

Auftraggeber
Stadt Ravensburg
Stadtplanungsamt
Salamanderweg 22
88212 Ravensburg

**Stellungnahme zu den
lokalklimatischen Verhältnissen im Bereich
des Bebauungsplangebiets „Kammerbrühl“
der Stadt Ravensburg**

Projekt-Nr.: 16-12-16-FRII

Umfang: 15 Seiten

Datum: 20. Juni 2017

Bearbeiter: Dr. Rainer Röckle, Diplom-Meteorologe
Dr. Christine Ketterer, M.Sc. in Climate Sciences

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 202 1662
Fax: 0761/ 202 1671
E-Mail: roeckle@ima-umwelt.de

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Ravensburg überarbeitet derzeit die Bebauungspläne für den Bereich „Kammerbrühl“. Der Fokus der Stadt Ravensburg liegt beim Thema der Gewerbeflächenentwicklung vor allem auf den Nachverdichtungspotenziale der bestehenden Gewerbegebiete im Stadtgebiet. Hierbei soll zunächst der Bereich „Kammerbrühl“ näher untersucht werden.

Aufgrund der anhaltend hohen Gewerbeflächennachfrage und dem deutlichen Defizit beim Angebot städtischer Gewerbeflächen sollen mittels dieser Planung u.a. die Bedürfnisse der ansässigen Betriebe berücksichtigt und deren zukünftig Erweiterungsmöglichkeiten am bestehenden Standort verbessert werden.

Neben der städtebaulichen Einschätzung wird auch der Einfluss der zukünftig möglichen Bebauung des Plangebiets auf den Kaltluftstrom im Schussental („Schussentäler“) und auf das Lokalklima der Stadt Ravensburg betrachtet. Zur Quantifizierung werden Modellrechnungen durchgeführt. Es werden Bereiche bezüglich ihrer klimatologischen Relevanz bewertet.

2 Einleitung

Gebäude und Bewuchs stellen ein Strömungshindernis dar, das um- und überströmt werden muss. Dabei wird ein Teil der kinetischen Energie der Strömung in turbulente Energie umgesetzt, was zu einer Reduktion der Strömung führt. Reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten führen zu einem schlechteren Abtransport thermischer und lufthygienischer Belastungen.

Der „Schussentäler“ – ein nächtlicher Bergwind, der Ravensburg von Norden her überströmt – sorgt für einen lufthygienischen und thermischen Ausgleich in Ravensburg. Er tritt insbesondere in wolkenarmen und windschwachen Nächten auf. Die der Innenstadt im Norden vorgelagerte Bebauung, wie das Gebiet „Kammerbrühl“, ist deshalb relevant für das innerstädtische Klima.

Die Verringerung der Windgeschwindigkeit auf der windabgewandten Seite ist abhängig von der Bebauungsdichte und der frontalen Flächendichte der Gebäude. Im Nahbereich der Gebäude gibt es durch Nachlaufzonen, Frontwirbel, Kanten- und Eckeneffekte und weiteren Wechselwirkungen mit umliegenden Gebäuden, insbesondere bodennah starke Veränderungen in Form windschwacher Zonen, Kanalisierungen und lokaler Düseneffekten.

Für die Fernwirkung ist die Strömungsreduktion im Überdachniveau von Bedeutung, da diese bei der betrachteten Windrichtung den Luftaustausch in den südlich angrenzenden Wohngebieten bewerkstelligt.

3 Vorgehensweise

Um die bodennahen Luftaustauschverhältnisse zu quantifizieren wird die Bebauungssituation am Nordrand von Ravensburg mit dem 3-dimensionalen Windfeldmodell ABC unter expliziter Auflösung der Gebäude berechnet. Das Modell erfüllt die Anforderungen der VDI 3783 Blatt 10.

4 Standort und örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet „Kammerbrühl“ liegt im Schussental am Nordrand von Ravensburg. Im Norden grenzt es an die Ulmer Straße und die Gemarkungsgrenze der Stadt Ravensburg. Der Ost- und Südrand wird durch die Gartenstraße und die Kuppelnaustraße markiert. Im Westen wird das Plangebiet durch die Ulmer Straße und die Bleicherstraße begrenzt.

In Abbildung 4-1 ist die Lage des Plangebiets markiert.

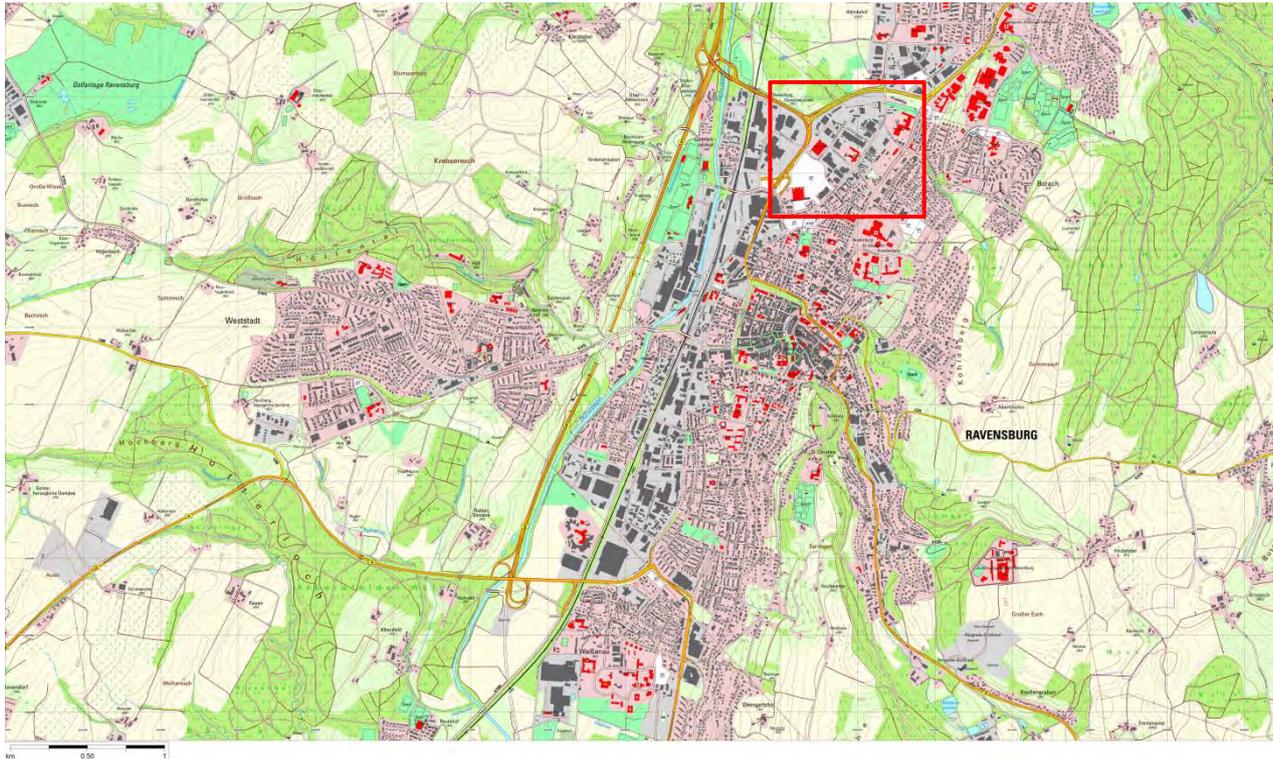


Abbildung 4-1: Ausschnitt aus der topografischen Karte mit Lage des Plangebiets.

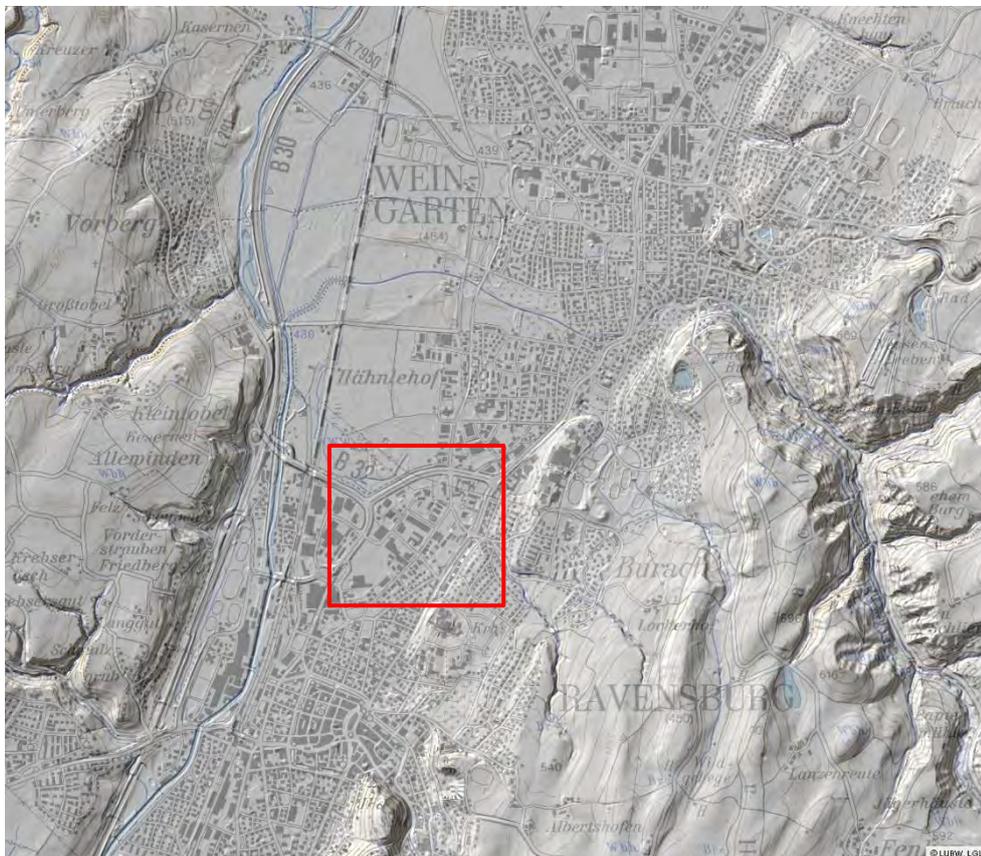
Das Plangebiet ist weitgehend eben und liegt auf einer Höhe von ca. 450 m ü.NHN. Im Osten in 100 bis 300 m Entfernung steigt das Gelände bis zu den Randhöhen (ca. 480 m ü.NHN) an (siehe Abbildung 4-3).

Eine Schrägansicht aus südlicher Richtung (Abbildung 4-2) zeigt eine Schrägbildaufnahme des Plangebiets. Das Plangebiet selbst ist überwiegend versiegelt – zum einen durch Fabrikgebäude und Hallen, zum anderen durch Stell- und Lagerplätze. Durchgrünte Bereiche findet man am Nordrand des Plangebietes (EnBW-Gelände). Wohnbebauung schließt im Süden und Osten an. Nördlich der Ulmer Straße befindet sich ein Gärtnereibetrieb, Schrebergärten sowie Waldbestand.

Die im Plangebiet vorhandene Bebauung weist eine heterogene Höhenentwicklung auf. Punktuell sind Gebäude mit Höhen über 30 m vorhanden.



Abbildung 4-2: Schrägansicht aus Süd. (Quelle: Bing-Maps)



Relief (aus DGM5)
Topographische Karte

0 250 500 m

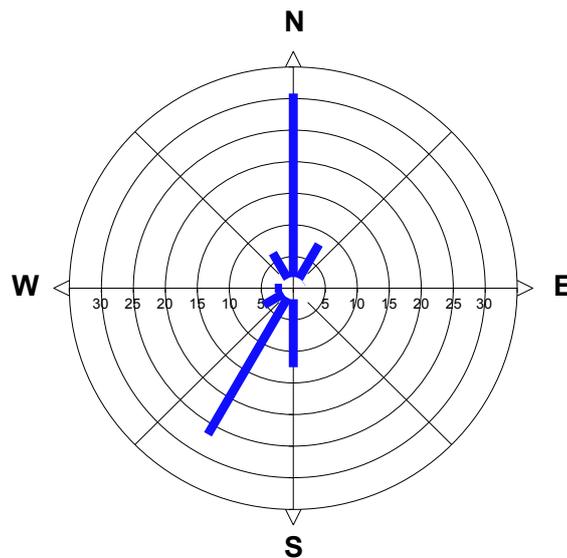
Grundlage:
- Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW
- Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl.bw.de, AZ: 2851.9.1/19
© LUBW, LGL

Abbildung 4-3: Geschummertes Relief mit Lage des Plangebiets. (Quelle: LUBW)

5 Bestandssituation

5.1 Strömungsverhältnisse

Nördlich des Plangebiets gab es Messungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Die LUBW hat auf dem Dach der IHK vom 9.03.1998 bis zum 31.10.1989 gemessen. Die Verteilung (30° Klassen) zeigt zwei Maxima (Abbildung 5-1) – Nordwinde und Winde aus Südsüdwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit lag bei 2,9 m/s.



Ravensburg IHK (LUBW)
09.03.1998 bis 31.10.1989

Abbildung 5-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen auf dem Dach der IHK. Messungen der LUBW 09.03.1998 - 31.10.1989.

Im Rahmen des Projektes REKLISCHUB wurde von Prof. Schwab (PH Weingarten) zahlreiche Messungen und Modellrechnungen im Raum Ravensburg durchgeführt. Unter anderem wurde nördlich des Plangebiets und westlich von Weingarten auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen die Messstation Hähnlehof betrieben. Das Messjahr war 2009. Abbildung 5-2 zeigt links die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen für alle Stunden, rechts die der wolkenarmen Nachtstunden.

Aufgrund der geringen Messhöhe (2 m über Grund) variieren die Windrichtungen stärker als im Überdachniveau. Prinzipiell sind die beiden Hauptwindrichtungen aus Nord und Süd vorhanden. In den wolkenarmen Nachtstunden dominieren nördliche Windrichtungen, der großräumige Kaltluftabfluss im Schussental.

In Abbildung 5-3 ist exemplarisch der Tagesgang an einem Strahlungstag (hier der 13. Juni 2009) dargestellt. In den Tagstunden kommt der Wind aus östlichen, südlichen und westlichen Richtungen, die Windgeschwindigkeit liegt im Bereich 1 bis 2 m/s. In den Abendstunden (ab 18 Uhr) „schläft“ der Wind ein. Zwischen 19 und 21 Uhr ist es nahezu windstill. Die Windrichtung dreht dann bei aufwachen der Windgeschwindigkeit auf Nordnordwest. In der Nacht liegen die Windgeschwindigkeit zwischen 0 und ca. 1 m/s. Gegen 9 Uhr des nächsten Tages stellen sich wieder südliche Winde ein. Ungefähr bei Sonnenuntergang im Schussental findet eine rasche Abkühlung

von Temperaturen bis 30°C auf ca. 15°C statt. Im Laufe der Nacht kühlt sich die Luft dann langsamer auf ca. 10°C ab. Nach Sonnenaufgang nehmen die Lufttemperaturen wieder zu.

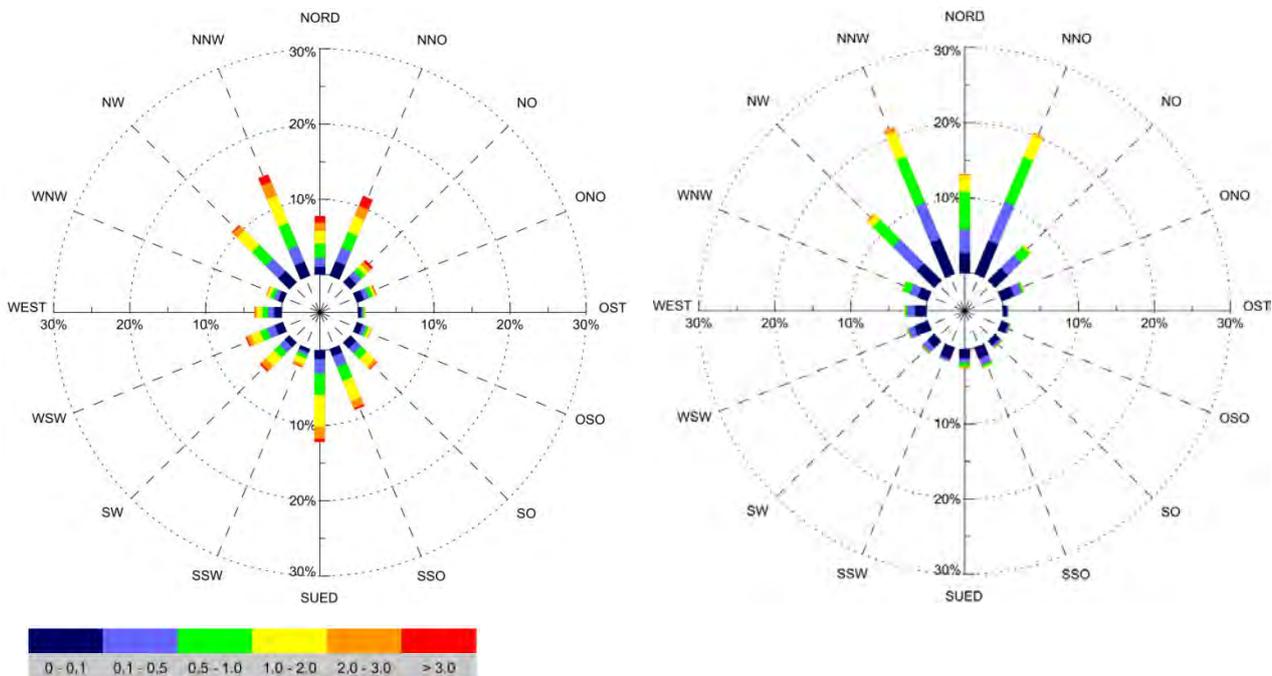


Abbildung 5-2: Station Hähnlehof, 2009, links – alle Stunden, rechts – zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang, nur Strahlungstage.

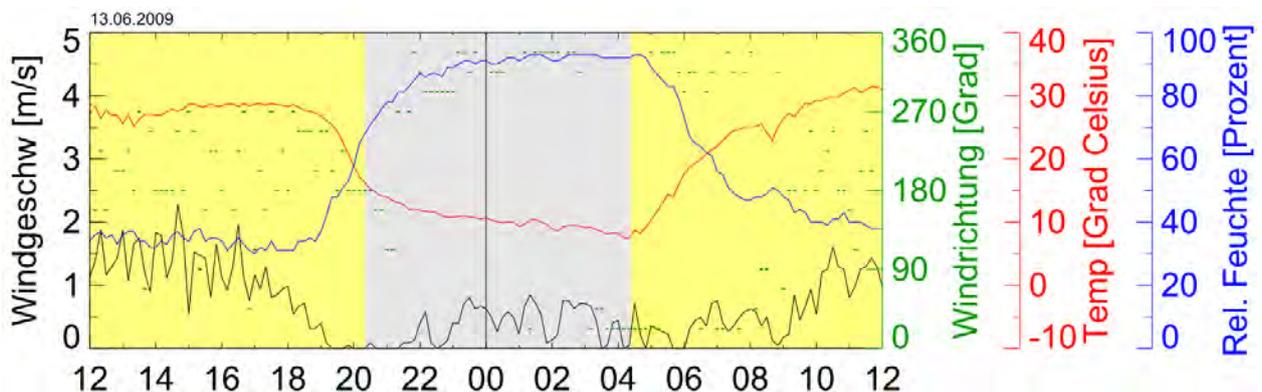


Abbildung 5-3: Tagesgang von Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur und relativer Feuchte ca. 2 m über Grund, Station Hähnlehof, 13.06.2009, Quelle: Prof. Schwab

5.2 Kaltluftabflussverhältnisse

Bei autochthonen Wetterlagen¹ treten belastende Situationen auf. Tagsüber kann es in den Sommermonaten zu Hitzestress kommen. In den Nachtstunden stellen sich austauscharme Verhältnisse (Inversionen) ein. In gegliedertem Gelände sorgen dann Kaltluftabflüsse für einen Luftaustausch.

¹ Wetterlage mit windschwachen und wolkenarmen Verhältnissen

Die Kaltluftabflussverhältnisse wurden im REKLIBO-Projekt großflächig simuliert. Auch von unserem Büro wurden Kaltluftabflussmodellierungen mit noch höherer räumlicher Auflösung durchgeführt.

In Abbildung 10-1 sind die berechneten Kaltluftabflüsse im Umfeld des Plangebiets dargestellt. In den Abendstunden bestimmen Hangabwinde und Kaltluftabflüsse aus den Tobeln die Austauschverhältnisse. Die Kaltluflthöhen im Plangebiet liegen bei zwischen 30 m und 40 m.

2 bis 3 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse setzt der Schusentäler ein, der hauptsächlich den Talgrund und die westliche Hangzone von Norden her überströmt. Die Kaltluflthöhen können dann bis 140 m anwachsen.

5.3 Thermische Verhältnisse

Ebenfalls aus dem REKLISCHUB-Projekt (Prof. Schwab) sind im Anhang in Abbildung 10-2 und Abbildung 10-3 die bodennahen Lufttemperaturverhältnisse dargestellt. Am 21.07.2009 wurden in Ravensburg und Weingarten Messfahrten durchgeführt. Die gemessenen Temperaturen wurden in die Fläche interpoliert. In Abbildung 10-2 sind die Abweichungen zum Mittelwert der Messungen gegen 22:30 Uhr, in Abbildung 10-3 gegen 5:20 Uhr abgebildet.

In den Abendstunden ist die Stadt mit 6°C gegenüber den kühlen Bereichen spürbar überwärmt. Die wärmsten Bereiche finden sich in den dichter bebauten städtischen Siedlungsbereichen. Von Weingarten zieht sich entlang der Gartenstraße eine warme Zone bis in die Innenstadt. Hänge und Tobel bewirken an den Rändern Abkühlungen.

Im Plangebiet ist ein Zufluss kühlerer Luft zwischen den bewaldeten Gebieten und der Bebauung Weingarten bis in das Gewerbegebiet hinein zu erkennen.

Auch noch in den Morgenstunden (Abbildung 10-3) ist der Zufluss kühlerer Luft aus Norden im Plangebiet zu erkennen. Die wärmsten Bereiche liegen jetzt zwar in den Höhenlagen, da sich in der Nacht eine Inversion ausbildet, die mit einer Temperaturzunahme mit der Höhe verbunden ist.

Die kühlestn Bereiche finden sich nördlich der B32-Spange, die den Talgrund überwiegend in Hochlage quert und dadurch bodennah einen Anstau der Kaltluft bewirkt.

6 Durchlüftungsverhältnisse

Gebäude, die über die Grundrauigkeit herausragen, entziehen der Strömung mehr Energie als Gebäude, die in die vorhandene Rauigkeit eingebettet sind. Da die Windgeschwindigkeit mit der Höhe über Grund zunimmt, führen hohe Gebäude zu größeren Durchlüftungsverlusten als niedrige Gebäude. Zur Quantifizierung der Strömungsverhältnisse wurden Modellrechnungen durchgeführt.

6.1 Strömungsanalyse im Untersuchungsgebiet

Zur Quantifizierung der lokalen Strömungsverhältnisse wurden Modellsimulationen durchgeführt. Zum Einsatz kam das mikroskalige 3-dimensionale Strömungsmodell ABC (Röckle et al., 1996; Richter et al., 1995), das die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10 „Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude- und Hindernisumströmung“ erfüllt.

ABC basiert auf einem diagnostischen Strömungsmodell mit „intelligenter“ Initialisierung. Dadurch wird sichergestellt, dass die charakteristischen Effekte im Nahbereich von Hindernissen (Nachlaufbereiche, Frontwirbelzonen usw.) realistisch wiedergegeben werden. Als Ergebnis erhält man stationäre dreidimensionale Felder der Strömungskomponenten.

Das Modellsystem wurde anhand einer Vielzahl von Freiland- und Windkanalmessungen getestet und im Rahmen von Forschungsprojekten weiter verbessert (Schädler, G. et al., 1996, 1999; Röckle et al., 1998).

6.1.1 Simulationsgebiet

Das Simulationsgebiet weist eine Größe von 2650 m · 2000 m auf. In der Vertikalen wird bis zu einer Höhe von 120 m über Grund gerechnet. Um eine hinreichende Detailtreue zu gewährleisten, erfolgen die Berechnungen für Rasterflächen mit einer Maschenweite von 3 m. Vertikal werden die Schichtdicken nach oben hin größer. Bodennah wurde vertikal ebenfalls mit einer Maschenweite von 3 m gerechnet.

Einzelne Bäume und Buschwerk wurden nicht explizit berücksichtigt. Stattdessen wurde eine generelle Rauigkeit von 0,5 m angesetzt.

6.1.2 Durchlüftungsverhältnisse

Hindernisse wie Gebäude führen zu einer Verwirbelung der Strömung. Diese wird dadurch böiger, nimmt aber an Intensität ab.

Eine reduzierte Durchlüftung ist dann ungünstig, wenn

- in diesen Bereichen Schadstoffe freigesetzt werden, da diese dann schlechter abtransportiert werden,
- in diesen Bereichen hohe thermische Belastungen vorhanden sind, die dann langsamer abgebaut werden.

Bei autochthonen Wetterlagen treten nördliche Windrichtungen vorzugsweise in den Nachtstunden auf. Dann wird aufgrund der „Stadtrandlage“ sowohl thermisch wie auch lufthygienisch gering belastete Luft dem Plangebiet zugeführt. Bodennah wird diese Strömung rasch durch Baukörper

gestört. Im Überdachniveau transportiert die Strömung kühlere und lufthygienisch wenig belastete Luft in die südlich angrenzenden Stadtteile.

In Abbildung 6-1 sind die Durchlüftungsverhältnisse in 1,5 m über Grund dargestellt. Dazu wurde die Strömungsgeschwindigkeit ins Verhältnis zur ungestörten Strömung, wie sie über Freiflächen vorgefunden wird, gesetzt. Grüne und blaue Bereiche zeigen eine Reduktion der Durchlüftung gegenüber einer ungestörten Strömung an. Diese Zonen findet man z.B. in den Waldgebieten (schraffiert dargestellt), in Bereichen mit dichter Bebauung oder hinter ausgedehnten Hindernissen. In den gelben Bereichen nimmt die Strömungsgeschwindigkeit durch Umströmungs- und Verdrängungseffekte zu.

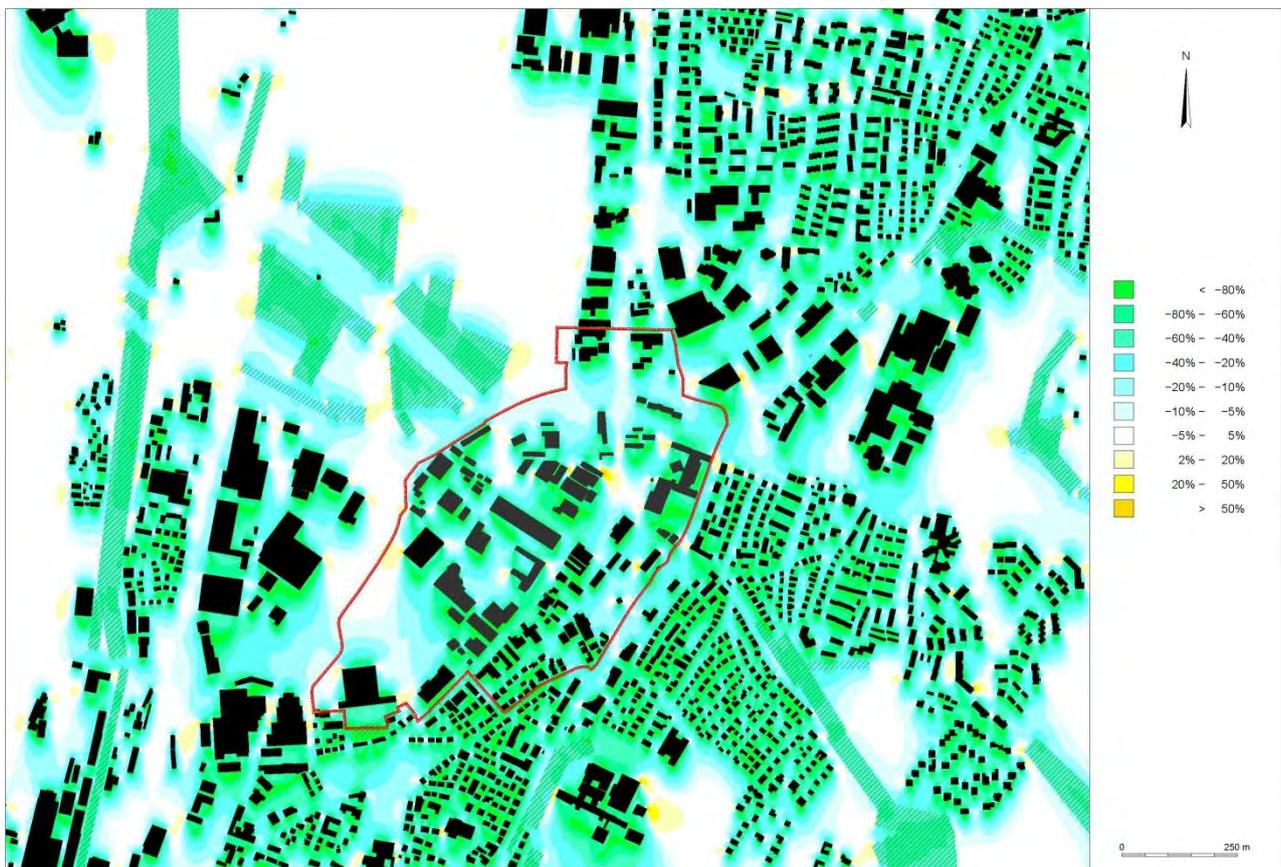


Abbildung 6-1: Bodennahe Durchlüftungsverhältnisse. Prozentualer Anteil der ungestörten Grundströmung.

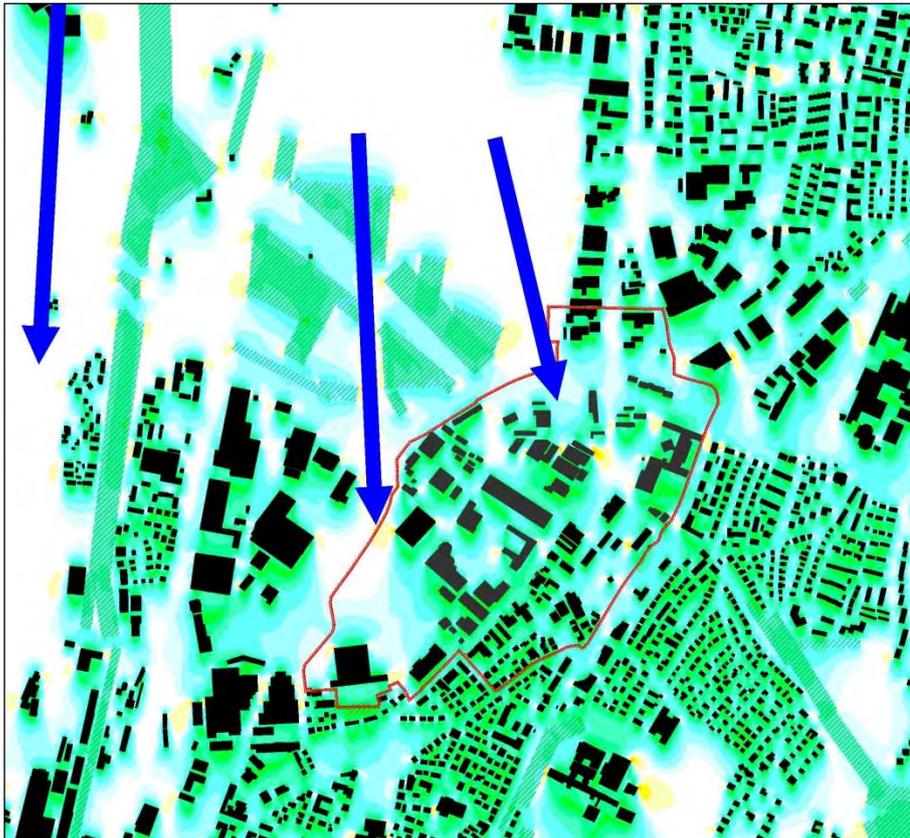
7 Planungsempfehlungen

Für die Auswirkungen einer Bebauung auf die lokalen klimatischen Verhältnisse gibt es keine Beurteilungswerte. Forderungen können deshalb nicht ausgesprochen werden. Um unerwünschte lokalklimatische Auswirkungen zu reduzieren, sollten aber Planungshinweise beachtet werden.

Durchlüftung:

- Im Norden von Ravensburg kristallisieren sich 3 Bereiche heraus (siehe nachfolgende Skizze), in denen der nächtliche Kaltluftabfluss bodennah nach Süden vordringen kann. Während die westlich der Schussen verlaufende Schneise wenig relevant für die inner-

städtischen Bereiche ist, sind die beiden östlichen Schneisen für die bodennahe Belüftung des Ravensburger Nordens von Bedeutung. Durch landespflegerische Maßnahmen kann durch teilweisen Rückbau der Waldflächen das bodennahe Einströmen – insbesondere bei der mittleren Schneise – forciert werden.



- Langgestreckte Gebäude, welche die Grundrauigkeit überragen, sollten nach Möglichkeit nicht quer zur Hauptwindrichtung ausgerichtet werden. Dadurch wird das Umströmen der Gebäude erleichtert und die Strömung weniger geschwächt.
- Eine Verdichtung der Bebauung gegenüber dem Istzustand kann hinsichtlich der Rauigkeitswirkung des Plangebiets vorteilhafter sein, als eine generelle Zunahme der Gebäudehöhen bei gleichbleibender Überbauung.
- Hohe Gebäude sollten vorzugsweise in Bereichen, die durch vorgelagerte Hindernisse stärker vorbelastet sind, errichtet werden und nicht in den Bereichen mit geringer Vorbelastung.

Thermische Effekte:

- Um die ins angrenzende Stadtgebiet einfließende Luft möglichst wenig aufzuheizen, sollte auf eine gute Durchgrünung (Dachbegrünungen, Rasenflächen, Bäume, grün überdachte Kfz-Stellplätze) des Gewerbegebiets geachtet werden.

- Gebäude, die nach EnEV errichtet werden, haben meist eine geringere Wärmespeicherwirkung als Gebäude im Bestand. Die Gebäudeoberflächen können sich an sonnenreichen Tagen zwar stärker aufheizen, kühlen in den Nachtstunden aber schneller ab und belasten den nächtlichen Luftstrom dadurch weniger.
- Versiegelte Stellflächen sollten verschattet werden, um deren Aufheizung zu reduzieren. Die Nordseiten höherer Gebäude sind deshalb besser geeignet als die südlich gelegenen Flächen. Dort kann ggf. mit Bäumen eine Verschattung erzielt werden. Ein wirksamer Schattenwurf wird allerdings erst mit einer ausgebildeten Baumkrone nach Jahren erreicht.

Lufthygiene:

- Luftschadstoffemissionen in den Gebieten nördlich der Innenstadt sollten insbesondere in den Nachtstunden weitgehend vermieden werden, um weiterhin eine Frischluftzufuhr des „Schussentäler“ zu gewährleisten. Das heißt, dass produzierendes Gewerbe mit nächtlichen Emissionen weitgehend reduziert werden sollten.

8 Zusammenfassung

Die Stadt Ravensburg überarbeitet derzeit die Bebauungspläne für den Bereich „Kammerbrühl“.

Der in Tallage liegende Bereich des Ravensburger Nordens ist von Bedeutung für die nächtliche Durchlüftung des Stadtgebiets, da bei austauscharmen Wetterlagen in den Nachstunden der Schussentäler als nördliche Strömung einen wesentlichen Luftaustausch bewirkt. Beim Überstreichen von bebauten Gebieten wird dieser Kaltluftstrom geschwächt, da ihm durch die Rauigkeit Impuls entzogen wird. Neben dem Erhalt der Strömung über dem Dachniveau sollte auch das bodennahe Eindringen der nördlichen Strömung ermöglicht werden.

Dazu wurden Planungshinweise erarbeitet, die in Kapitel 7 aufgeführt sind.

Freiburg, 20. Juni 2017

Dr. Rainer Röckle
Diplom-Meteorologe

Dr. Christine Ketterer
M.Sc. in Climate Sciences

9 Literatur

EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954) geändert worden ist.

Isyumov, N.; Davenport, A. G.: "The Ground Level Wind Environment in Built-up Areas," in Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, London, 1975, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1976, pp. 403-422.

Regionalverband Bodensee-Oberschwaben 2010: Klimafibel – Ergebnisse der Klimaanalyse für die Region Bodensee-Oberschwaben und ihre Anwendung in der regionalen und kommunalen Planung. Info Heft No. 11

Reuter, U., Baumüller, J., Hoffmann, U., 1991: Luft und Klima als Planungsfaktor im Umweltschutz. Expert-Verlag, Band 328

Richter, C.-J.; Röckle, R.; Gaede, M., 1998: Das Schutzgut Klima in der Umweltverträglichkeitsprüfung. VDI-Schriftenreihe Band 28, 1998, S. 4 - 14

Röckle, R.: Einsatz mikroskaliger Strömungsmodelle bei Planungsfragen. Annalen der Meteorologie, 28, 1992, S. 43 - 45

Röckle, R., Richter, C.-J.: Ausbreitung von Geruchsstoffen in Kaltluftabflüssen – Messungen und Modellrechnungen. VDI Berichte 1373 – Gerüche in der Umwelt. VDI-Verlag Düsseldorf, 1998, 249-259

Röckle, R., Richter, C.-J.: Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahbereich typischer Gebäudekonfigurationen – Modellrechnungen –. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen der Luftreinhaltung, Forschungsbericht FZKA-PEF 136, Oktober 1995

Röckle, R., Richter, C.-J., Salomon, Th., Dröscher, F., Kost, J.: Ausbreitung von Emissionen in komplexer Bebauung – Vergleich zwischen numerischen Modellen und Windkanalmessungen. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen der Luftreinhaltung, Forschungsbericht FZKA-PEF, September 1998, Förderkennzeichen: PEF 295002, 1998

Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, Tr.: Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen der Luftreinhaltung, Forschungsbericht FZKA-PEF 138, Oktober 1996

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10: Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude- und Hindernisumströmung. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, 2001

VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil 1: Klima. Beuth Verlag Düsseldorf, 10. 2008

VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5: Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft, Beuth Verlag Düsseldorf.

WAB, 2009: Wissenschaftlicher Abschlussbericht der Regionalen Klimaanalyse Bodensee-Oberschwaben (REKLIBO). Band 1 – 3. Hrsg.: Regionalverband Bodensee-Oberschwaben, Landkreise Bodenseekreis, Ravensburg, Sigmaringen. Bearbeitung: Schwab, A. und Zachenbacher, D. Online-Version (www.rvbo.de).

Wirtschaftsministerium des Landes Baden Württemberg: Städtebauliche Klimafibel Online. Hinweise für die Bauleitplanung. <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de>

10 Anhang

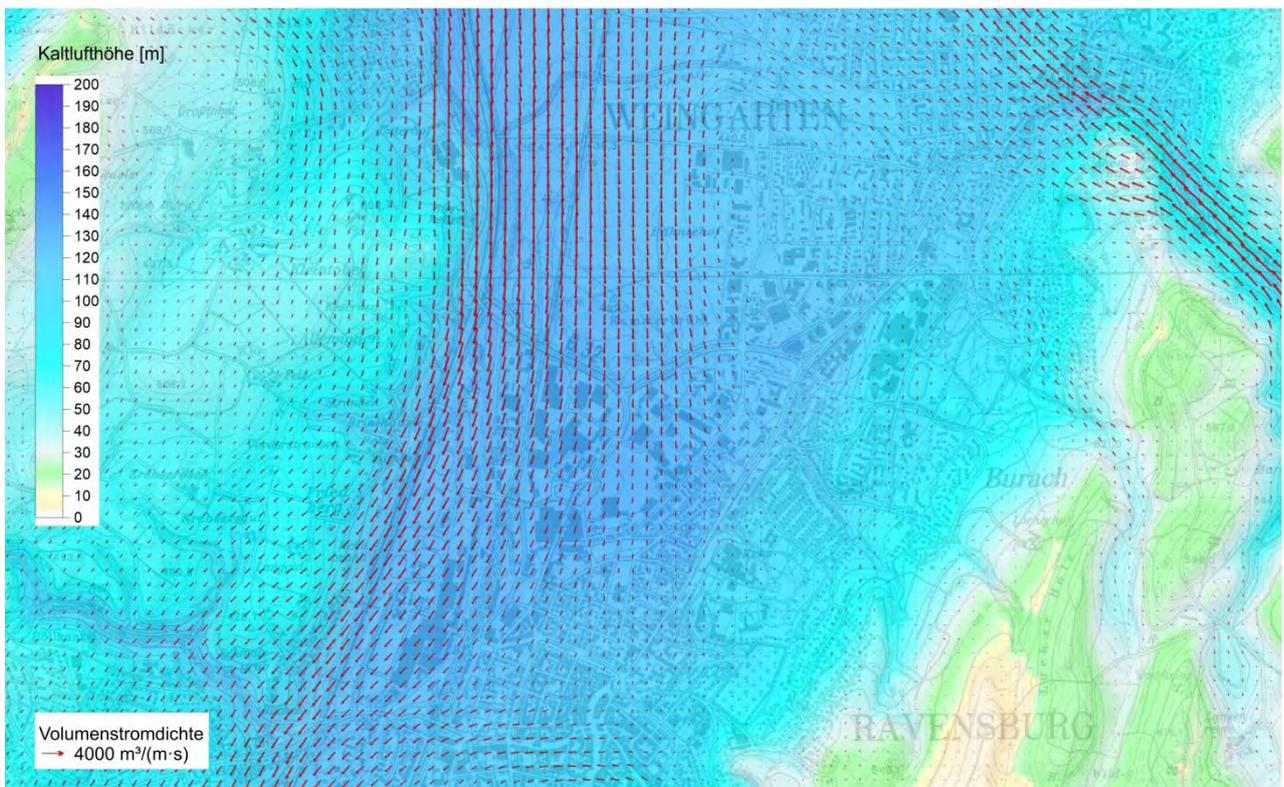
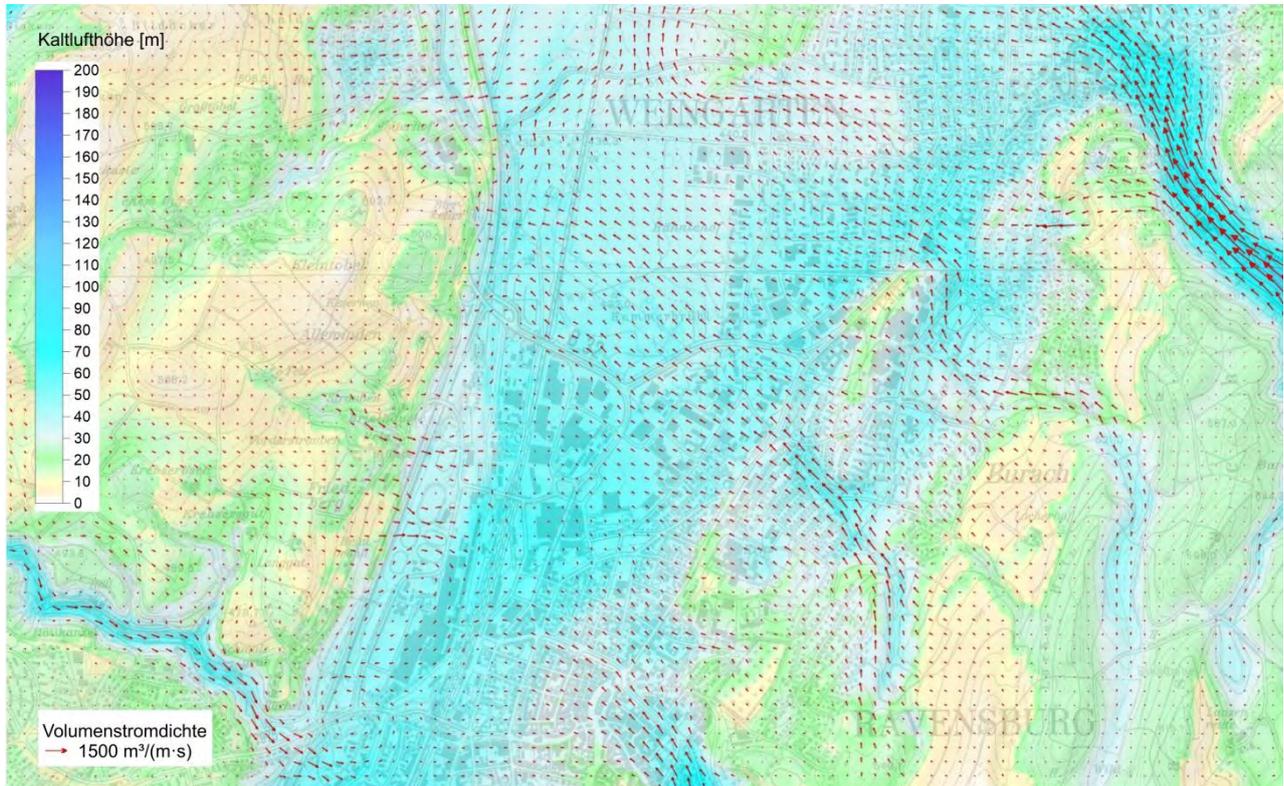


Abbildung 10-1: Volumenströme und Kaltluftmächtigkeiten eine Stunde nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse (oben) und 5 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse (unten).

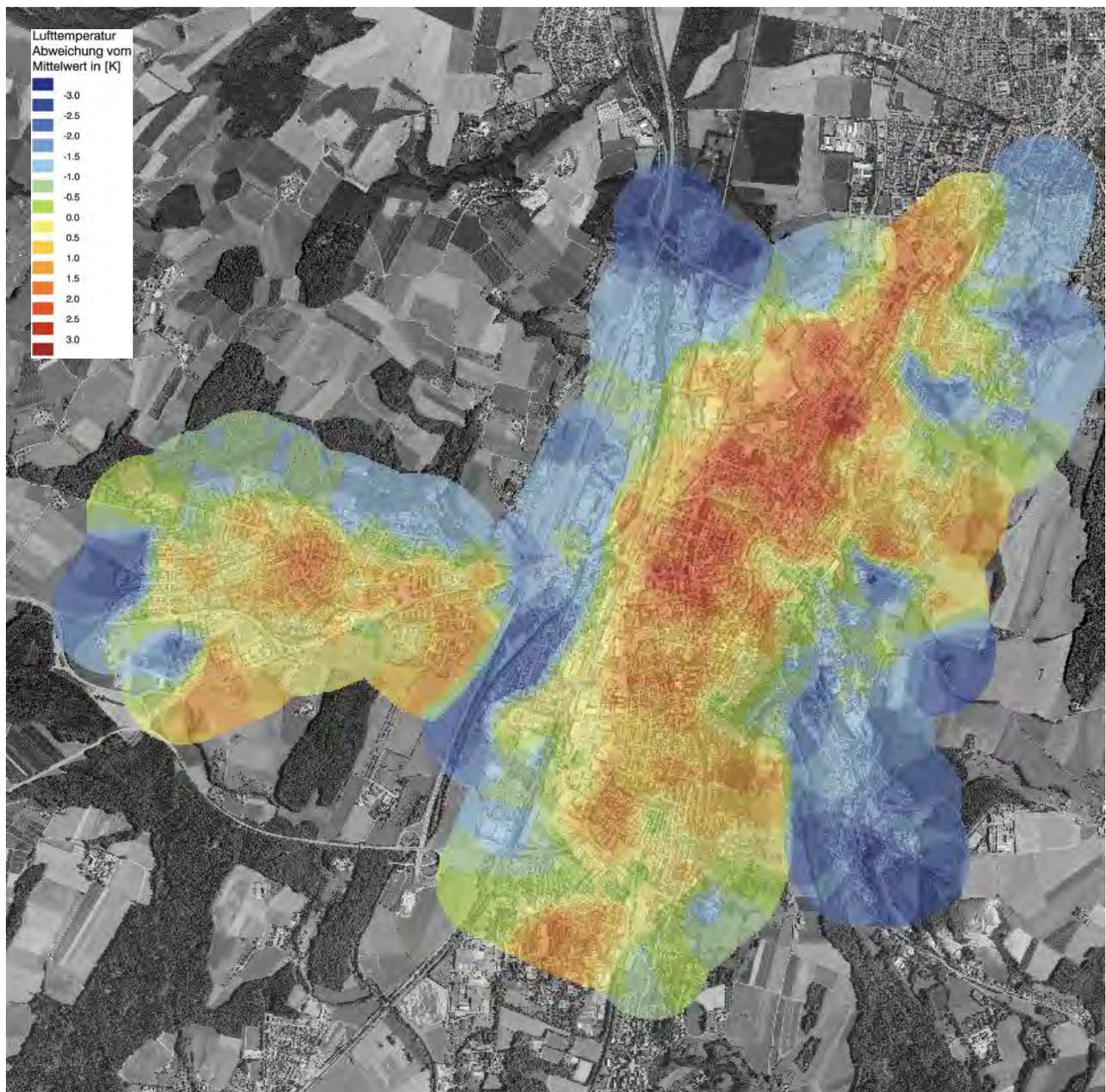


Abbildung 10-2: Thermalkarte 21.07.2009 ca. 22:30 Uhr. Abweichungen vom Mittelwert aus flächiger Interpolation der Temperaturen der Messfahrten. (Quelle: Prof. Schwab)

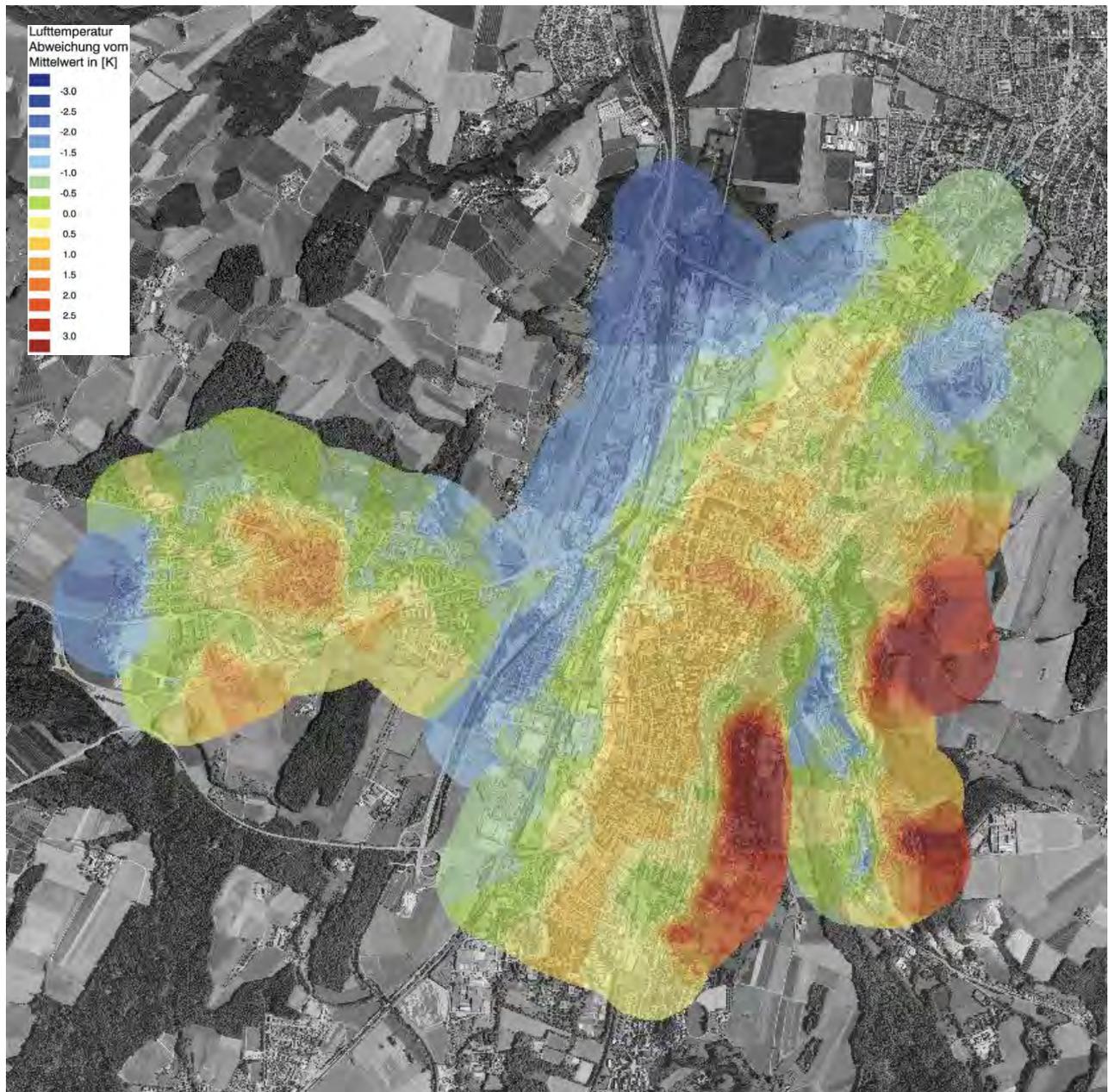


Abbildung 10-3: Thermalkarte 22.07.2009 ca. 05:20 Uhr. Abweichungen vom Mittelwert aus flächiger Interpolation der Temperaturen der Messfahrten. (Quelle. Prof. Schwab)