

**Auftraggeber:** H2R GmbH & Co. KG  
Rossbachstraße 9  
88212 Ravensburg

**Bestandserhebung Klima zu der geplanten  
Überbauung des Rinker Areals in Ravensburg sowie  
Empfehlungen für den Architekturwettbewerb**

**Projekt-Nr.:** 17-03-24-FR

**Umfang:** 14 Seiten

**Datum:** 12. Mai 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](mailto:roeckle@ima-umwelt.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Situation und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
2.1	Relevante Wetterlagen	3
2.2	Entstehung von Kaltluftabflüssen	3
2.3	Zeitlicher Verlauf von Kaltluftabflüssen	4
2.4	Häufigkeit von Kaltluftabflüssen	4
<b>3</b>	<b>Standort und örtliche Gegebenheiten</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Planung</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Bestandssituation</b>	<b>8</b>
5.1	Thermische Verhältnisse	8
5.2	Durchlüftung und Kaltluftabflüsse	10
<b>6</b>	<b>Auswirkungen</b>	<b>12</b>
6.1	Thermische Verhältnisse	12
6.2	Durchlüftung und Kaltluftabflüsse	12
<b>7</b>	<b>Planungsempfehlungen</b>	<b>12</b>
7.1	Durchlüftung	12
7.2	Kaltluftproduktion	13
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>14</b>

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die H2R GmbH & Co. KG überplant das Rinker Areal in Ravensburg. Der Standort liegt im Einzugsbereich Flappachtals, dessen Kaltluftstrom die Kernstadt von Ravensburg in den Abend- und Nachtstunden belüftet.

Die Bestandssituation wird anhand von Untersuchungen des Regionalverbands Bodensee-Oberschwaben (Regionale Klimaanalyse Bodensee-Oberschwaben – REKLIBO, 2008-2009) und eigenen Untersuchungen im Raum Ravensburg dargestellt. Relevant ist vor allem die nächtliche Kaltluftabflusssituation.

Die Auswirkungen einer zukünftigen Überplanung des Geländes werden abgeschätzt. Zur Reduzierung unerwünschter Auswirkungen werden Minderungsmaßnahmen empfohlen. So hängen beispielsweise die Auswirkungen auf die Durchlüftung von der Bebauungshöhe, der Bebauungsdichte und der Ausrichtung der Gebäude ab. Die Empfehlungen können in die Ausschreibung für den Architektenwettbewerb übernommen werden.

Da das überplante Gebiet derzeit bebaut und überwiegend versiegelt ist, ergeben sich hinsichtlich der Kaltluftproduktion und der thermischen Belastungen kaum Auswirkungen. Gegebenenfalls können sogar Verbesserungen erzielt werden.

## 2 Einführung

### 2.1 Relevante Wetterlagen

Bei Wetterlagen, welche durch eine großräumige Verteilung von Tiefdruckgebieten geprägt sind, herrschen in der Regel gute Austauschbedingungen. Lokal macht sich im Wesentlichen die Orographie bemerkbar. So treten in Tallagen z.B. Kanalisierungen der Strömung auf. Temperaturunterschiede zwischen bebauten und unbebauten Flächen sind vergleichsweise gering.

Hochdruckwetterlagen können dagegen mit geringen übergeordneten Windgeschwindigkeiten und geringer Bewölkung verbunden sein. Bei dieser so genannten autochthonen Wetterlage stellt sich meist ein ausgeprägter Tagesgang der Temperatur ein. Aufgrund des geringen großräumigen Luftaustausches prägen die lokalen topographischen Verhältnisse (sowohl das Geländere relief als auch die Realnutzung) das Geschehen.

In reliefiertem Gelände bilden sich tagesperiodische Windsysteme aus. In den Tagstunden tal- und hangaufwärtsgerichtete, meist böige Winde, in den Nachtstunden dagegen Kaltluftabflüsse. In Ebenen sind insbesondere nachts nur geringe Strömungen vorhanden. Deshalb zählen Kaltluftabflüsse in gegliedertem Gelände zu den klimatischen Gunstfaktoren einer Region.

### 2.2 Entstehung von Kaltluftabflüssen

In klaren windschwachen Nächten ist die Energieabgabe der Boden- und Pflanzenoberflächen aufgrund der Wärmeausstrahlung größer als die Gegenstrahlung der Luft. Dieser Energieverlust verursacht eine Abkühlung der Boden- und Pflanzenoberfläche, so dass die Bodentemperatur niedriger als die Lufttemperatur ist. Durch den Kontakt zwischen dem Boden und der Umgebungsluft bildet sich somit eine bodennahe Kaltluftschicht. Diese ist umso ausgeprägter, je nega-

tiver die Strahlungsbilanz, je geringer die Wärmezufuhr aus den tieferen Bodenschichten und je schwächer der Luftaustausch mit der darüber liegenden Atmosphäre ist.

In ebenem Gelände bleibt die bodennahe Kaltluft an Ort und Stelle liegen. In geneigtem Gelände setzt sie sich infolge von horizontalen Dichteunterschieden (kalte Luft besitzt eine höhere Dichte als warme Luft) hangabwärts in Bewegung. Dieser Prozess ist von der Hangneigung und dem Dichteunterschied abhängig. Die Reibungskraft bremst die abfließende Luft. Die beschriebenen Vorgänge sind in der Regel zeitlich nicht konstant, d.h. es kommt zu „pulsierenden“ Kaltluftabflüssen.

In Geländeeinschnitten fließen die Hangabwinde zusammen und es kann ein mehr oder weniger mächtiger Talabwind (= Bergwind) entstehen. Die vertikale Mächtigkeit des Talabwinds und die Geschwindigkeit hängen im Wesentlichen von der Fläche des Einzugsgebiets, der Kaltluftproduktionsrate, dem Talgefälle und den „Rauigkeiten“ im Talbereich ab. Die Fließrichtung wird durch die Geländeform bestimmt. Als Leitlinien dieses Kaltluftabflusses treten talwärts führende Einsenkungen des Geländes wie z.B. Seitentäler, Schluchten und Rinnen in Erscheinung.

In tiefer gelegenen konkaven Geländeformen wie z.B. in Tälern, Talkesseln, Schluchten und Mulden kann sich die Kaltluft sammeln und es kann sich ein Kaltluftsee ausbilden. In dieser stagnierenden Kaltluft können sich intensive Inversionen ausbilden, die den vertikalen Luftaustausch deutlich reduzieren.

Die Kaltluftentstehung und der Kaltluftabfluss hängen somit von folgenden Faktoren ab:

- meteorologische Verhältnisse,
- Flächennutzung,
- Geländeform und -exposition.

### **2.3 Zeitlicher Verlauf von Kaltluftabflüssen**

Hangabwinde setzen ein, wenn sich der Erdboden deutlich abkühlt. Dies ist, abhängig von der Exposition des Hanges, in den Nachmittags- und Abendstunden der Fall. An nicht-besonnten Hängen setzen die Hangabwinde bereits vor Sonnenuntergang ein. Sie dauern die Nacht über an, sofern sie nicht von einem stärkeren Bergwind (Talabwind) überlagert werden. Wenn der Hang am Morgen wieder besonnt wird, endet der Hangabwind.

Bergwinde setzen gegenüber den Hangabwinden später ein. Sie beginnen meist erst nach Sonnenuntergang. In den Morgenstunden dauern sie länger an.

### **2.4 Häufigkeit von Kaltluftabflüssen**

Kaltluftabflüsse treten bei windschwachen und gleichzeitig wolkenarmen Wetterlagen auf, da in diesen Fällen gute Ausstrahlungsbedingungen vorliegen und die bodennah gebildete Kaltluftschicht nicht durch Turbulenzen zerstört wird.

In großen Tälern bilden sich Bergwinde auch bei Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten und selbst bei teilweise bewölktem Wetter aus. So tritt der Freiburger Höllentäler auch dann noch auf, wenn die Windgeschwindigkeiten im Feldbergniveau (1500 m) bis ca. 7 m/s betragen. Bei höheren Windgeschwindigkeiten kann der Bergwind nicht mehr entstehen, da die Höhen-

strömung bis zum Boden durchgreift und die Kaltluft auflöst. Basierend auf diesen Randbedingungen kann abgeschätzt werden, dass in ca. 40% der Nachtstunden mit Bergwinden zu rechnen ist.

Die geringmächtigeren Hangabwinde reagieren wesentlich empfindlicher auf übergeordnete Strömungen. In windgeschützten Lagen (z.B. Waldschneisen) bilden sich Kaltluftabflüsse häufig aus, während in exponierten Lagen nur bei ausgesprochen schwachwindigen Strahlungswetterlagen ein ausgeprägter Abfluss auftritt. Heldt und Höschele (1989) geben an, dass bei Windgeschwindigkeiten, die in 50 m über Grund mehr als 5 m/s betragen, praktisch nur noch in geschützten Tälern Hangwinde auftreten, während bei weniger als 3 m/s die Hangwind-Wahrscheinlichkeit auf überdurchschnittliche Werte ansteigt. Auch der Tagesgang der Temperatur ist mit dem Kaltluftabfluss korreliert. Falls die Differenz der Maximal- und Minimaltemperatur innerhalb eines Tages mehr als 10°C beträgt, ist die Auftretswahrscheinlichkeit von Hangabwinden überdurchschnittlich hoch.

Dieser Befund wird auch durch den Jahresgang der Auftretswahrscheinlichkeit bestätigt. Das Maximum von Kaltluftabflüssen wird im Spätsommer/Frühherbst beobachtet. In den Wintermonaten ist die Wahrscheinlichkeit, auch aufgrund der Nebellagen, am geringsten.

### **3 Standort und örtliche Gegebenheiten**

Das Plangebiet befindet sich ca. 1,1 km südöstlich des Stadtzentrums von Ravensburg im Flappachtal (vgl. topographische Karte in Abbildung 3-1).

In Abbildung 3-2 ist eine Schrägansicht aus Süden dargestellt. Es handelt sich um ein Luftbildaufnahme aus 2016.

Das überplante Gelände liegt am Osthang des Tales auf einer ausgeprägten Geländestufe. Im Osten und Westen schließen Waldbestände an. Im Talgrund befinden sich hauptsächlich Ein- und Mehrfamilienhäuser. Nördlich und südlich schließt ebenfalls Bebauung an.

Abbildung 3-3 zeigt das geschummerte Geländemodell.

In Abbildung 3-4 ist das Luftbild dargestellt. Das Gelände ist überwiegend mit den Hallen und Funktionsgebäuden bestanden. Daraus ergibt sich, dass das Plangebiet weitgehend versiegelt ist.

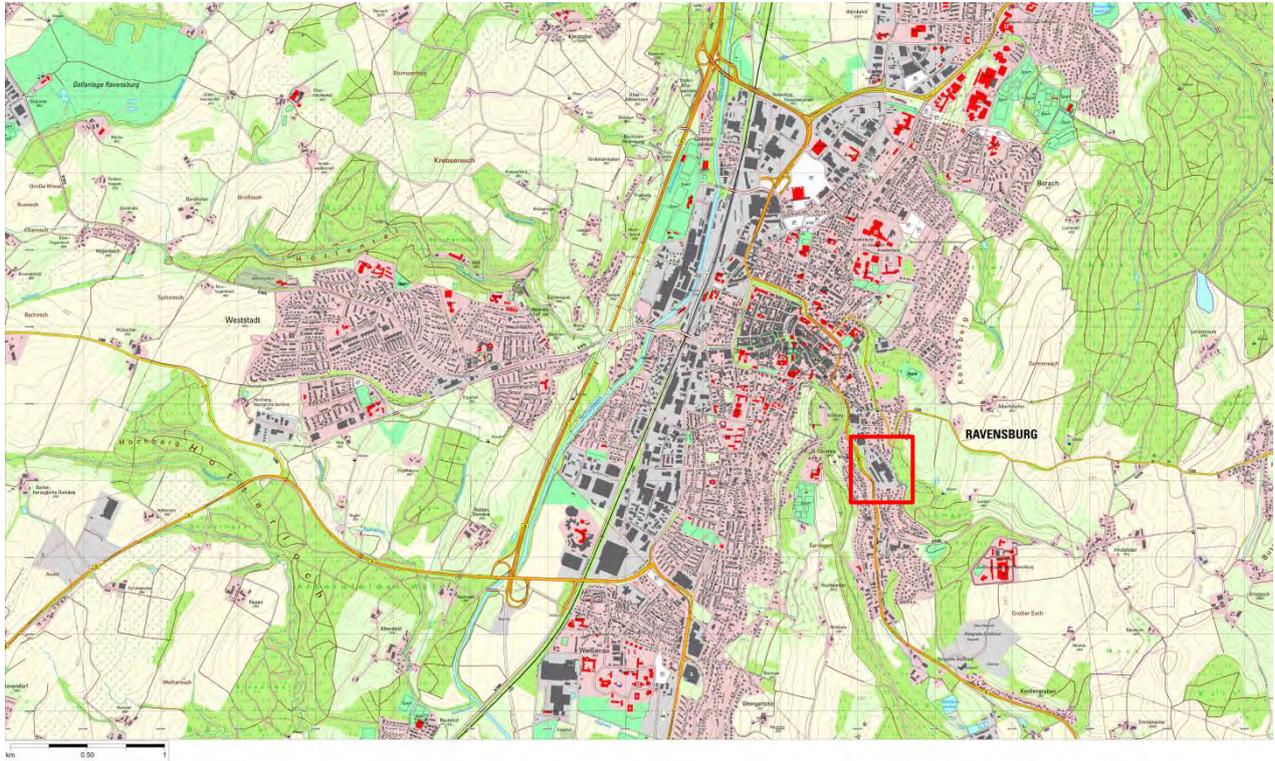


Abbildung 3-1: Ausschnitt aus der topografischen Karte mit Lage des Plangebiets.



Abbildung 3-2: Schrägansicht aus Süden mit Bezug des Plangebiets zur Innenstadt.

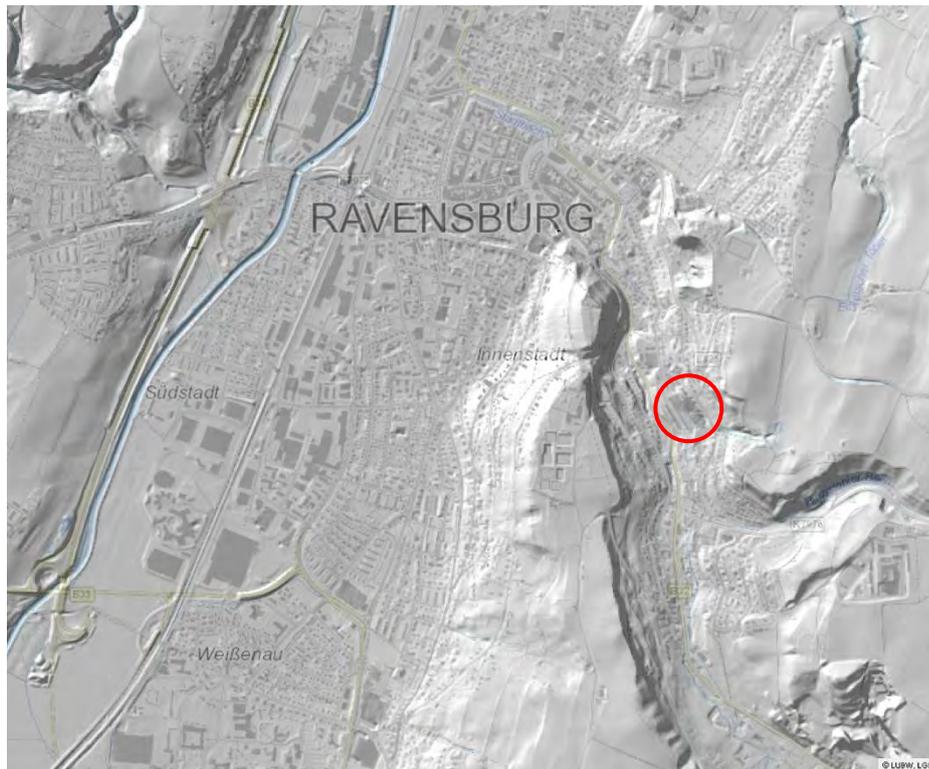


Abbildung 3-3: Geschummertes Geländemodell mit Lage des Plangebiets (roter Kreis).

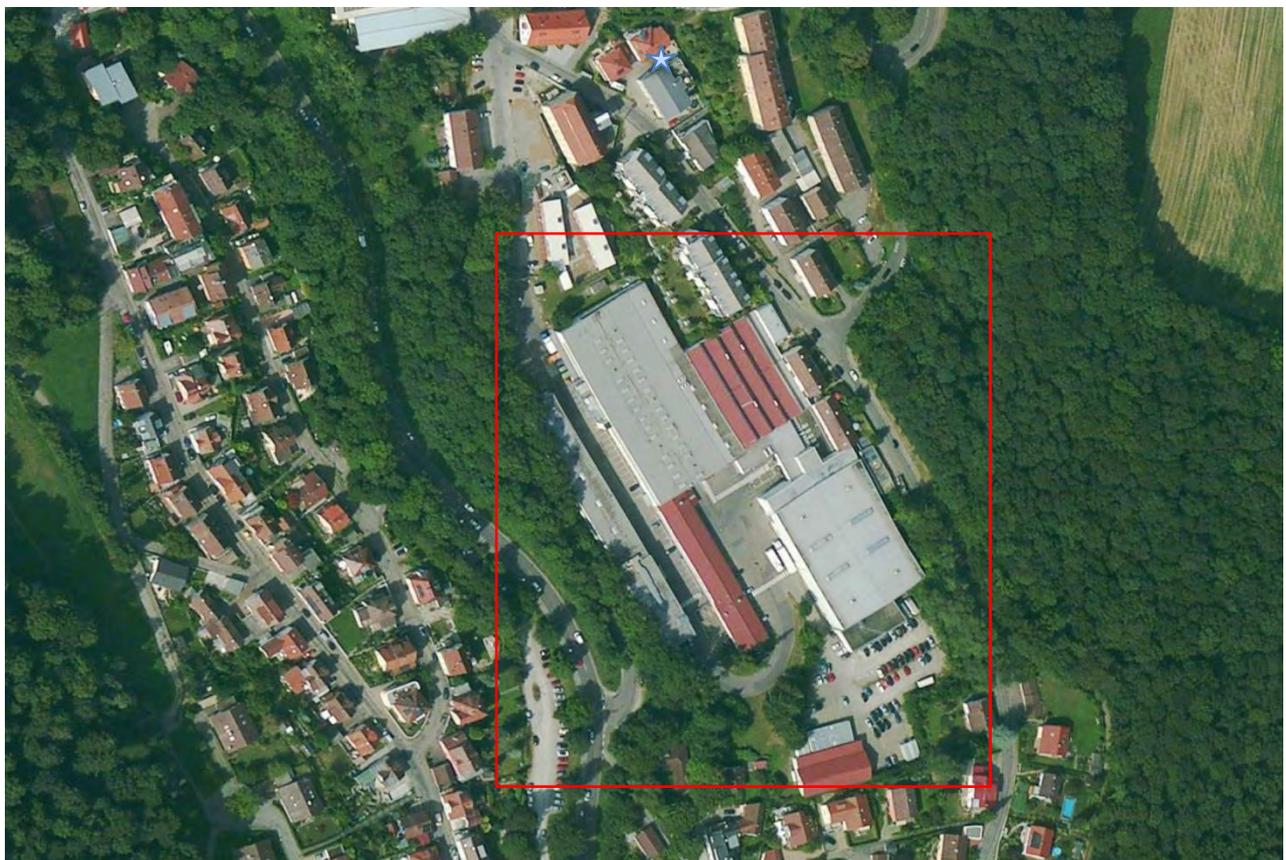


Abbildung 3-4: Luftbild des Plangebiets. (Quelle: Bing-Maps)

## 4 Beschreibung der Planung

In Abbildung 4-1 ist die Abgrenzung des Wettbewerbsgebietes dargestellt. Im Plangebiet soll Wohnbebauung entwickelt werden.

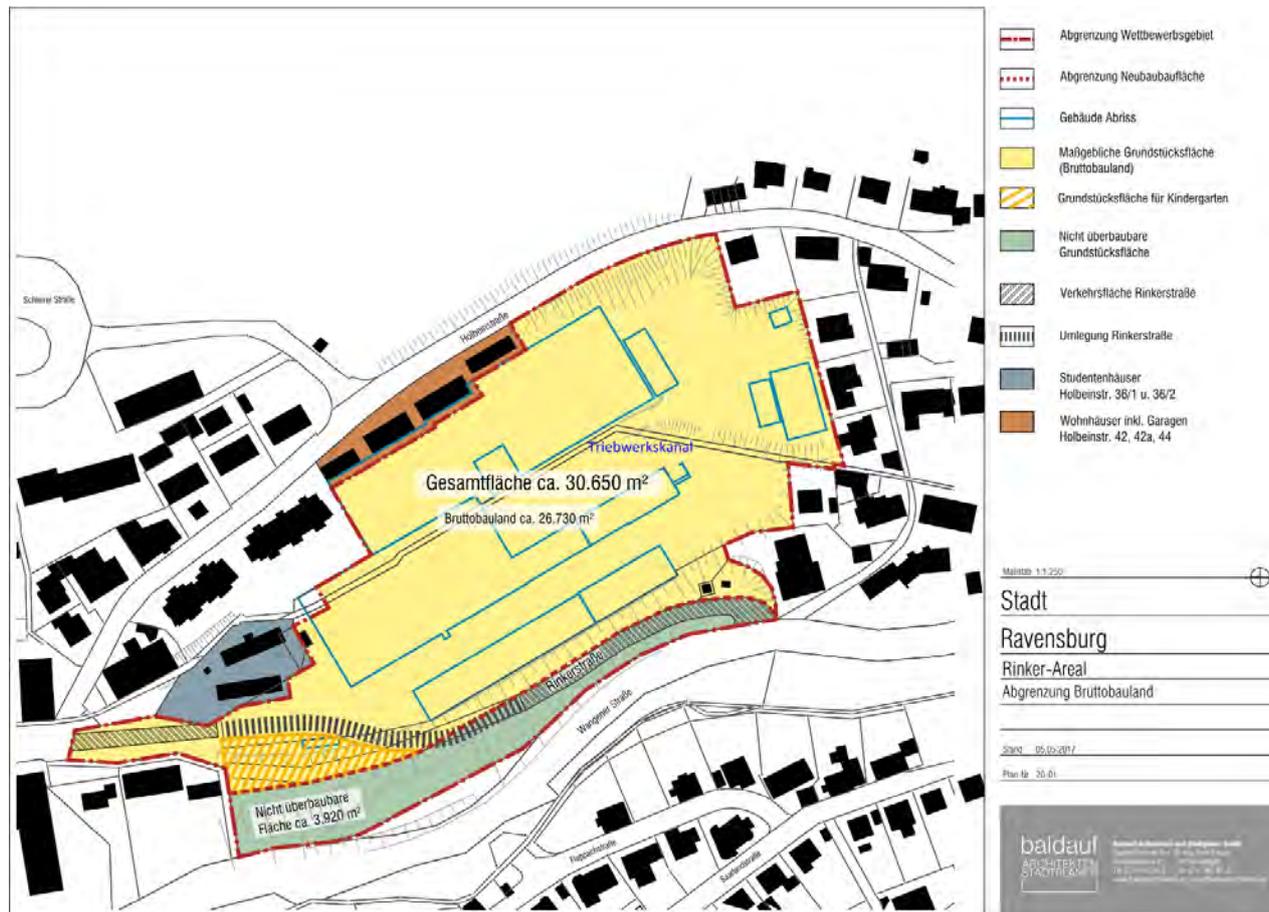


Abbildung 4-1: Abgrenzung des Plangebiets.

## 5 Bestandssituation

### 5.1 Thermische Verhältnisse

Im Rahmen von REKLISCHUB (Schwab, 2009) wurden aus Messfahrten auf verschiedenen Routen durch Ravensburg und Weingarten Thermalkarten erzeugt.

In Abbildung 5-1 sind die Thermalkartierungen im Raum Ravensburg für die Abend- und die Morgenstunden zweier Strahlungstage dargestellt. Die Auswertung erfolgte für die Temperaturabweichungen zum Flächenmittelwert der Lufttemperaturen zu jedem Termin. Orangefarbene bis rote Farben zeigen überwärmte Gebiete, blaue Farben kühlere Bereiche.

In den Abendstunden ergeben sich deutliche Temperaturunterschiede zwischen Umland und den zentralen Siedlungsbereichen. Die maximalen Unterschiede liegen bei etwa 6 K, was den erwarteten Größenordnungen entspricht. Die höchsten Wärmebelastungen findet man in den zentral gelegenen Stadtteilen von Ravensburg und Weingarten und entlang der alten B30. Entlang der

Schussen bildet sich ein kühleres Band aus. In Richtung der Bebauungsperipherie nehmen die Temperaturen ebenfalls ab. In den Morgenstunden haben sich die überwärmten Siedlungsbereiche den anderen Siedlungsbereichen angepasst. Die Temperaturunterschiede zwischen Umland und Stadtzentrum sind zurückgegangen. In den Morgenstunden des 22. Juli 2009 (Abbildung 5-1) treten die höchsten Temperaturen in den oberen Lagen der östlichen Hänge auf. Diese Bereiche ragen aus der Kaltluft heraus, die sich dort bildende Kaltluft fließt noch ins Tal ab und wird durch wärmere Umgebungsluft ersetzt.

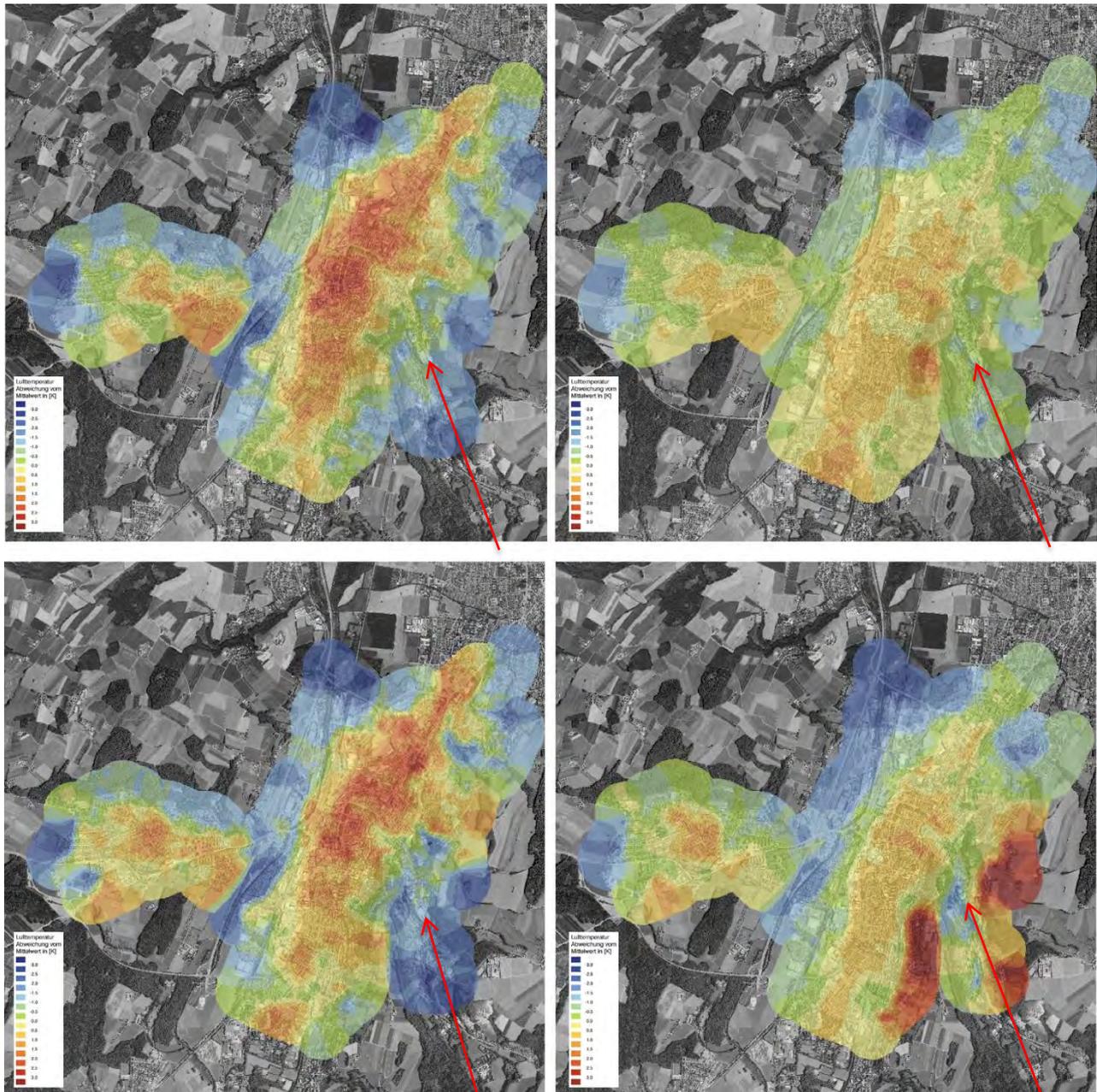


Abbildung 5-1: Thermalkartierung vom 26.07.2009 (links oben), vom 21.07.2009 (links unten) jeweils gegen 22:30 Uhr und vom 27.07.2009 (rechts oben) und vom 22.07.2009 gegen 5:20 Uhr (rechts unten).

Hohe Temperaturen sind im Wesentlichen abhängig von der Bebauungsdichte, dem Versiegelungsgrad, der Bausubstanz und den Grünflächenanteilen. In der Altstadt führen die hohe Bebau-

ungsdichte, die hohe Speicherwirkung der Bebauung und die schlechtere Belüftung zu den höchsten Temperaturen. Zu den Rändern hin nimmt zum einen die Bebauungsdichte ab, zum andern ergeben sich bessere Durchlüftungsverhältnisse, so dass dort die Temperaturen zurückgehen.

Das Flappachtal ist tendenziell kühler als die städtischen Bereiche im Schussental. Insbesondere der Talgrund zeichnet sich durch kühlere Lufttemperaturen aus. Das Plangebiet liegt meist am Rand der kühlen Zone.

## 5.2 Durchlüftung und Kaltluftabflüsse

Täler bedingen eine Kanalisierung der Strömung parallel zum Talverlauf. Am Standort im Flappachtal treten deshalb hauptsächlich Winde aus Süd bis Südsüdost auf.

Kaltluftabflüsse stellen sich bei windschwachen und wolkenarmen Wetterlagen ein. In gegliedertem Gelände bewirken die Kaltluftabflüsse einen Luftaustausch, der vor allem in den lufthygienisch und thermisch belasteten Tallagen von Bedeutung ist.

In Abbildung 5-2 sind die Kaltluftabflussverhältnisse in einem Ausschnitt aus dem REKLIBO-Bericht dargestellt. Am Standort (Pfeil) ist in den Nachtstunden mit südlichen Windrichtungen zu rechnen.

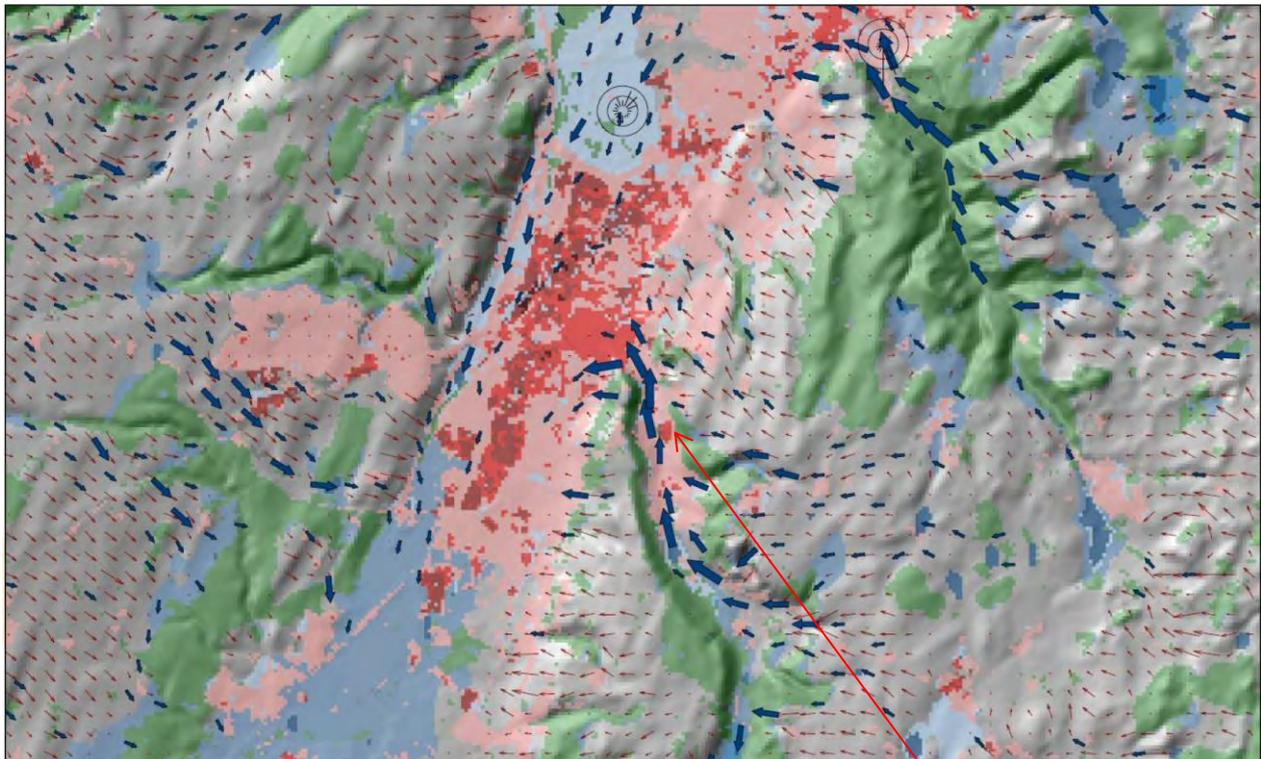


Abbildung 5-2: Ausschnitt aus der Kaltluftabflusskarte des Regionalverbands.

In Abbildung 5-3 sind gemessene Windrichtungsverteilungen für wolkenarme und windschwache Nachtstunden dargestellt. Am Standort bzw. am Ausgang des Flappachtals wurden keine Messungen durchgeführt. Die im Tal weiter talaufwärts gelegene Messstelle zeigt hauptsächlich talabwärts gerichtete Strömungen an.

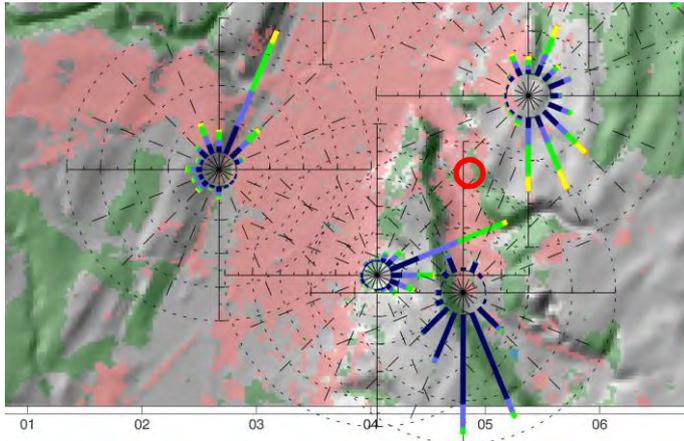


Abbildung 5-3: Windrosen im Umfeld des Plangebiets (rot)

Hochaufgelöste Berechnungen der Kaltluftabflüsse, die im Rahmen von Untersuchungen in Ravensburg durchgeführt wurden, zeigen die Strömungsverhältnisse im Bereich des Plangebiets.

In Abbildung 5-4 sind die Volumenströme als Maß für die Intensität der Strömung und die Höhen der fließenden Kaltluft für die Abendstunden dargestellt.

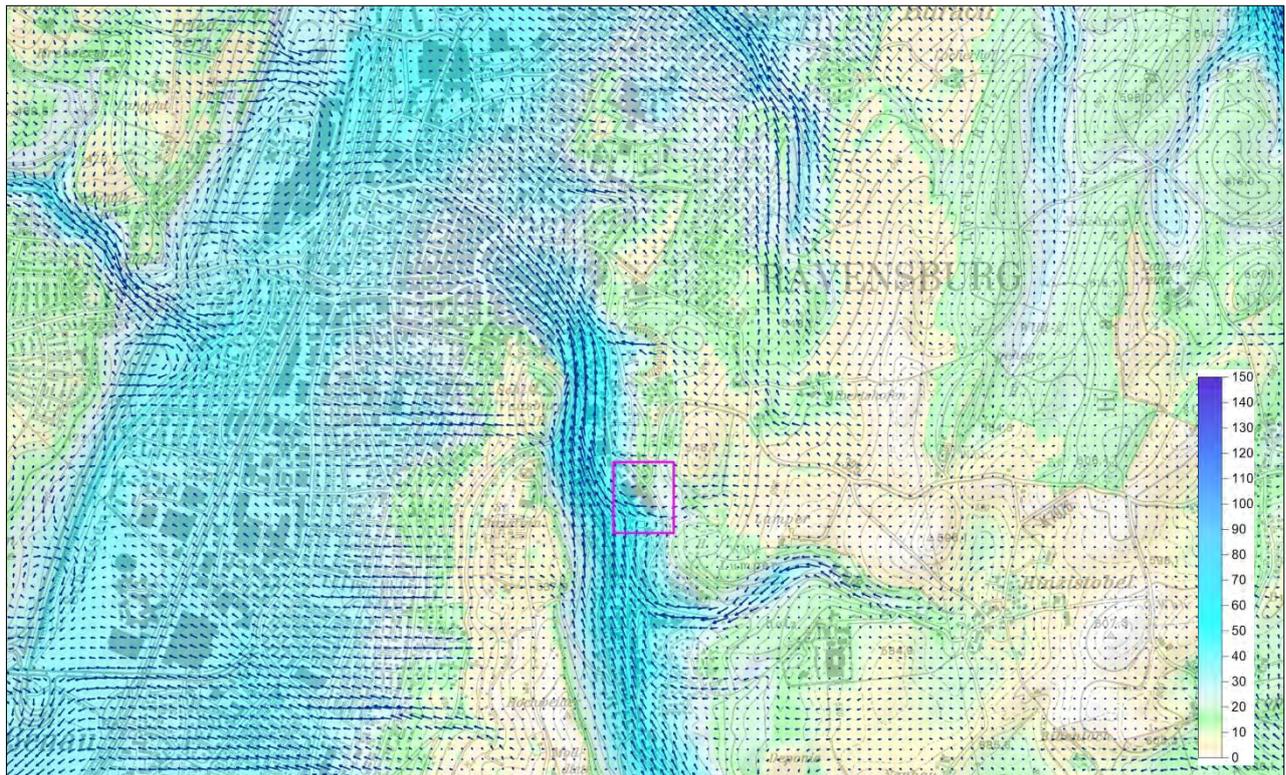


Abbildung 5-4: Volumenströme und Kaltfluthöhe zu Beginn der Nacht.

Das Plangebiet wird durch Hangabwinde von den östlichen Hanglagen belüftet. Der intensivste Kaltluftstrom stellt sich im südlichen Bereich des Plangebiets ein. Die Kaltluftmächtigkeiten liegen im Plangebiet bei ca. 20 m bis 30 m.

Im Laufe der Nacht intensiviert sich der Talabwind (Abbildung 5-5). Dies führt im Plangebiet zu einer südlichen Strömung. Die Kaltluftmächtigkeiten liegen dann bei ca. 40 bis 50 m.

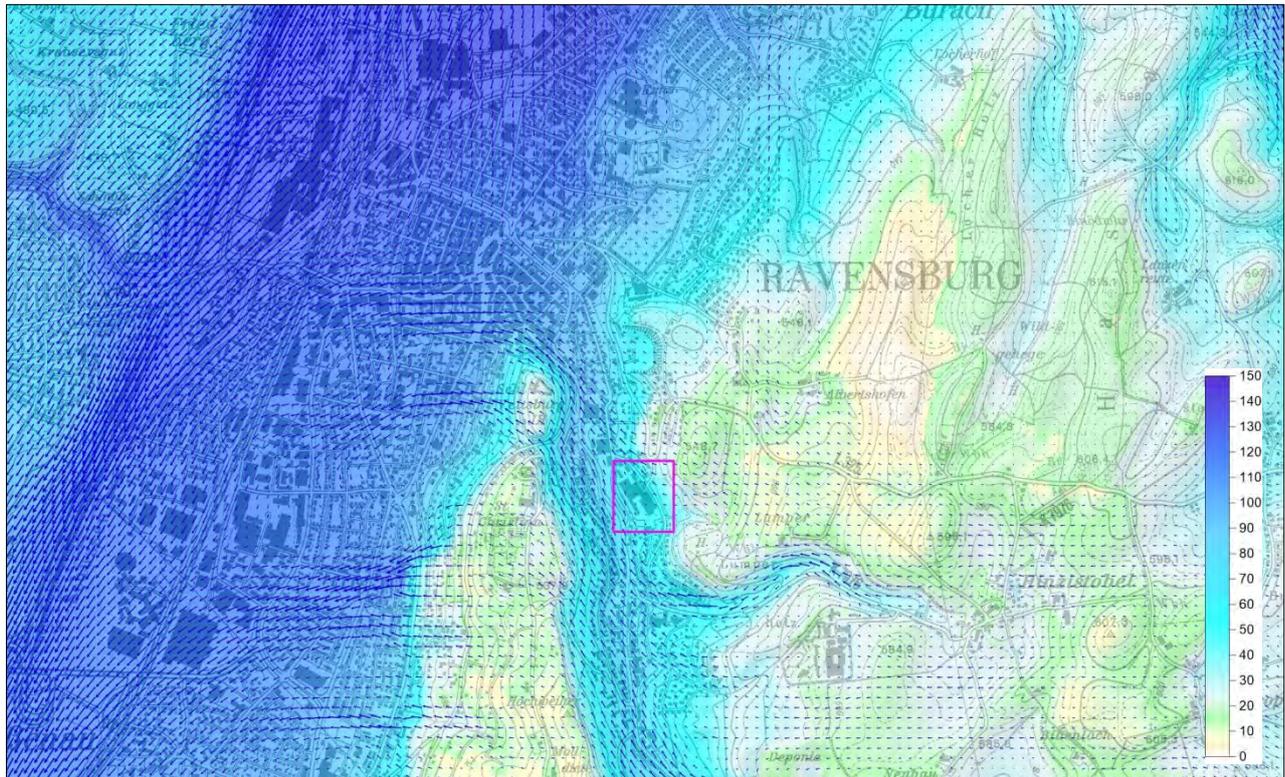


Abbildung 5-5: Volumenströme und Kaltfluthöhe im weiteren Verlauf der Nacht.

## 6 Auswirkungen

### 6.1 Thermische Verhältnisse

Die bestehende Bebauung mit dem hohen Versiegelungsgrad stellt eine starke Vorbelastung dar. An Strahlungstagen heizen sich Gebäude und versiegelte Flächen stark auf. Durch die Tallage mit abendlicher und nächtlicher Kaltluftbildung und Kaltlufttransport kühlt die Luft aber im Vergleich zur Innenstadt gut ab.

Im Planfall ist von einem geringeren Versiegelungsgrad auszugehen. Auch dürften die Gebäude nach aktuellen EnEV-Standards errichtet werden, so dass die Wärmespeicherung der Gebäude geringer als im Istzustand ist.

Weitere Minderungsmaßnahmen könnten Dachbegrünungen darstellen.

### 6.2 Durchlüftung und Kaltluftabflüsse

Die bodennahe Durchlüftung wird sich durch eine offenere Bebauung verbessern. Insbesondere die abendlichen Hangabwinde können das Plangebiet besser durchströmen, als im Istzustand.

## 7 Planungsempfehlungen

### 7.1 Durchlüftung

Die Kaltluft, die an den östlich des Plangebiets liegenden Hängen gebildet wird, fließt in den Abendstunden dem Hanggefälle folgend ab. Um diese vertikal weniger mächtige Kaltluft durch das Plangebiet strömen zu lassen, sollte keine nord-süd-verlaufende Riegelbebauung (wie im Bestandsfall) erfolgen.

Bei den nächtlichen Bergwinden liegt die Kaltluftmächtigkeit im Plangebiet bei ca. 45 m. Um diesen Kaltluftstrom möglichst wenig zu behindern, sollten die Bauhöhen maximal 1/3 der Kaltluftmächtigkeit betragen.

Der Kaltluftstrom verfrachtet Emissionen in bebaute und belastete Gebiete. Ein emissionsarmes Heizungskonzept ist anzustreben. Holzfeuerungen (insbesondere mit Stückholz) führen häufig zu Nachbarschaftsbeschwerden. Entsprechende Heizstellen sollten nicht vorgesehen werden.

## 7.2 Kaltluftproduktion

Die Kaltluftproduktion wurde im Bestand durch die nahezu vollständige Versiegelung stark reduziert. Eine Durchgrünung des Plangebiets verbessert diesen Zustand deutlich. Weitere Maßnahmen für eine klimaoptimierte Bebauung sind:

- Reduktion der Wärmespeicherwirkung der Oberflächen, z.B. über geeignete Baumaterialien oder Dach- bzw. Fassadenbegrünung.
- Versiegelungsgrad gering halten, Tiefgaragendächer begrünen; wenig frequentierte Stellplätze mit Rasenbausteinen.
- Anthropogene Abwärme gering halten, d.h. Gebäude nach geltendem EnEV-Standard oder besser vorsehen.

## 8 Zusammenfassung

Die H2R GmbH & Co. KG überplant das Rinker Areal in Ravensburg. Der Standort liegt im unteren Abschnitt des Flappachtals. Der Kaltluftstrom aus dem Flappachtal ist für die abend- und nächtliche Kalt- und Frischluftversorgung der Kernstadt von Ravensburg von Bedeutung. Die Auswirkungen einer Bebauung auf die Kaltluftproduktion und die Durchlüftung sind deshalb zu minimieren.

Durch die flächige Überbauung des Plangebiets mit Hallen und dem hohen Versiegelungsanteil ist die Vorbelastung hoch. Durch eine offene und durchgrünte Bebauung mit verträglichen Bauhöhen kann die lokalklimatische Situation verbessert werden. Hierzu sind insbesondere die Planungsempfehlungen (Kapitel 7) zu beachten.

Freiburg, 12. Mai 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 die Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparungsverordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951) geändert worden ist.

**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

**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

**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](http://www.rvbo.de)).

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