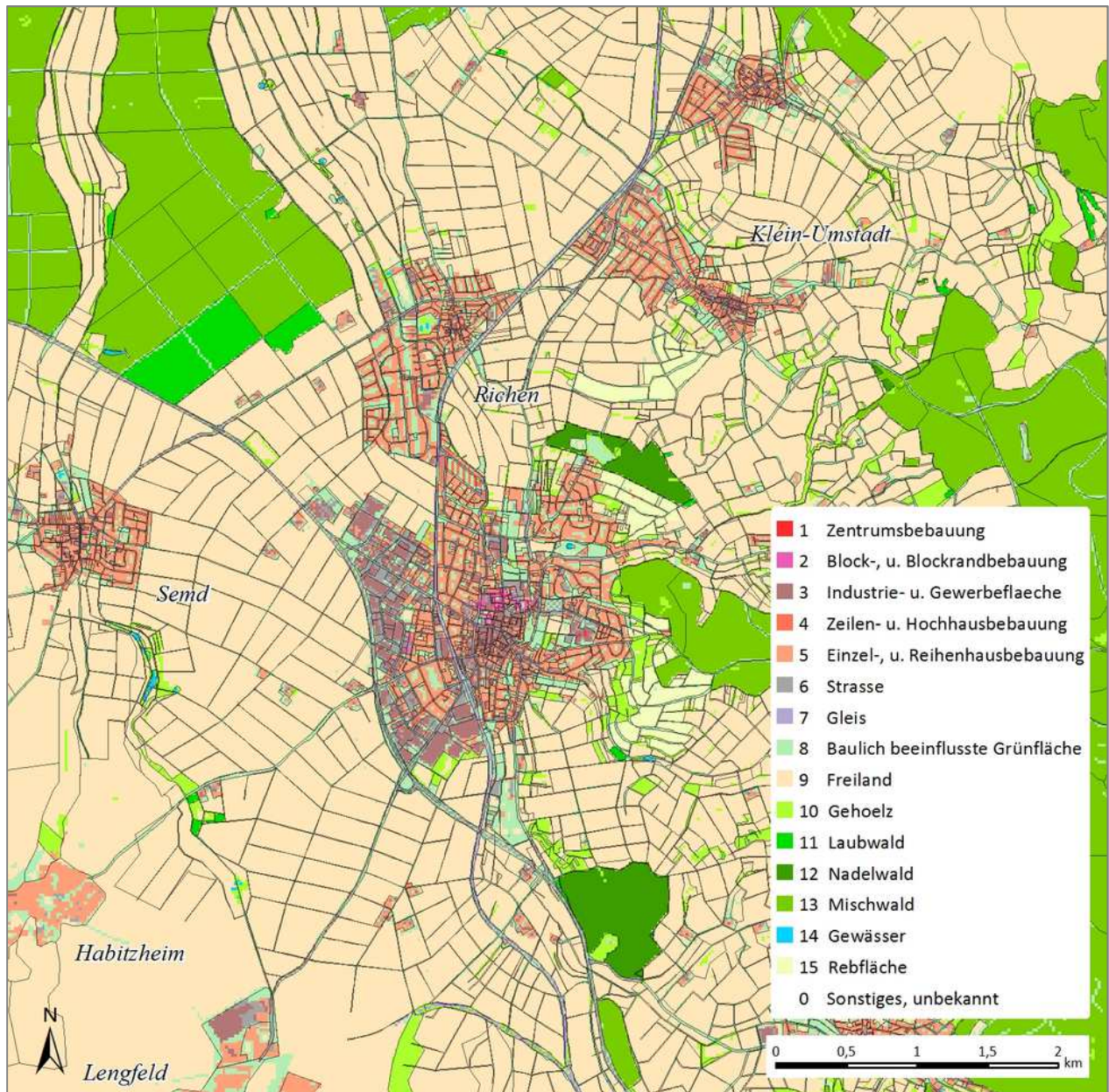


Abb. 2.03 Nutzungsstruktur im engeren Untersuchungsgebiet

Neben der Geländehöhe ist die Nutzungsstruktur eine wichtige Einflussgröße einer Klimamodellierung: Über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad werden Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst. Als Grundlage für die Aufbereitung der Nutzungsstrukturen wurden Daten aus dem ALKIS verwendet (STADT GROSS-UMSTADT 2016b). Angaben zur tatsächlichen Nutzung, zur Strukturhöhe und zum Versiegelungsgrad sind für jede ins Modell eingehende Rasterzelle auf der Basis von Luftbildern individuell angepasst worden.

Da die vorliegende Rasterweite Einzelgebäude nicht explizit auflöst, sind den einzelnen Flächen mittlere, nutzungsklassifizierte Strukturhöhen und Oberflächenversiegelungsgrade zugewiesen worden. Diese basieren auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen in verschiedenen deutschen Städten (u.a. MOSIMANN et al. 1999). Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können,

wurde bei der Aufbereitung der Nutzungsstrukturen ein vereinfachter, 15-klassiger Nutzungsschlüssel verwendet. Der Schlüssel wurde vor allem auch dahingehend definiert, eine problemlose Zuweisung des mittleren Versiegelungsgrades auf Basis der in den Eingangs- und Literaturdaten vorkommenden Nutzungsklassifizierungen möglich zu machen. Die typischen Versiegelungs- und Strukturhöhen je Nutzungskategorie sind in **Tab. 2.01** aufgelistet:

Klasse	Flächentyp	Beschreibung	Mittlerer Versiegelungsgrad (%)	Mittlere Strukturhöhe (m)
1	Zentrumsbebauung	Kerngebietsnutzung, gekennzeichnet durch einen sehr hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrad.	95	25,0
2	Block- und Blockrandbebauung	Vergleichsweise dicht bebaute Siedlungsfläche. Geprägt durch vier- bis sechsgeschossige Mehrfamilienhäuser mit mehr oder weniger stark versiegelten Innenhofbereichen.	78	15,0
3	Industrie- und Gewerbefläche	Gewerbliche Bauflächen. Ähnlich hoher Versiegelungsgrad wie die Zentrumsbebauung, meist geringeres Bauvolumen.	87	10,0
4	Zeilen- und Hochhausbebauung	Zeilenbebauung, halboffene Blockrandbebauung, Hochhäuser. Typisch ist der durch unbebaute Abstandsflächen bedingte relativ hohe Freiflächenanteil.	55	15,0
5	Einzel- und Reihenhausbebauung	Siedlungsflächen mit relativ geringem Überbauungsgrad im Übergang zwischen relativ dichter Reihenhausbebauung und baulich geprägter Grünfläche.	41	5,0
6	Straße	Ebenerdig versiegelte Fläche des Straßenraums.	95	0,0
7	Gleis	Schienenverkehrsfläche mit geringer Strukturhöhe.	25	0,5
8	Baulich geprägte Grünfläche	Vegetationsgeprägte Flächen mit einem erhöhten Anteil an versiegelter Fläche (Zuwegungen) und/oder Bebauung. Hierzu zählen z. B. Kleingartenanlagen und Gartenbauflächen, sowie Spiel- und Sportplätze.	25	5,0
9	Grünfläche, Freiland	Vornehmlich landwirtschaftlich genutzte Flächen wie Wiesen, Weiden und Äcker. Innerstädtisch handelt es sich meist um Rasenflächen mit geringem Gehölzanteil.	5	1,0
10	Gehölz	Gehölzgeprägte Flächen wie städtische Parkareale, Obstbauflächen, Brachen, Straßenbegleitgrün.	5	2,0
11	Laubwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich sommergrün.	5	12,5
12	Nadelwald	Waldgeprägte Flächen, vornehmlich immergrün.	5	12,5
13	Mischwald	Waldgeprägte Flächen, Mischbestand.	5	12,5
14	Wasserfläche	Still- und Fließgewässer.	0	0
15	Rebfläche	Weinbau	5	1,5

Tab. 2.01: Zugeordnete Nutzungsklassen mit mittlerem Versiegelungsgrad und mittlerer Strukturhöhe

3. Methodik

3.1 Das Mesoskalenmodell FITNAH

Allgemeines

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten meso- (und) mikroskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt oder einer Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis hin zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind der Einfluss orographischer Hindernisse auf den Wind wie Kanalisierung und Umströmungseffekte, Land-See-Winde, Flurwinde oder auch Düseneffekte in Straßen, sowie das Phänomen der urbanen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und die physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Allgemeinen bekannt sind, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragung auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände, was es extrem schwierig macht, mit Hilfe einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten. Mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen kann dieser Nachteil überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG 1988) wurden gerade in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert. Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

Grundlagen mesoskaliger Modelle

Die Verteilung der lokalklimatisch relevanten Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings immer nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Mesoskalige Modelle wie FITNAH können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen, die nicht gemessen wurden und Wind- und Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den großen Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert werden können und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Grundgleichungen: Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung der stadtklimatologisch wichtigen Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst (vgl. **Abb. 3.01**).

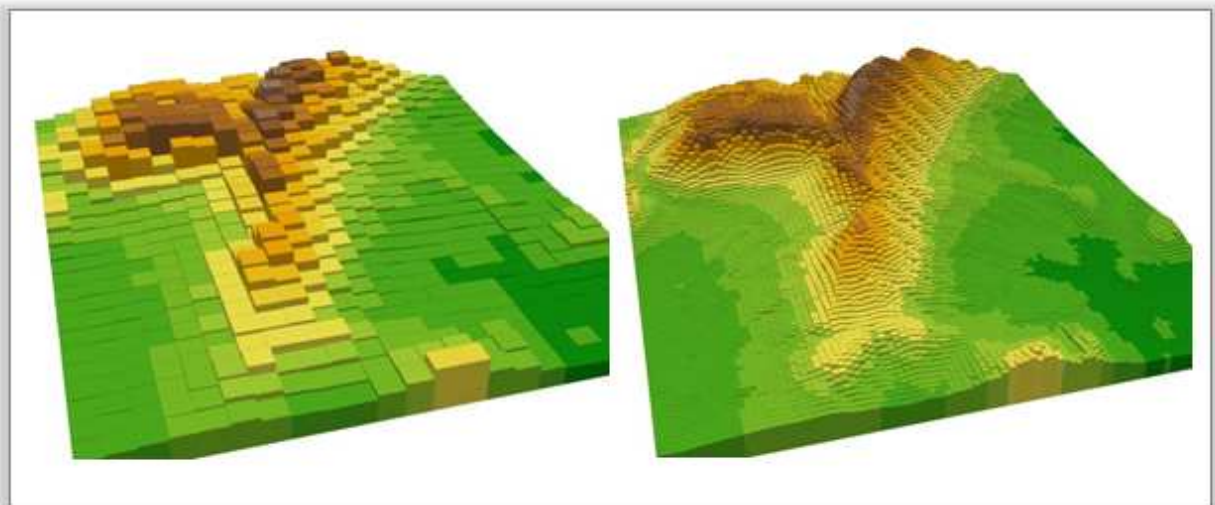


Abb. 3.01: Unterschiedliche Rasterweiten (links: 500 m x 500 m; rechts: 125 m x 125 m) bei einem digitalem Geländehöhenmodell

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und an die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite Δx 20 m. Bei allen Modellrechnungen ist die vertikale Gitterweite nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre sind die Rechenflächen besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand Δz immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

Eingangsdaten

Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen (**Abb. 3.02**). Diese müssen zum einen die Landschaft charakterisieren, für welche die lokalklimatische Studie durchgeführt werden soll, und zum anderen auch die größerskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren.

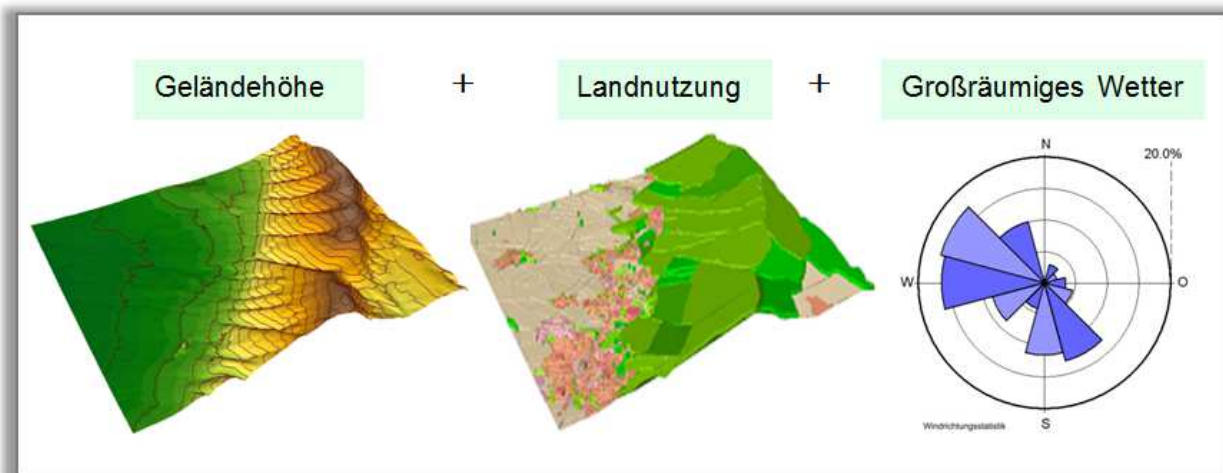


Abb. 3.02: Eingangsdaten für die Modellrechnung

Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereit zu stellen:

- Geländedaten (z.B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung)
- Nutzungsstruktur (Verteilung der Landnutzung)

3.2 Synoptische Rahmenbedingungen

Während autochthoner Wetterlagen können sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet. Entsprechende Wetterlagen treten in Groß-Umstadt an ca. 25 bis 35 Tagen im Jahr auf. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen wurden

die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen als „Worst-Case-Szenarium“ folgendermaßen festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- kein überlagernder geostrophischer Wind,
- relative Feuchte der Luftmasse 50%.

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei einer austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht. Bei gleichzeitiger hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden. Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

In **Abb. 3.03** sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt.

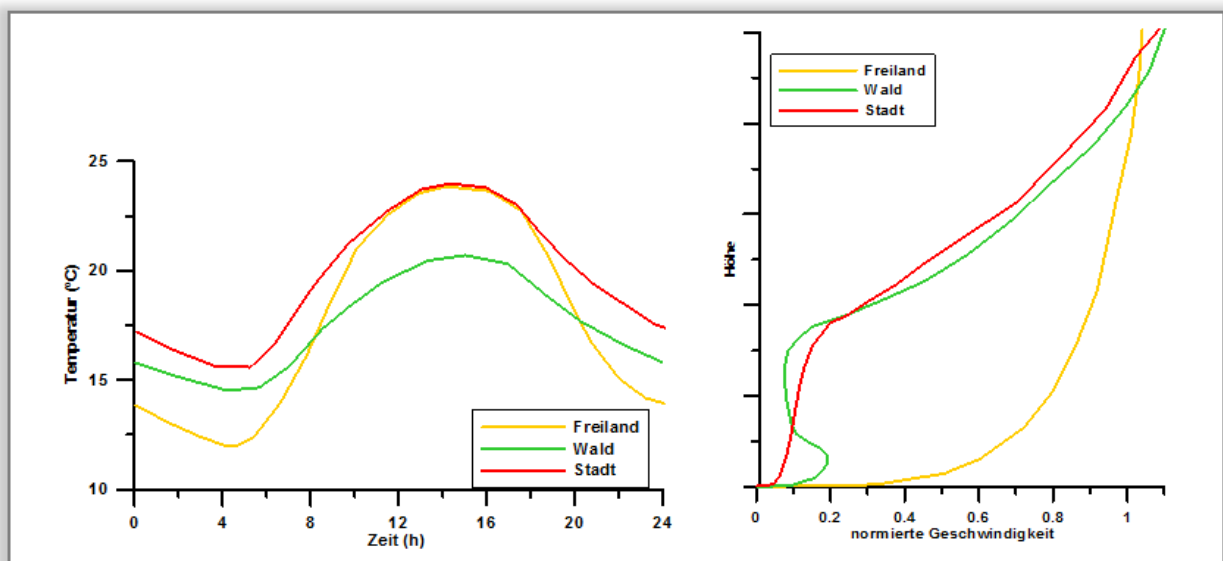


Abb. 3.03: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für verschiedene Landnutzungen

Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen wie z.B. Wiesen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine vermittelnde Stellung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

4. Das städtische Grünsystem

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages ein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen, so dass sich bereits auf kleinem Raum ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 7 K (Kelvin)¹ Temperaturabweichung einstellen kann.

Besonders auffällig ist das thermische Sonderklima des Stadtraumes Groß-Umstadt, der im nächtlichen Lufttemperaturfeld deutlich als Wärmeinsel hervortritt (s. **Abb. 4.01** auf der Folgeseite). Die generell in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören

- ⇒ die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der stadtcharakteristischen Boden- und Oberflächentypen
- ⇒ die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche
- ⇒ die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut
- ⇒ die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt)
- ⇒ die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischer Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland
- ⇒ die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung. Vegetationsgeprägte Freiflächen mit einer nennenswerten Kaltluftproduktion stellen klima- und immissionsökologische Ausgleichsräume dar und können über Hang- und Flurwinde die Wärmebelastung in den Siedlungsflächen verringern.

Aber auch die Ausgleichsleistung kleinerer Grünflächen, die eine nur geringe Kaltluftlieferung aufweisen, ist häufig noch klimaökologisch relevant. Dies betrifft insbesondere Grünflächen in stadtnahen und innerstädtischen Bereichen. Diese Areale können als „grüne Trittsteine“ das Eindringen von Kaltluft in die Bebauung unterstützen und damit den jeweiligen klimatischen Einwirkbereich vergrößern. Isolierte städtische Parkareale, Friedhöfe, Brachen und „Pocket-Parks“ sind aufgrund ihrer Lage in der Bebauung häufig durch eine niedrige Kaltluftlieferung charakterisiert. Wegen ihrer geringen Größe bilden sie zudem selten eigene Kaltluftströmungen aus. Solche Flächen erfüllen insbesondere tagsüber, wenn bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen starke Einstrahlungsintensitäten und Wärmebelastungen auftreten, wichtige Funktionen als humanbioklimatische Erholungsräume (Komfortinseln).

¹ Entsprechend DIN werden in dieser Untersuchung Temperaturdifferenzen in Kelvin (Einheitenzeichen: K) angegeben. Der Wert kann in der Praxis ohne weiteres als Abweichung in Grad Celsius (°C) interpretiert werden.

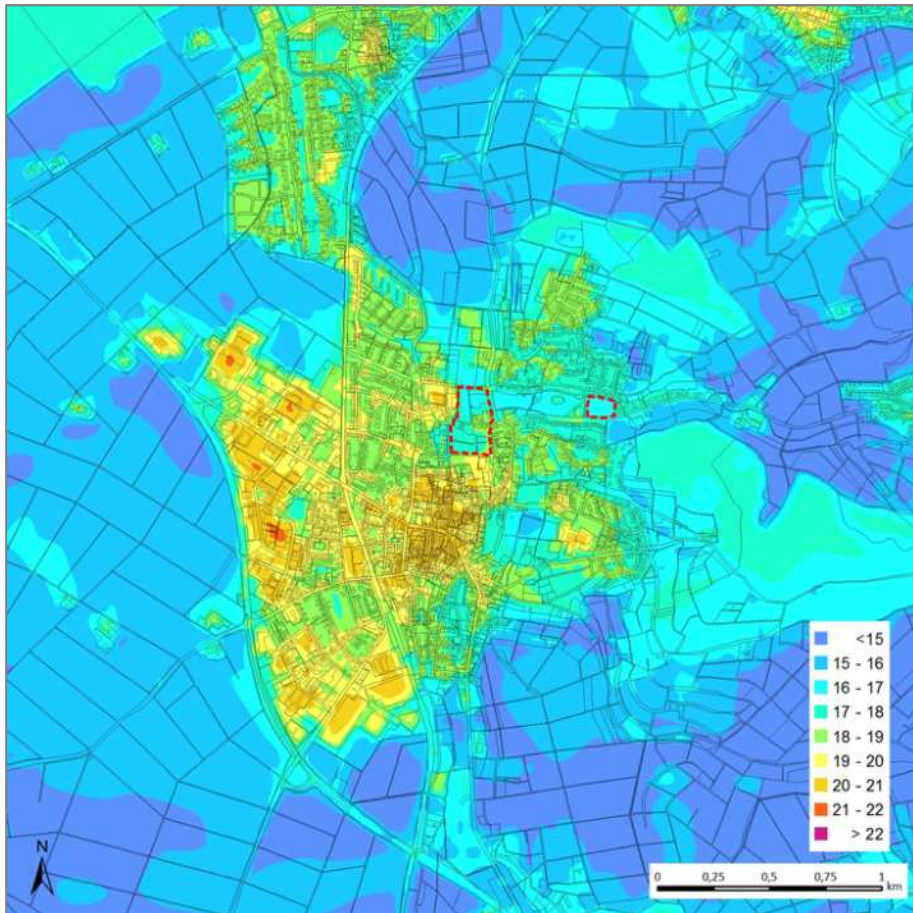


Abb. 4.01 Lufttemperatur (°C) in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 04:00 Uhr

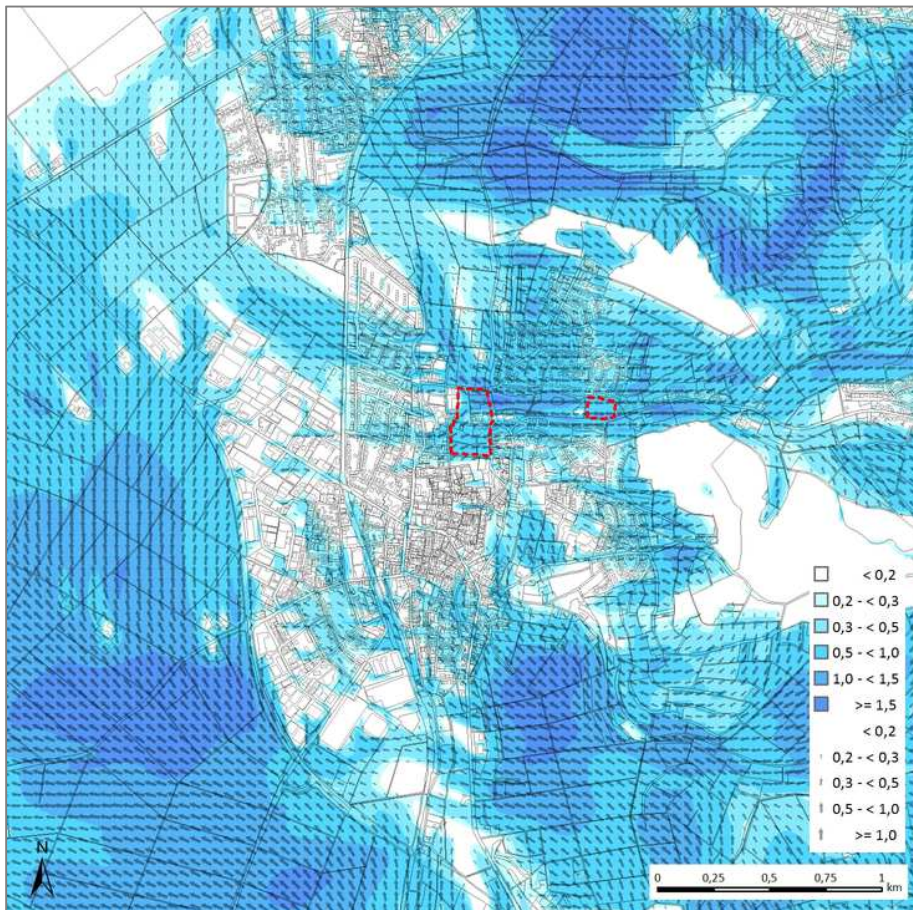


Abb. 4.02 Kaltluftströmungsfeld (m/s) in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 04:00 Uhr

Wie die **Abb. 4.02** auf der Vorseite zeigt, wird die Kernstadt den topographischen Gegebenheiten entsprechend im wesentlichen aus Richtung der großen Kaltluftproduzierenden Frei- und Waldflächen im Osten und Süden der Stadt angeströmt. Als besonders wichtig für den Weitertransport von Kaltluftmassen in die überwärmten Stadträume erweisen sich die Grünflächensysteme entlang der Bachläufe (Raibach, Ohlebach). Die in der vorliegenden Untersuchung begutachteten Flächen „Raibacher Tal“ und „Kappesgärten“ sind wesentliche Teilelemente der Leitbahn am Raibach (siehe **Abb. 4.03**).

Weitere bedeutsame Luftaustauschbereiche finden sich entlang der Bahnlinie sowie an der Straße „Am Steinborn“. Die funktionale Koppelung der Grünflächen westlich des Kreiskrankenhauses („Auf dem Steinborn“) zu den vorgelagerten Freiräumen ist durch die bauliche Vorbelastung im südlich anschließenden Bereich bereits eingeschränkt. Allerdings weisen die Flächen eine hohe flächeninterne Kaltluftproduktion auf, die dazu beiträgt, die Strömungssysteme in ihrer Intensität und thermischen Charakteristik zu erhalten. Das Areal steht über den Stadtfriedhof und einige durchgrünte Siedlungsteile in prozessualer Verbindung mit den Austauschbereichen „Am Steinborn“ und „Kappesgärten“.

Das in der **Abb. 4.03** (orientiert am Prozessgeschehen sowie an vorhandenen Leitbahnen und „grünen Trittsteinen“) skizzierte Frei- und Grünflächensystem kann als Gliederung des Stadtgefüges unter stadtklimatischen Aspekten aufgefasst werden. Eine raumplanerische Förderung dieser Strukturen kann dazu beitragen, gesunde Lebens- und Wohnverhältnisse langfristig zu sichern. Ein Erhalt der genannten Funktionen ist aus humanbioklimatischer Sicht anzustreben.

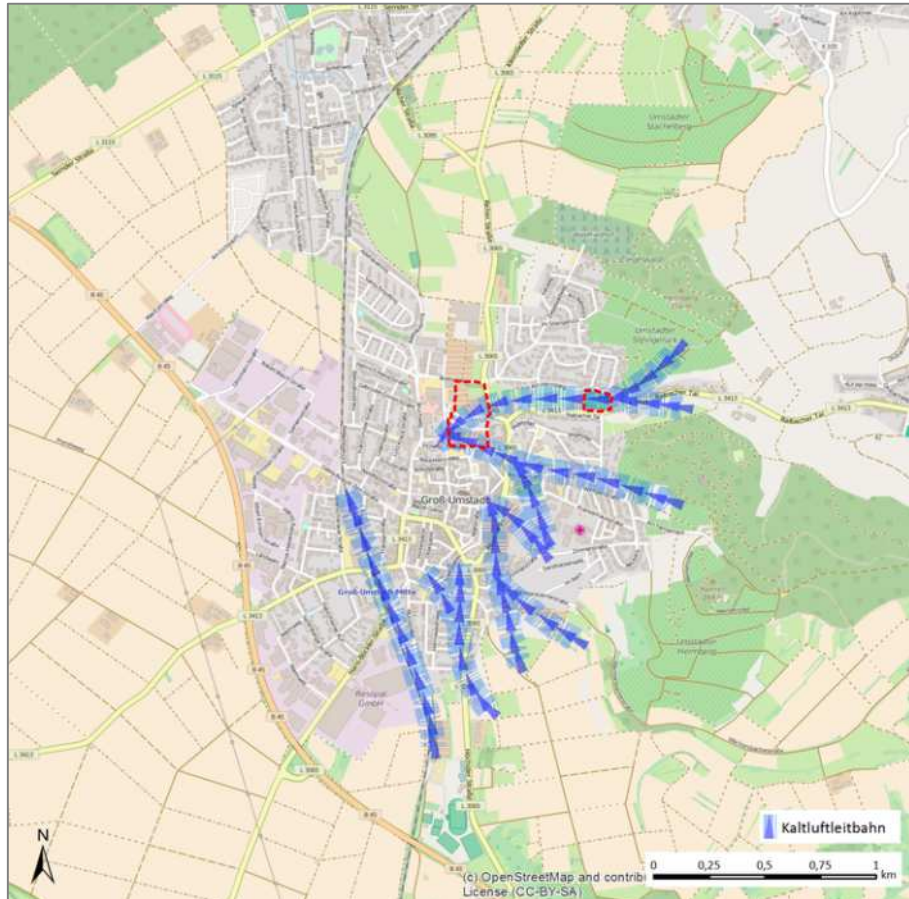


Abb. 4.03 Skizze der Kaltluftströmungswege im südöstlichen Stadtgebiet

5. Ergebnisse Klimaökologie

Im Folgenden werden die Ergebnisse der FITNAH-Modellierungen zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur in 2 m Höhe, Kaltluftströmungsgeschwindigkeit sowie Kaltluftvolumenstrom erläutert. Im Vordergrund stehen dabei die möglichen Veränderungen, die aufgrund einer Nutzungsintensivierung auf den potenziellen Siedlungsflächen „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ zu erwarten wären. Als meteorologische Rahmenbedingung wurde eine austauscharme Wetterlage zugrunde gelegt, da sich die stadtklimatischen Effekte vor allem während windschwacher Strahlungswetterlagen im Sommer entwickeln. Auslöser dieser Prozesse sind die Temperaturunterschiede zwischen vergleichsweise warmen Siedlungsräumen und kühleren vegetationsgeprägten bzw. un bebauten Flächen. Für den Zeitpunkt 4 Uhr morgens werden die Ergebnisse jeweils für den Istzustand als Basisszenario sowie der Planvariante dargestellt. Differenzkarten verdeutlichen im Anschluss die räumlichen Effekte der Nutzungsänderungen auf die Ausprägung der meteorologischen Größen im Vergleich zum Basisszenario.

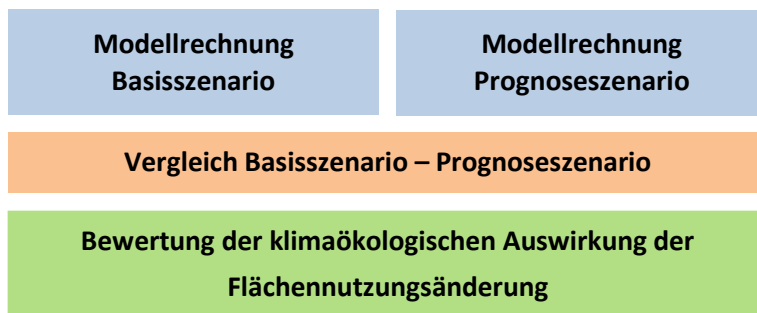


Abb. 5.00: Untersuchungsablauf

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander auf das Wohlbefinden des Menschen ein, sondern in human-biometeorologischen Wirkungskomplexen. Diese Wirkungskomplexe beschreiben die Effekte kombinierter Wetter- und Klimaeinflüsse auf den menschlichen Körper. Zur Bewertung des thermischen Bioklimas des Menschen werden thermische Indizes (Kenngrößen) verwendet. Diese können sehr komplex sein und Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Beispiele für diese umfassenden, aus Wärmebilanzmodellen abgeleiteten Kenngrößen sind der PMV-Wert (Predicted Mean Vote), die PET (physiologisch äquivalente Temperatur) und der UTCI (Universeller thermischer Klimaindex).

Da bei der vorliegenden Untersuchung die kaltlufthaushaltlichen Prozesse im Vordergrund stehen, werden die Einflüsse der Planungen auf das Humanbioklima über einfache Verfahren wie Schwellenwerte der Ausgleichsströmung und der Lufttemperatur abgeleitet.

Neben den in diesem Bericht dokumentierten Auswertungen liegen alle relevanten Layer zu den Eingangsdaten und den Modellergebnissen auch in digitaler Form vor und können so in das städtische GIS übernommen und zur weitergehenden Analyse unabhängig verwendet werden.

5.1 Oberflächennahe Lufttemperatur

Allgemeines: Grundsätzliche Aussagen zum Hintergrund des thermischen Sonderklimas der Städte wurden bereits in Kapitel 4 gemacht (siehe S. 13). Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen humanbioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen.

Bodennahe Lufttemperatur im Untersuchungsgebiet: Die **Abb. 5.01** auf Seite 18 zeigt das mit dem Klimamodell FITNAH für den derzeitigen Zustand simulierte Lufttemperaturfeld in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 4 Uhr. Es umfasst unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen eine Spannweite von 6 Kelvin (K) und erreicht dabei Werte zwischen etwa 15°C und 21°C. Die mittlere Temperatur des Untersuchungsgebietes liegt bei knapp 18°C, im gesamten Untersuchungsgebiet bei etwa 16°C.

Die höchsten Temperaturen von knapp 21°C treten im Bereich der größeren gewerblich genutzten Gebäudekomplexe südlich des Marktes auf. Dies geht mit dem überdurchschnittlichen Bauvolumen und oft hoher Oberflächenversiegelung einher, da hier die nächtliche Abkühlung durch die Wärme speichernden Materialien wie Beton und Stein deutlich reduziert wird. Über den ebenerdig versiegelten Flächen sind, abhängig von Größe und baulichen Dichte des Umfeldes, Temperaturen zwischen 19°C und 21°C verbreitet. Weitgehend unbebaute, vegetationsgeprägte Flächen wie sie innenstadtnah etwa im Bereich der Kleingärten am Mörsweg zu finden sind, weisen aufgrund der stärkeren nächtlichen Wärmeabstrahlung geringere Temperaturen auf. Hier werden Temperaturwerte zwischen 16°C und 18°C erreicht.

Auf der Grünfläche im potenziellen Siedlungsgebiet „Kappesgärten“ wird entsprechend ihres geringen Versiegelungsgrades eine relativ geringe Lufttemperatur von durchschnittlich 17,5°C modelliert. Durch die geplante Überbauung steigen die nächtlichen Temperaturwerte der Fläche im Planszenario um bis zu 0,8 K auf 18,3°C an (siehe **Abb. 5.02**). Die modellierte Durchschnittstemperatur auf der Fläche „Raibacher Tal“ beträgt 16,8°C. Sie steigt im Prognosefall um 0,5 K auf 17,3°C an.

In **Abb. 5.03** auf Seite 19 ist die Differenz der Lufttemperatur zwischen dem Plan- und Istzustand dargestellt, wobei rote Farben eine Zunahme der Temperatur gegenüber der gegenwärtigen Situation wiedergeben und blaue Farben eine Abnahme (die im Gebiet allerdings nicht auftritt). Augenfällig sind die Zunahmen der Werte insbesondere im Bereich der geplanten Gebäude. Ansonsten zeigt die Karte den insgesamt geringen Einfluss der Umgestaltungen auf das Temperaturniveau benachbarter Flächen: In der Summe wirken die Nutzungsänderungen nur sehr kleinräumig auf die Temperatursituation in den angrenzenden Siedlungsräumen, wobei die Zunahme nur in den direkten Randbereichen Werte von 0,5 K übersteigt. Dies betrifft für die „Kappesgärten“ den Südbereich der Straße „Hinter der Burkhardsmühle“ und für die Fläche „Raibacher Tal“ den anschließenden Abschnitt der Straße „Am Hitzigenrot“. Darüber hinausgehend ist keine signifikante Beeinflussung der Temperatursituation im Bestand zu erwarten.

Abb. 5.01:
Nächtliches Temperaturfeld im
Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m
über Grund in °C)

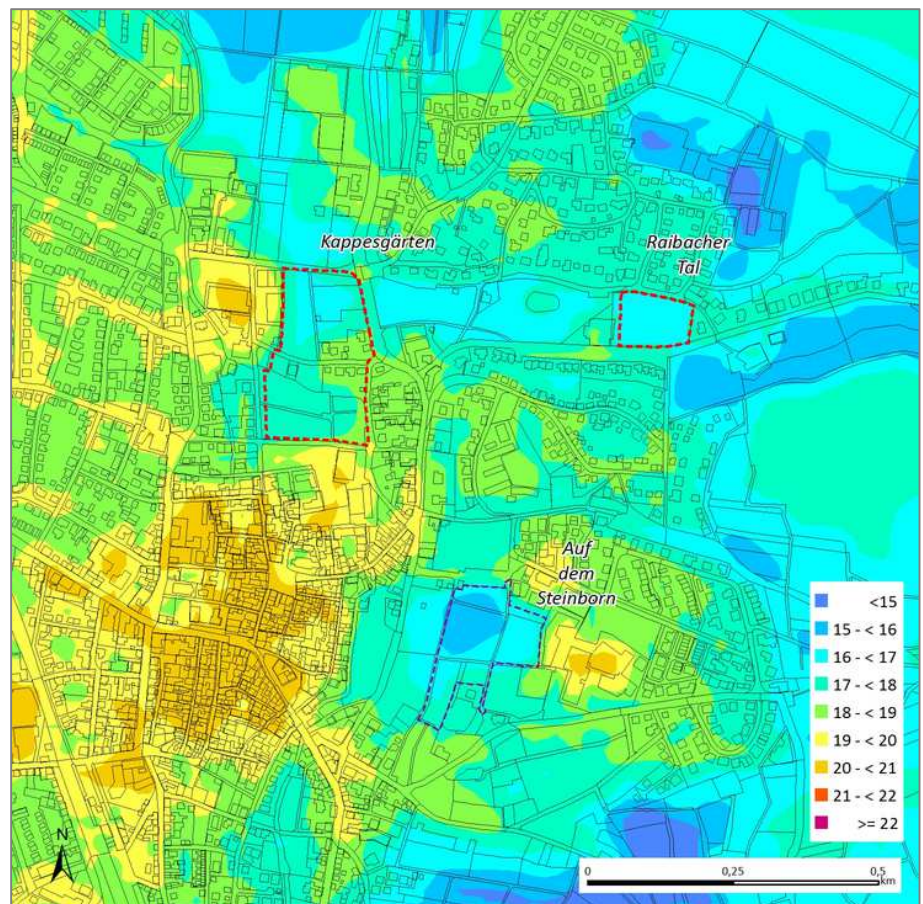
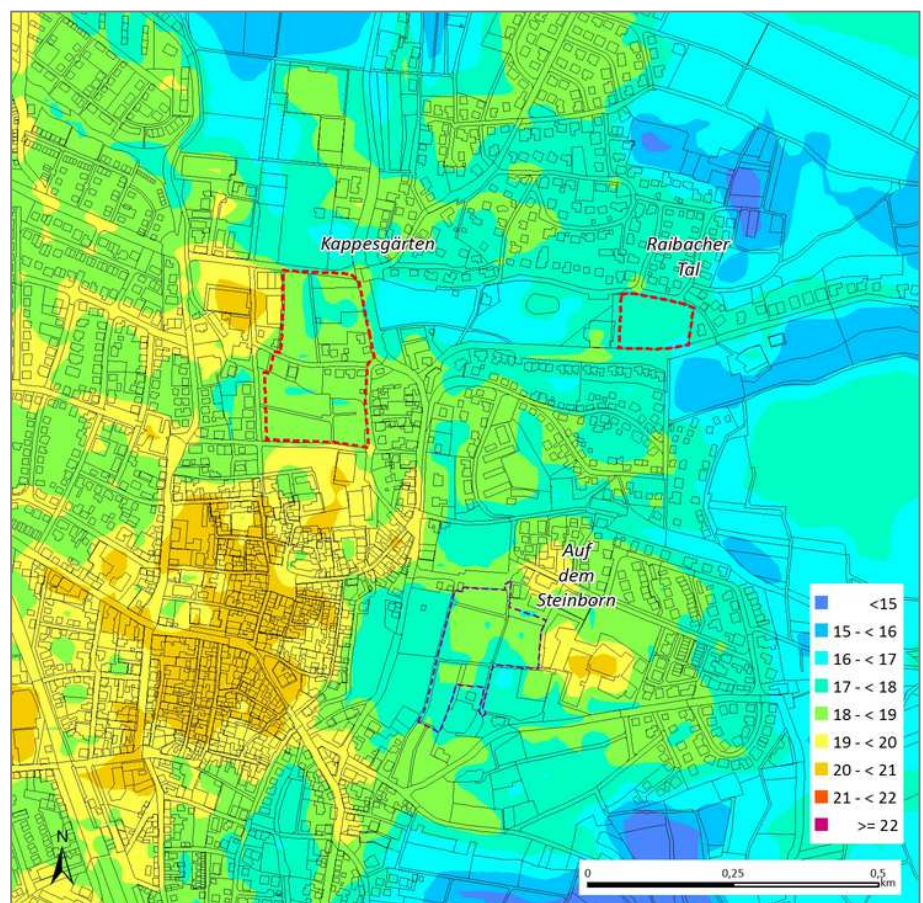


Abb. 5.02:
Nächtliches Temperaturfeld im
Prognoseszenario (4:00 Uhr, 2 m
über Grund in °C)



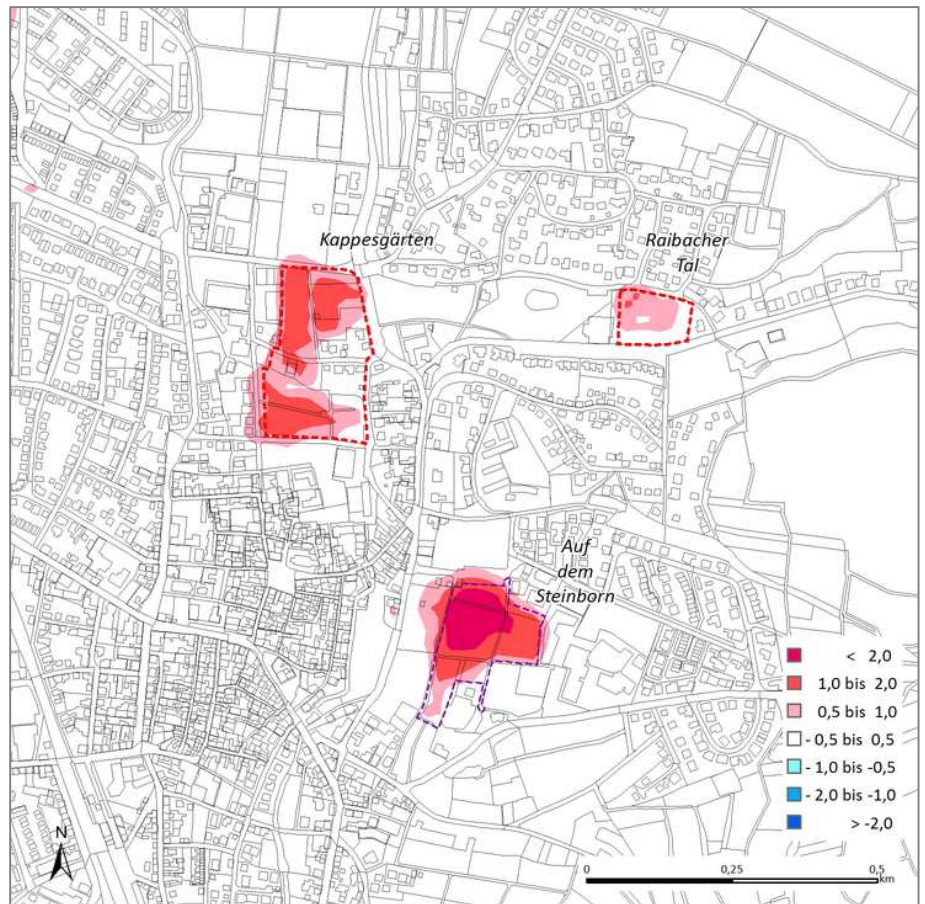


Abb. 5.03:
Differenz der Lufttemperatur
zwischen Prognose- und
Basisszenario in K

5.2 Kaltluftströmungsfeld

Allgemeines: Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieses Prozesses sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen bzw. dem Umland einstellen (**Abb. 5.04**). An geeigneten Flächen setzt sich außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung zur tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung. So können z.B. an Hängen nächtliche Kaltluftabflüsse entstehen (u.a. MOSIMANN et al. 1999).

Die Windgeschwindigkeit dieser kleinräumigen Phänomene wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft bestimmt und durch eine vorhandene Neigung des Geländes $> 1^\circ$ verstärkt. Neben den orographisch bedingten Strömungen mit Kaltluftabflüssen bilden sich auch sogenannte Flur- und Strukturwinde, d.h. direkte Ausgleichsströmung vom hohen zum tiefen Luftdruck. Sie entstehen, wenn sich stark überbaute oder versiegelte Gebiete stärker erwärmen als umliegende Freiflächen, und dadurch ein thermisches Tief über den urbanen Gebieten entsteht (u.a. KIESE et al. 1992).

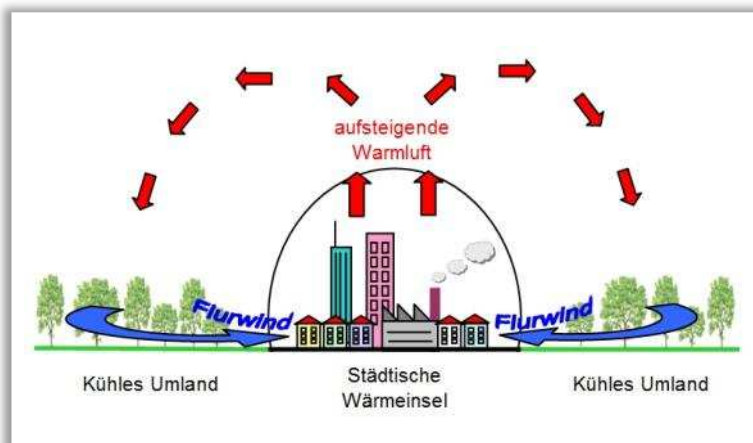


Abb. 5.04: Vereinfachtes Schema Flurwind

Für die Ausprägung dieser Strömungen ist es wichtig, dass die Luft über eine gewisse Strecke beschleunigt werden kann und nicht durch vorhandene Hindernisse wie Bäume und Bauten abgebremst wird. Im Gegensatz zu Kaltluftabflüssen sind Flur- und Strukturwinde eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können.

Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zunächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden. Diese kleinskaligen Windsysteme werden, je nach lokalen Bedingungen, im Laufe der Nacht von horizontal und vertikal etwas mächtigeren Flur- und Hangwinden (mehrere Dekameter Mächtigkeit) überdeckt, die zwischen den großen Freiflächen und überbauten Arealen entstehen.

Bodennahe Strömung im Untersuchungsgebiet: Die **Abb. 5.05** auf Seite 22 zeigt das für den Zeitpunkt 4:00 Uhr modellierte Strömungsfeld, das sich im Basisszenario während einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungswetternacht autochthon herausgebildet hat. Die momentane Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren dargestellt. Abgebildet sind alle Rasterzellen, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von $\geq 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund.

Neben der flächeneigenen Kaltluftproduktion wirken die Flächen der potenziellen Siedlungsgebiete „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ gegenwärtig als relativ hindernisarme Überströmungsbereiche für Kaltluftströmungen. Die Hauptströmungsrichtung liegt den orographischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes folgend in westlichen Richtungen. Im Umfeld von Steingerück und Knoßberg wird zusätzlich Frischluft in die aus den weiträumigen Freiflächen im Umfeld von Raibach fließende Kaltluft eingebracht. Dort wird das Strömungssystem gebündelt und fließt der Tiefenlinie folgend weiter dem Raibacher Tal folgend in Richtung Innenstadt. Im Verlauf der Leitbahn erreicht die Strömung überdurchschnittlich hohe Geschwindigkeiten von deutlich über $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die anliegenden, stark durchgrünteren Wohnsiedlungen werden in wesentlichen Teilen durchströmt, die Eindringtiefe der Kaltluft in die Bebauung ist entsprechend hoch.

Von den Gewerbegebieten „Hinter den Burkhardsmühle“ wird die Kaltluft nach Westen hin blockiert. Sie teilt sich hier in einen nordwestlichen und einen südwestlichen Strömungsarm. Hierbei kommt den Kappesgärten als Überströmungs- und Kaltluftproduktionsareal eine Schlüsselstellung für den Weitertransport der Kaltluft in die anschließenden Siedlungsräume zu.

Im Strömungsfeld der Prognosesituation (siehe **Abb. 5.06**) führen die geplanten Nutzungsintensivierungen bis in eine Entfernung von maximal etwa 100 m zu einer örtlichen Abwandlung der Windgeschwindigkeiten um signifikante Werte über $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Im direkten Gebäudeumfeld kommt es erwartungsgemäß zu den stärksten Reduktionen um bis zu $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dies wird in **Abb. 5.07** auf Seite 23 deutlich, in der die Differenz der Windgeschwindigkeiten zwischen dem Prognose- und dem Basisszenario dargestellt ist. Rote Farben kennzeichnen eine Abnahme der Geschwindigkeit gegenüber der gegenwärtigen Situation, blaue Farben eine Zunahme. Durch gebäudebedingte Umlenkungs- und Kanalisierungserscheinungen kommt es über Teilflächen auch zu einem Anstieg der Strömungsgeschwindigkeiten (blaue Farbtöne), wobei Zunahmen von bis zu $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ modelliert wurden.

Da das vorgesehene Bauvolumen auf den Flächen „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ relativ niedrig ist und aufgrund des stark ausgeprägten Kaltluftvolumenstroms ist die Modifikation des bodennahen Strömungsfeldes über die potenziellen Siedlungsflächen hinaus als geringfügig einzustufen. Die Durch- und Überströmbarkeit der geplanten Siedlungen führt im Lee der Hindernisse zu einer schnellen Verringerung des Störungsausmaßes.

Abb. 5.05:
Bodennahes Strömungsfeld im
Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m
über Grund in m/s)

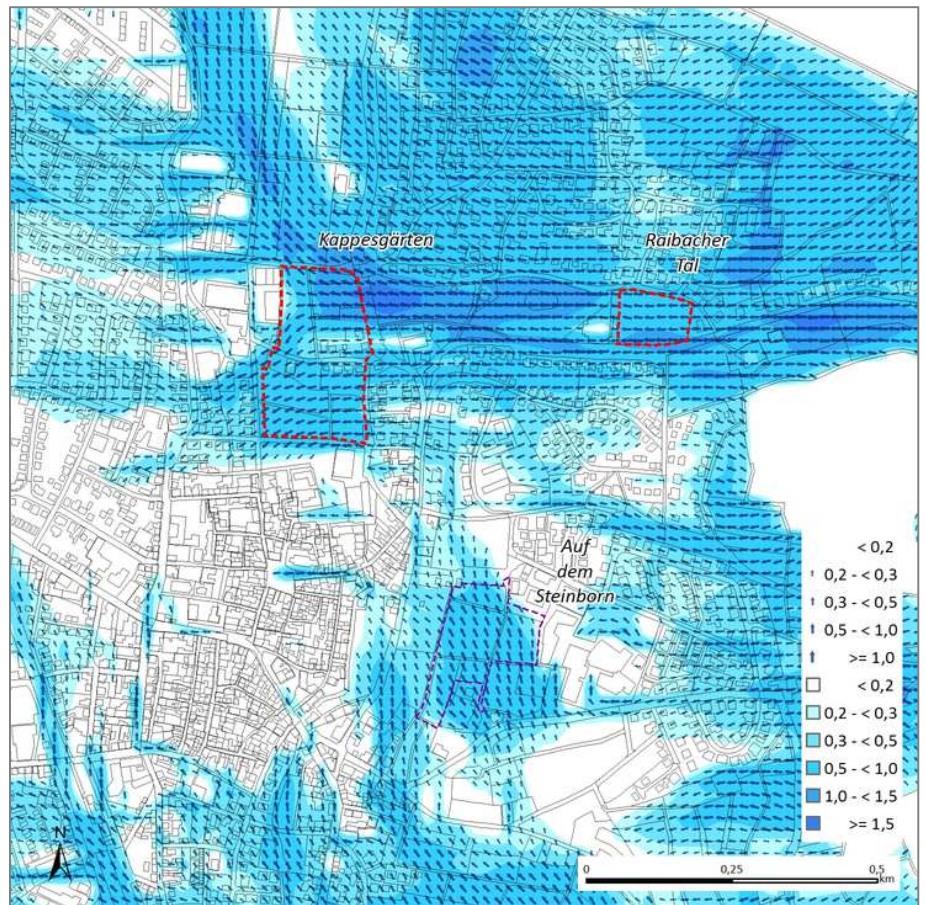


Abb. 5.06:
Bodennahes Strömungsfeld im
Prognoseszenario (4:00 Uhr, 2
m über Grund in m/s)

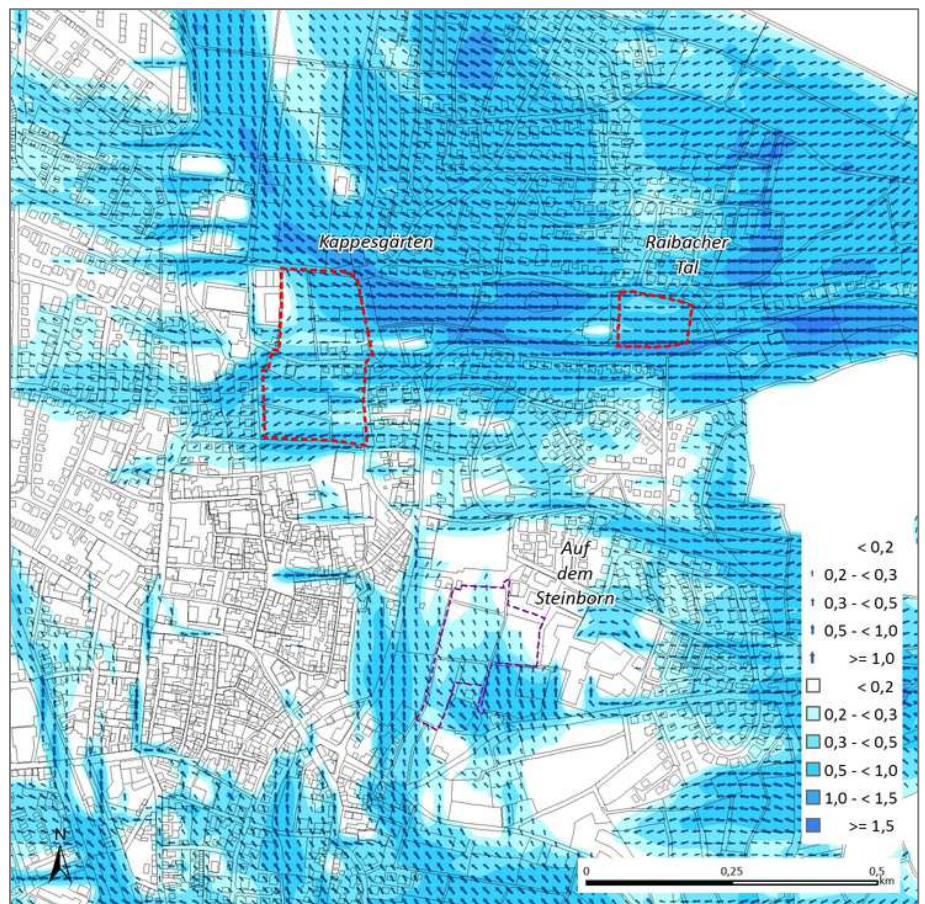


Abb. 5.07:
Differenz der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit zwischen Prognose- und Basisszenario (4:00 Uhr, 2 m über Grund in m/s)

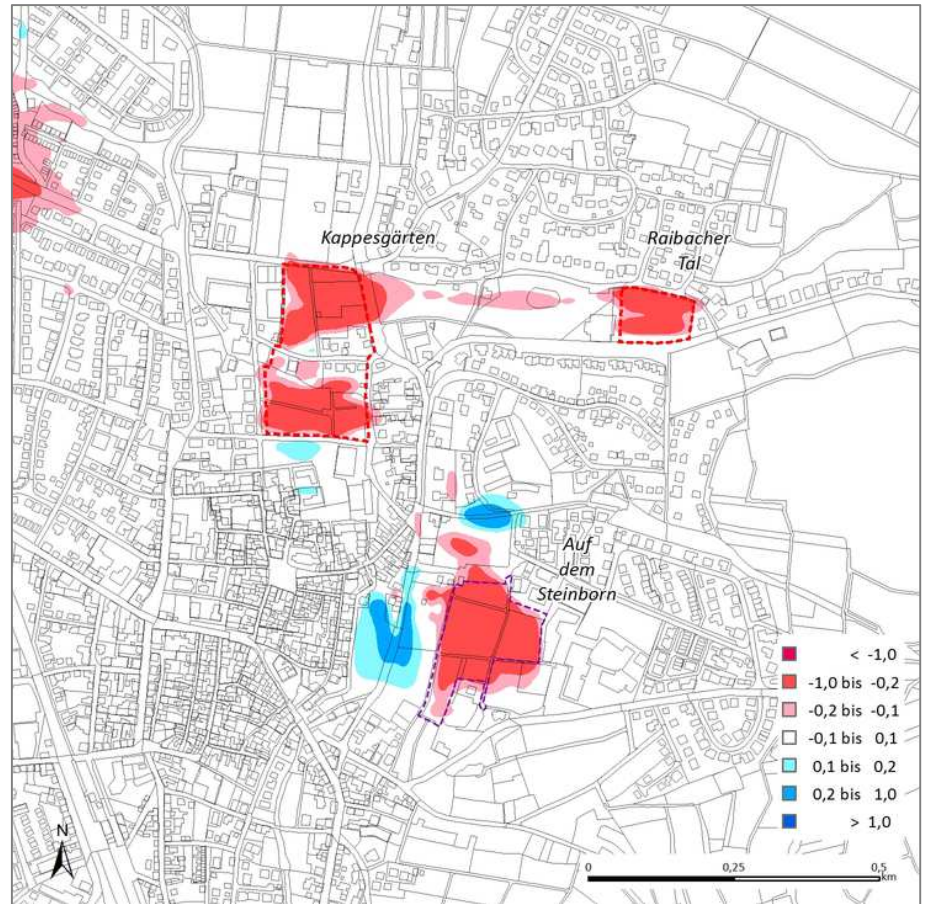
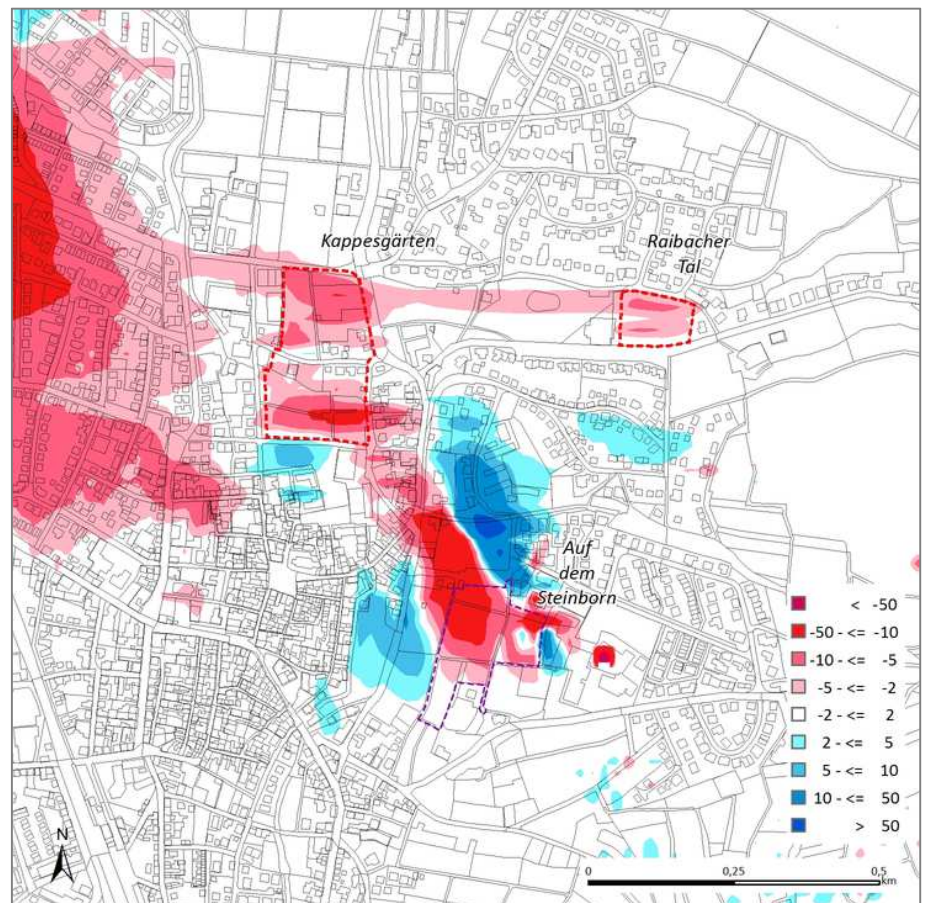


Abb. 5.08:
Differenz des Kaltluftvolumenstroms zwischen Prognose- und Basisszenario (4:00 Uhr, in %)



Den lokalen thermischen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern auch durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die *Höhe* der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, kann zur Bewertung der Grünflächen ein weiterer Klimaparameter herangezogen werden: der sogenannte **Kaltluftvolumenstrom**. Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft, die pro Zeiteinheit durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt.

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe. Lediglich in der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 (VDI 2003) wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 Prozent im Umfeld von humanbioklimatisch belasteten Siedlungsgebieten als „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ ausweist. Eine Verringerung um 5 – 10 Prozent wird als „mäßige Auswirkung“ eingestuft, unterhalb von 5 Prozent wird die Auswirkung einer Volumenstromverringerung als „geringfügig“ angesehen.

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Der prozentuale Vergleich der Kaltluftvolumenströme von Prognose- und Basisszenario in der **Abb. 5.08** auf Seite 23 verdeutlicht die planerischen Auswirkungen auf die Abflussvolumina. Da es sich hierbei um relative Werte handelt, werden Veränderungen kleiner Ausgangsvolumina, wie sie etwa im Bereich „Auf dem Steinborn“ auftreten, überproportional hervorgehoben. Abnahmen um mehr als 10 Prozent, die eine „hohe vorhabenbedingte Auswirkung“ kennzeichnen, werden für die Flächen „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ nicht modelliert. Flächenintern treten zwar Verminderungen zwischen 5 und 10 Prozent auf, doch werden im weiteren Strömungsweg außerhalb der Flächen Grenzen Reduktionswerte von 5 Prozent nicht überschritten. Wie die Auswertung des Temperaturfeldes auf Seite 17ff gezeigt hat, ist mit dieser Verminderung keine signifikante Zunahme der bodennahen Lufttemperatur im weiteren Einflussbereich der Flächen verbunden.

Damit sind auf Grundlage der vorliegenden Analysen die vorhabenbedingten Auswirkungen auf den Kaltlufthaushalt als geringfügig einzustufen. Dies ist auf den stark ausgeprägten Volumenstrom und die potenziell moderate Nutzungsintensivierung zurückzuführen. Entsprechende Wohnsiedlungen werden sowohl im Basis- als auch im Prognoseszenario in wesentlichen Teilen durch- und überströmt.

6 Planungshinweise

Allgemeines: Aus klimaökologischer Sicht ist die zunehmende bauliche Inanspruchnahme von Freiflächen grundsätzlich kritisch zu bewerten. Insbesondere Kaltluftleitbahnen erfüllen bedeutende humanbioklimatische Funktionen und weisen aufgrund ihrer Struktur häufig eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Im Hinblick auf das Schutzgut Klima wäre es daher optimal, die Leitbahn am Raibach weitgehend von Bebauung freizuhalten. Falls aufgrund konkurrierender Flächenfunktionen und nach Abwägung der jeweils zugehörigen Belange eine Bebauung in Erwägung gezogen wird, können folgende Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen beitragen:

- Gesamtversiegelung unter 40 Prozent halten (Grundflächenzahl maximal 0,4)
- Geschlossene Randbebauung vermeiden, windoffene Strukturen erhalten
- Strömungsp parallele Gebäudeausrichtung in Ostwestrichtung
- Einhaltung geringer Bauhöhen (möglichst zweigeschossig)
- Schaffung möglichst breiter Abstandsflächen (inklusive Hausgärten und Erschließungsstraßen)
- Durchgrünung von Verkehrswegen mit Straßenbäumen und unversiegelten Randstreifen
- Wasserdurchlässige Gestaltung (z.B. mit begrünten Kunststoffgittern / Rasenkammersteinen) und Durchgrünung von Stellplatzanlagen
- Dach- und Fassadenbegrünung
- Verwendung von hellen Baumaterialien zur Erhöhung der Albedo (Reflexion des Sonnenlichtes)

Neben diesen mehr oder weniger allgemeinen Hinweisen, können für die beiden potenziellen Baugebiete jeweils konkrete Empfehlungen gegeben werden, die zusätzlich zur Verminderung des Einflusses auf das

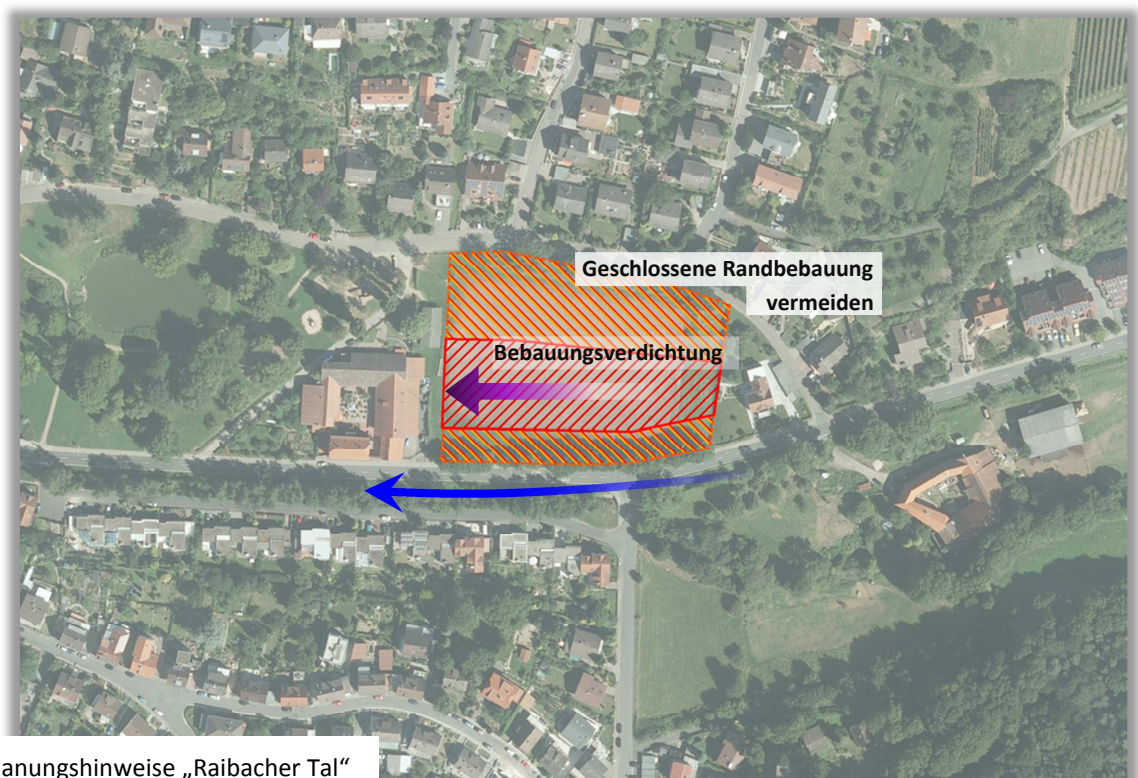


Abb. 6.02: Planungshinweise „Raibacher Tal“

Prozessgeschehen beitragen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Aussagen auf Grundlage des gegenwärtigen, noch grob umrissenen Planungsstandes (siehe S. 4f) getroffen werden. Die folgenden Ausführungen sind daher als Vorschläge zur klimaökologischen Optimierung zu betrachten, deren Einbindung in die übrigen Planungsgegebenheiten noch aussteht.

Spezielle Hinweise „Raibacher Tal“ (siehe **Abb. 6.01** auf der Vorseite):

Die Konkretisierung der auf S. 25 genannten Hinweise für das Gebiet „Raibacher Tal“ zielt im wesentlichen auf eine möglichst störungsarme Aufrechterhaltung der ostwestlich gerichteten Kaltluftdynamik. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Vermeidung einer geschlossenen Randbebauung gelegt werden. In Richtung auf den Gruberhof ist eine Vergrößerung des Bauvolumens denkbar, wenn infolgedessen eine Auflockerung der nördlich und südlich gelegenen Randbebauung erzielt werden kann.

Spezielle Hinweise „Kappesgärten“ (siehe **Abb. 6.02**):

Ein Erhalt der klimarelevanten Funktionen im potenziellen Siedlungsgebiet „Kappesgärten“ wäre insbesondere durch die Offenhaltung von Leitbahnbereichen in Richtung Innenstadt zu erzielen. Die Sicherung von hindernisarmen und kaltluftproduzierenden Überströmungsflächen in diesen Bereichen gewährleistet den Zugang von Kaltluftströmungen zur nördlichen Altsadt. Die Breite der offenen Leitbahnbereiche sollte für den Erhalt dieser Funktionen mindestens etwa 50 m betragen (inklusive Hausgärten und Abstandsflächen). In Richtung der auf den nordwestlich angrenzenden Nachbarflächen gelegenen Einkaufsmärkte ist eine relative Erhöhung des Bauvolumens möglich. Dementsprechend könnte der östliche Flächenabschnitt im Bereich des Kreisels möglichst aufgelockert gestaltet werden, um eine abriegelnde Wirkung auf die nordwestlich gerichtete Strömung zu vermeiden.

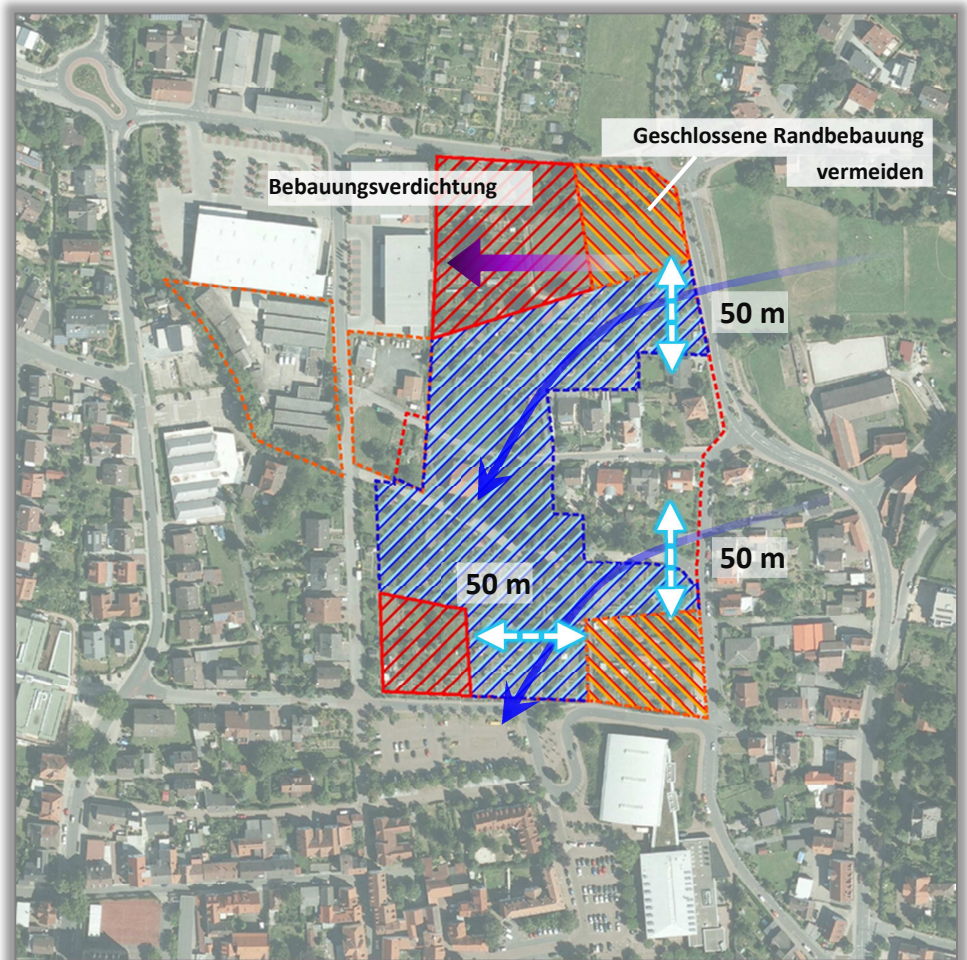


Abb. 6.01: Planungshinweise „Kappesgärten“

7 Fazit

Bei einer Realisierung von Wohnbebauung auf den potenziellen Siedlungsflächen „Kappesgärten“ und „Raibacher Tal“ ist gemäß des anzunehmenden Überbauungs- und Versiegelungsausmaßes von einer verminderten nächtlichen Abkühlung innerhalb der Plangebiete auszugehen. Die Temperaturen gleichen sich insgesamt dem relativ niedrigen Niveau der bereits vorhandenen Wohnbebauung an; die flächeninterne Kaltluftproduktion geht teilweise verloren.

Zusätzlich behindern die geplanten Siedlungskörper die Überströmung der Kaltluft aus dem Raibacher Tal und den anliegenden Hängen in die westlich und südlich angrenzenden Areale. Wie die Analysen gezeigt haben, ist die Verminderung des Kaltluftvolumenstroms als geringfügig einzustufen. Eine signifikante Erhöhung der nächtlichen Lufttemperatur und der humanbioklimatischen Belastung in den zugeordneten Wirkräumen ist nicht modelliert worden. Auch die Auswirkungen der benachbarten Siedlungsgebiete auf das Prozessgeschehen lassen erkennen, dass eine wohngebietstypische Bebauung nicht zu einer vollständigen Abriegelung der recht stark ausgeprägten Strömungen führen würde (siehe S. 22). Dies gilt insbesondere dann, wenn bei den Planungen ein besonderes Augenmerk auf einen hohen Grünanteil und eine gute Durchströmbarkeit gelegt wird.

Basierend auf den vorliegenden Analysen lassen sich unter Berücksichtigung der in Kapitel 6 gegebenen Hinweise die planungsbedingten Beeinträchtigungen soweit minimieren, dass die Leitbahnfunktion der Flächen im Wesentlichen erhalten bleibt. Signifikante vorhabenbedingte Zunahmen des humanbioklimatischen Belastungspotenzials wurden insgesamt nicht modelliert.

Literatur

- GROSS, G. (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. Beitr. Phys. Atmosph. , H 62 , S. 57-72.
- GROSS, G. (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg
- GROSS, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteor. Z.schr. Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- KUTTLER W., D. DÜTEMEYER (2003): Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden. Deutscher Wetterdienst Offenbach [Hrsg.], Promet 30, Nr. 1/2, S. 15 – 27
- KUTTLER W. (2010): Urbanes Klima, Teil 1. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 7/8 - Juli/August, S. 329-340. Teil 2. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 9 - September, S. 378-382.
- KIESE, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. Landschaft + Stadt 20, H. 2: 67-71
- MATZARAKIS, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Nr. 6. Juli 2001, Freiburg, 287 S.
- MOSIMANN et al. (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99, S. 202-275.
- STADT GROß-UMSTADT (2016a): Bebauungspläne Am Umstädter Bruch, Gewerbegebiet Otto-Hahn Straße, Auf dem Steinborn, Nordspange/Willy-Brandt-Anlage
- STADT GROß-UMSTADT (2016b): Geobasisdaten für das Stadtgebiet (DGM10, ALKIS-Nutzungslayer, DTK25, TK50, Luftbilder 2013). Übermittelt von der Geoventis GmbH, Darmstadt
- VDI (1997): Richtlinie VDI 3787 Blatt 1. Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2003): Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2004): Richtlinie VDI 3787 Blatt 9 Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in der räumlichen Planung. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008a): Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. VDI Verein Deutscher Ingenieure Düsseldorf.
- VDI (2008b): Richtlinie VDI 3785, Blatt 1, Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.