

**B Ergebniskarten**

**Thermalkarte Abend (B1.1), Morgen (B1.2), Tag (B1.3)**

Die Thermalkarten mit der Abstufung in 2 Grad Schritten lassen erkennen, dass die Oberflächentemperaturen einerseits von der Höhenlage des Gebietes bestimmt werden und andererseits von der Landnutzung. So nimmt die Oberflächentemperatur von den niedriger gelegenen Gebieten nördlich von Stuttgart bis zu den höchsten Flächen auf der Schwäbischen Alb im Landkreis Göppingen ab. Wärmer als die Umgebung erscheinen auch die Siedlungsbereiche sowie insbesondere abends und morgens auch höher gelegene Waldgebiete.

Erwartungsgemäß treten die höchsten Temperaturen während des Tagfluges auf. Hier reicht die Spanne der Temperaturen von 20 bis 44 Grad Celsius. Am Abend nach Sonnenuntergang hat der Abkühlungsprozess eingesetzt, und die Temperaturen erreichen nicht mehr als 26 Grad Celsius und liegen in den kältesten Gebieten bereits unter 10 Grad Celsius. Am Morgen vor Sonnenaufgang werden die Minimumtemperaturen erreicht. Die Temperaturspanne bewegt sich dann zwischen Werten unter 6 Grad Celsius und bis zu 24 Grad Celsius.

In der Thermalkarte Tag erscheinen in roten Farbtönen und damit als besonders warm generell die Siedlungsgebiete sowie die niedrig gelegenen Talbereiche. Markant ausgeprägt durch hohe Temperaturen ist beispielsweise das Siedlungsband in den relativ zur Umgebung niedriger gelegenen Verläufen von Filstal und Remstal. Bedingt durch die niedrigere Höhenlage sind auch weite Bereiche nördlich von Stuttgart als sehr warm in roten Farbtönen erkennbar. Deutlich sichtbar ist im gelben Farbton gegenüber den umgebenden in rot erscheinenden Flächen der Verlauf des Neckars. Das Wasser selbst weist deutlich niedrigere Temperaturen als die Umgebung auf.

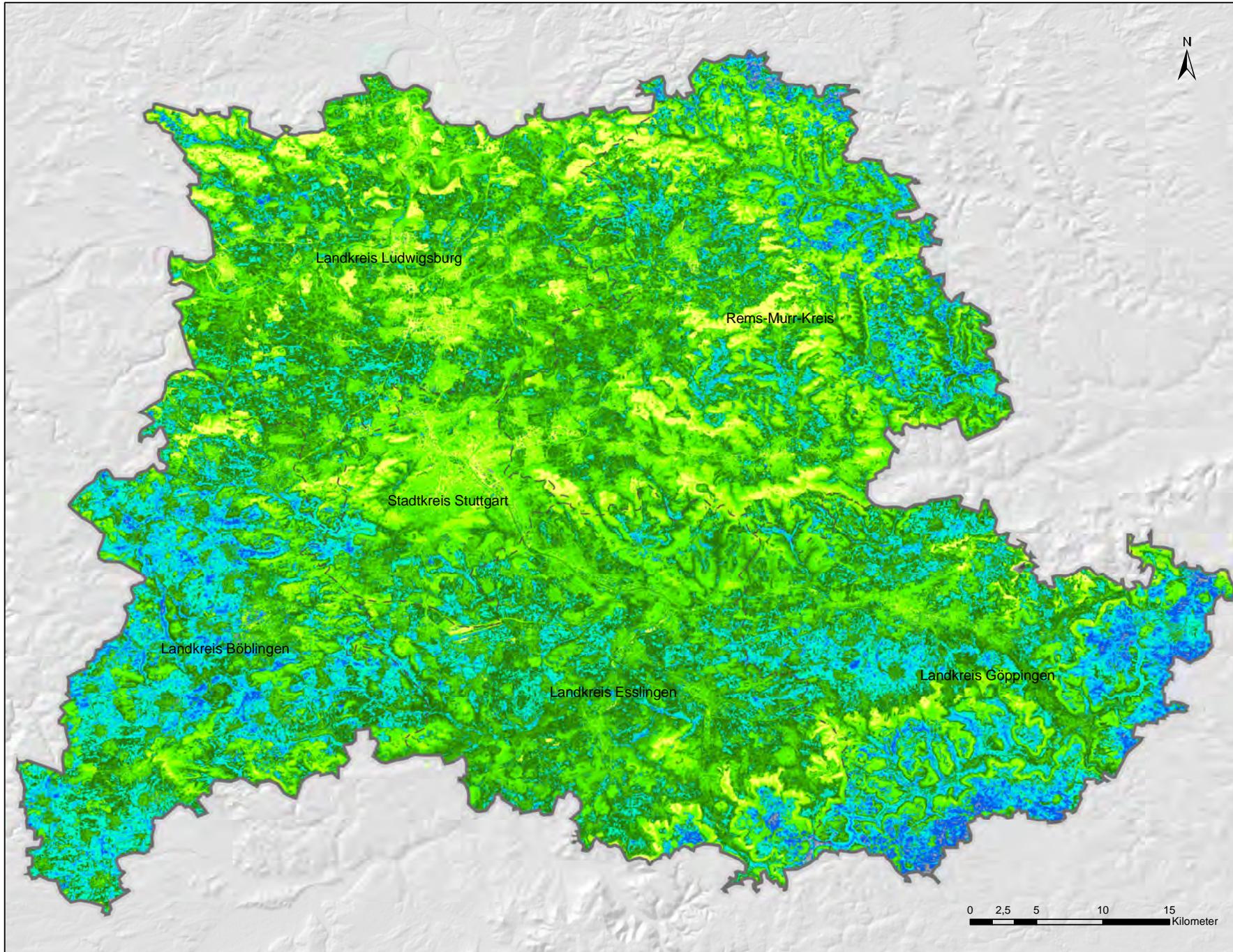
Am Abend nach Einsetzen des Abkühlungsprozesses sind höhere Waldgebiete in Kuppenlage vielfach als die wärmsten Oberflächen sichtbar. Dies wird deutlich durch einen Vergleich der Thermalkarte mit der

Übersichtskarte der Landnutzung (Karte A3.1). Beispiele sind Wälder im Rems-Murr-Kreis und im südlichen Teil des Verbandsgebietes in den Kreisen Esslingen und Göppingen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Wäldern durch thermische Umschichtung die wärmere Luft jeweils im Kronenraum ist und damit als warme Waldoberfläche erscheint. Neben den kälteren höher gelegenen Freiflächen erscheinen auch Vegetationsflächen in den Tallagen durch dort zusammenfließende Kaltluft in blauen Farbtönen und damit als relativ kühl. Beispiel dafür sind Seitentäler, die in das Filstal oberhalb von Geislingen im Kreis Göppingen münden. Dieser Effekt zeigt sich in der Morgenbefliegung zum Zeitpunkt der minimalen Temperaturen noch wesentlich deutlicher.

Auch in der Thermalkarte Morgen sind Wälder in Kuppenlage als besonders warm zu erkennen. Kalte Oberflächen sind neben den höher gelegenen Freiflächen zum Zeitpunkt der stärksten Abkühlung nun auch Tallagen (Kaltluftammelgebiete). Markante Beispiele sind das Glemstal westlich von Stuttgart, das Siebenmühlental südlich von Stuttgart und das Filstal oberhalb von Geislingen im Kreis Göppingen.



Abb. B-1: Siedlungsband entlang dem Filstal



# Klimaatlas Region Stuttgart

## B Ergebniskarte

### 1.1 Thermalkarte - Abend -

Die Thermalkartierung zeigt eine Momentaufnahme der Strahlungsoberflächentemperatur (Infrarotthermografie).  
Abstufung: 2 Grad Schritte

#### Legende

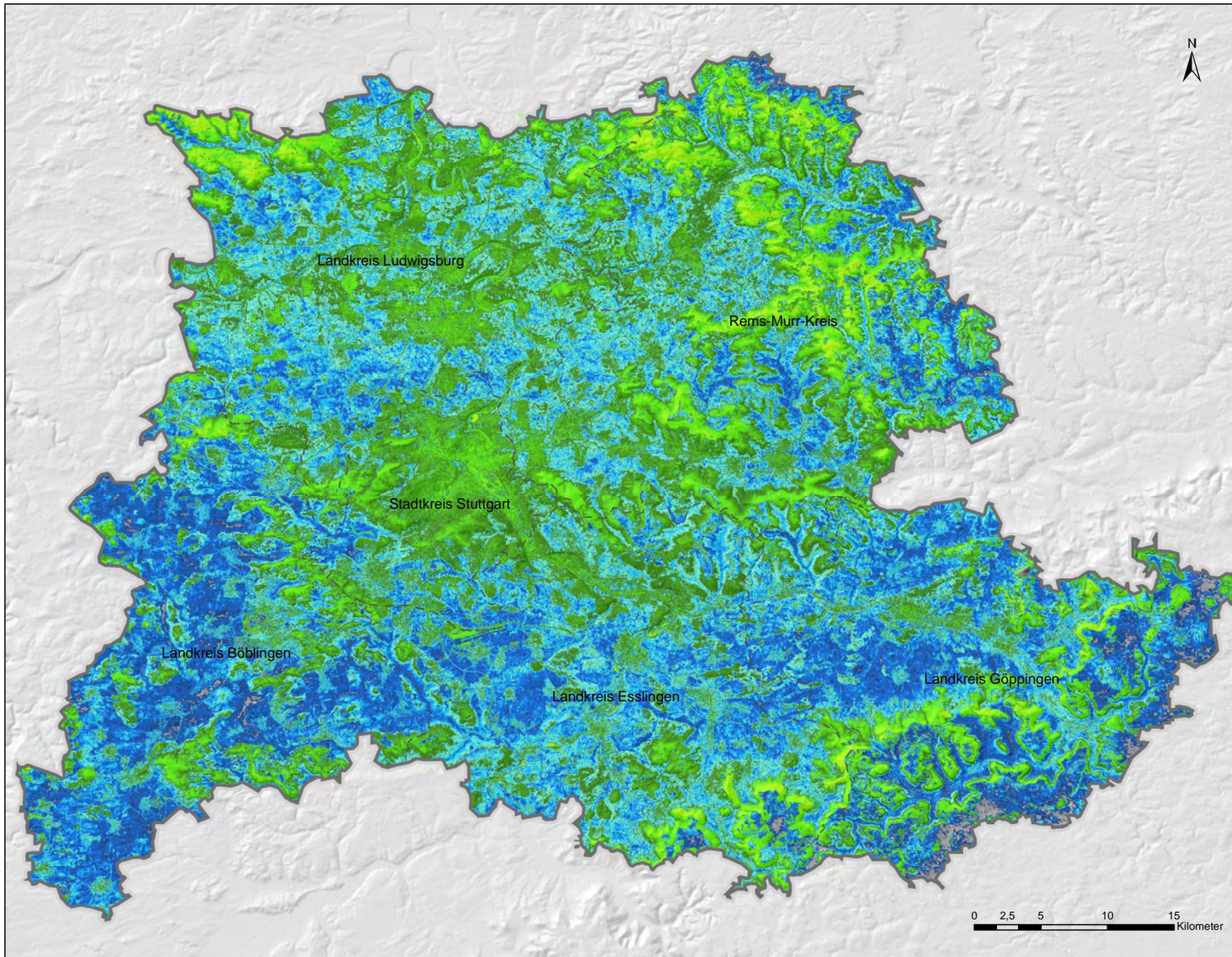
Oberflächentemperaturen  
°C

- > 8 - 10
- > 10 - 12
- > 12 - 14
- > 14 - 16
- > 16 - 18
- > 18 - 20
- > 20 - 22
- > 22 - 24
- > 24 - 26

- Regionsgrenze
- Kreisgrenze

Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spaceteq  
29./30. August 2005  
20:24 - 0:55 MESZ  
DHM, Verwaltungsgrenzen:  
Verband Region Stuttgart, 2005.  
Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.





# Klimaatlas Region Stuttgart

## B Ergebniskarte

### 1.2 Thermalkarte - Morgen -

Die Thermalkartierung zeigt eine Momentaufnahme der Strahlungsoberflächentemperatur (Infrarotthermografie).  
Abstufung: 2 Grad Schritte

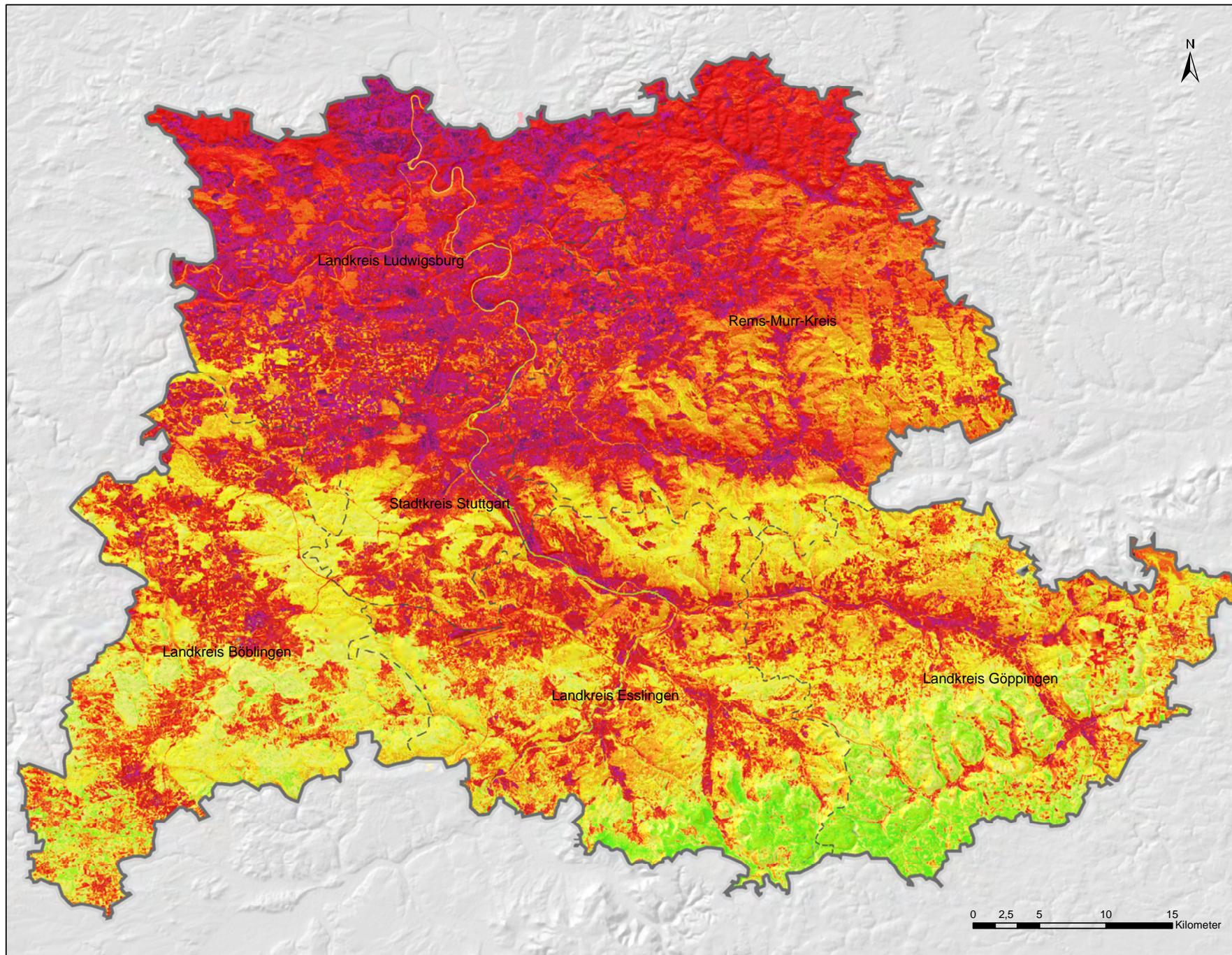
**Legende**  
Oberflächentemperaturen °C

	< 6
	> 6 - 8
	> 8 - 10
	> 10 - 12
	> 12 - 14
	> 14 - 16
	> 16 - 18
	> 18 - 20
	> 20 - 22
	> 22 - 24

- Regionsgrenze
- Kreisgrenze

Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spacetec  
30. August 2005  
2:24 - 6:24 MESZ  
DHM, Verwaltungsgrenzen;  
Verband Region Stuttgart, 2005.  
Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.





# Klimaatlas Region Stuttgart B Ergebniskarte

## 1.3 Thermalkarte - Tag -

Die Thermalkartierung zeigt eine Momentaufnahme der Strahlungsoberflächentemperatur (Infrarotthermografie).  
Abstufung: 2 Grad Schritte

**Legende**  
Oberflächentemperaturen °C

- > 20 - 22
- > 22 - 24
- > 24 - 26
- > 26 - 28
- > 28 - 30
- > 30 - 32
- > 32 - 34
- > 34 - 36
- > 36 - 38
- > 38 - 40
- > 40 - 42
- > 42 - 44

— Regionsgrenze  
- - Kreisgrenze

Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spaceteq  
29. August 2005  
14:04 - 18:45 MESZ  
DHM, Verwaltungsgrenzen;  
Verband Region Stuttgart, 2005.  
Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.



## B Ergebniskarten

### Thermalkarte Abend (B1.4)

Die in 1.3 Grad Schritten angelegte Thermalkarte gibt ein differenziertes Bild der Oberflächentemperaturen im Untersuchungsraum.

Die wärmsten Oberflächen in der Abendkarte sind die Siedlungsflächen und die höher gelegenen Wälder. Die tagsüber durch die Sonnenstrahlung zugeführte Wärme ist in den Baustrukturen gespeichert und wird während der Nacht allmählich wieder abgegeben. Im Stadtgebiet Stuttgart sind beispielsweise einzelne Straßenräume mit ihren Baukörpern noch erkennbar. Aber auch alle anderen Städte, auch kleinere Städte und Gemeinden sind als so genannte Wärmeinseln sichtbar. Beispielhaft seien Ludwigsburg, Backnang, Göppingen, Esslingen, Sindelfingen und Böblingen genannt. Markant ausgeprägt und als stark aufgeheizte Fläche sichtbar ist auch das Rollfeld des Stuttgarter Flughafens.

Die Wälder erscheinen insbesondere dann warm, wenn sie in hügeligem oder bergigem Gelände Kuppenlagen einnehmen. Dabei ist zu beachten, dass die am Tag aufgewärmte Luft im Waldbestand nach Sonnenuntergang durch kühlere Luft nach oben zu den höheren und höchsten Stellen unter das Blätterdach verdrängt wird. Ein Vergleich mit der Übersichtskarte Landnutzung lässt deutlich Beispiele solcher Wälder erkennen, wie im Rems-Murr-Kreis, in den südlichen Bereichen der Landkreise Göppingen und Esslingen und in den Wäldern im Westen von Stuttgart (Rot- und Schwarzwildpark).

Bei den blauen Flächen handelt es sich um Freiflächen, die sich tags nicht so stark aufheizen und bei denen am Abend zum Teil bereits der Abkühlungsprozess eingesetzt hat. Am kältesten sind dabei die höher gelegenen Freiflächen, was beispielsweise im Südosten der Region auf der Schwäbischen Alb erkennbar ist. Durch einsetzende Abkühlungsprozesse können aber auch Talverläufe bereits in blauen Farbtönen und damit kühl erscheinen, wenn in diese Täler Kaltluft fließt und sich dort ggf. auch staut. Gute Orientierungshilfen geben auch Straßen und Fluss-

verläufe, die durch ihre Oberflächentemperaturen markant sichtbar sind, zum Beispiel streckenweise die Autobahnen A8 und A 81 und der Verlauf des Neckars.

### Thermalkarte Morgen (B1.5)

Gegenüber der Thermalkarte Abend überwiegen in der Morgenkarte nach starker nächtlicher Abkühlung zum Zeitpunkt der Minimumtemperaturen im ganzen Verbandsgebiet mehr blaue Farbtöne, was den Abkühlungsprozess gut widerspiegelt. Die wärmsten Flächen sind wie in der Abendkarte Wälder in Kuppenlagen, insbesondere nördlich von Vaihingen/Enz, im Rems-Murr-Kreis und in den südlichen Teilen der Landkreise Göppingen und Esslingen. Warm sind auch zahlreiche Gewässer, wie der Neckar oder auch Seen (Max Eyth See in Stuttgart, Wernauer Baggerseen), die wegen ihrer hohen Wärmekapazität auch während der Nacht Wärme speichern. Auch die Siedlungsräume sind vielfach warm, wenn auch auf niedrigerem Niveau als am Vorabend. Beispielhaft seien die Städte Stuttgart und Ludwigsburg genannt. Kleinere Städte und Gemeinden können unter dem Einfluss von Kaltluft jedoch auch stark abkühlen, so dass ihre Überwärmung vom Tag aufgezehrt wird und sie nicht mehr als Wärmeinsel in der Morgenkarte sichtbar sind, so zum Beispiel zahlreiche Siedlungsräume im Landkreis Böblingen, die sich nunmehr in blauen Farbtönen abbilden.

Der unterschiedliche Grad der Abkühlung von Städten macht deutlich, wie weit der jeweilige Siedlungsraum von lokalen Windsystemen bzw. nächtlichen Bergwinden beeinflusst wird. Beispielsweise ist in der Stadt Ludwigsburg, die im morgendlichen Wärmebild vergleichsweise warm erscheint, der belüftende Einfluss thermisch induzierter Winde reliefbedingt viel kleiner als in Esslingen, Göppingen oder Geislingen.

Sehr stark abgekühlt sind die Freiflächen, insbesondere in höheren Lagen, aber auch manche Talverläufe, die durch Kaltluftflüsse und zum Teil auch Kaltluftstaubereiche gekennzeichnet sind. Sichtbar wird dies beispielsweise im Siebenmühlental, im Filstal mit seinen Zuflüssen oberhalb von Geislingen an der Steige oder im Murratal.

# Klimaatlas Region Stuttgart

## B Ergebniskarte

### 1.4 Thermalkarte - Abend -

Die Thermalkartierung zeigt eine Momentaufnahme der Strahlungsoberflächentemperatur (Infrarotthermografie).

Abstufung: 1,3 Grad Schritte

#### Legende

Oberflächentemperaturen  
°C

	< 7,3
	> 7,3 - 8,6
	> 8,6 - 9,9
	> 9,9 - 11,2
	> 11,2 - 12,5
	> 12,5 - 13,8
	> 13,8 - 15,1
	> 15,1 - 16,4
	> 16,4 - 17,7
	> 17,7 - 19,0
	> 19,0 - 20,3
	> 20,3 - 21,6
	> 21,6 - 22,9
	> 22,9 - 24,2
	> 24,2 - 25,5
	> 25,5 - 26,8

 Regionsgrenze  
 Kreisgrenze

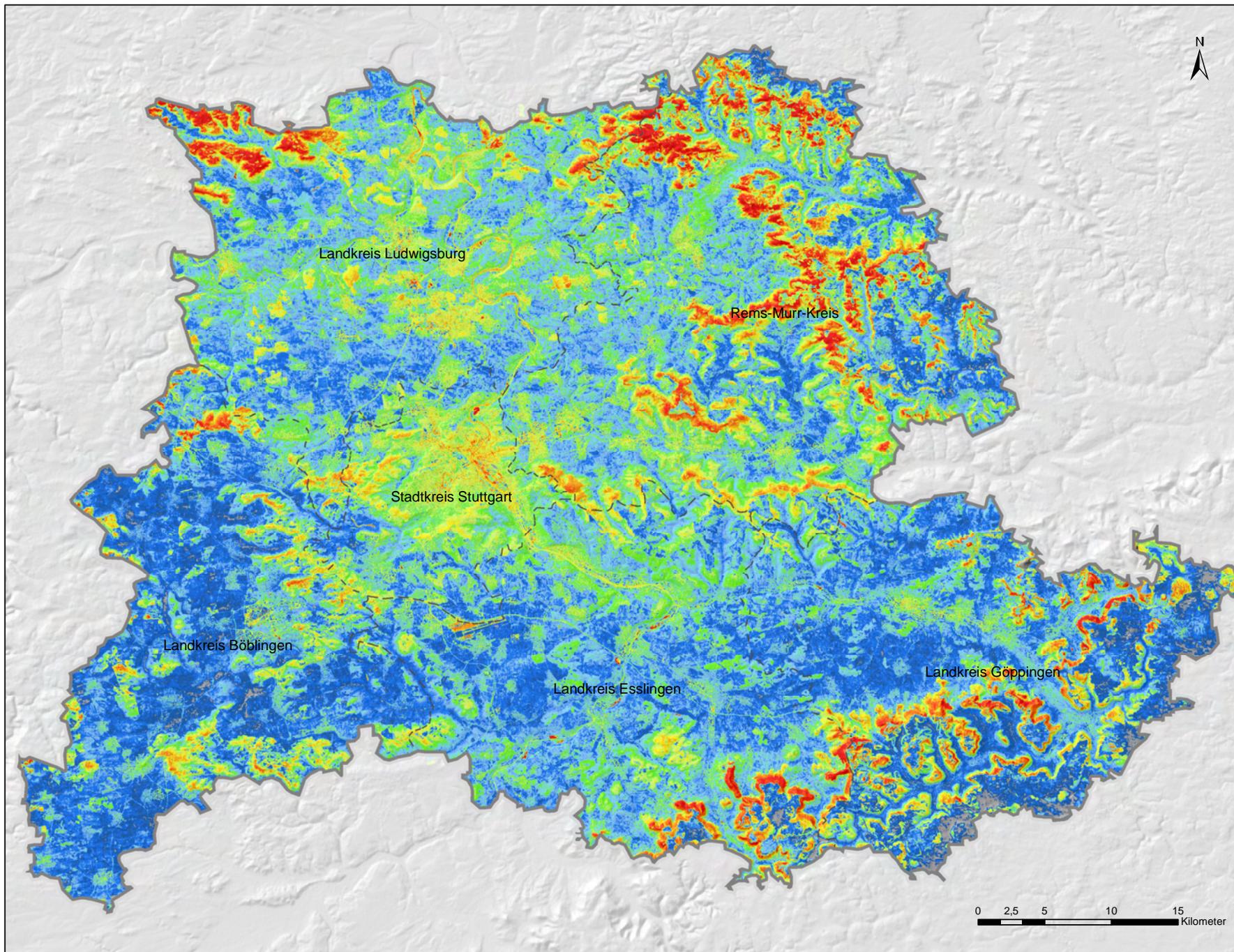
Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spacetec;  
29./30. August 2005  
20:24 - 0:55 MESZ

DHM, Verwaltungsgrenzen;  
Verband Region Stuttgart, 2005.

Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.



0 2,5 5 10 15  
Kilometer



# Klimaatlas Region Stuttgart

## B Ergebniskarte

### 1.5 Thermalkarte - Morgen -

Die Thermalkartierung zeigt eine Momentaufnahme der Strahlungsoberflächentemperatur (Infrarotthermografie).  
Abstufung: 1,3 Grad Schritte

### Legende

- Oberflächentemperaturen  
°C
- < 7,3
  - > 7,3 - 8,6
  - > 8,6 - 9,9
  - > 9,9 - 11,2
  - > 11,2 - 12,5
  - > 12,5 - 13,8
  - > 13,8 - 15,1
  - > 15,1 - 16,4
  - > 16,4 - 17,7
  - > 17,7 - 19,0
  - > 19,0 - 20,3
  - > 20,3 - 21,6
  - > 21,6 - 22,9
  - > 22,9 - 24,2
  - > 24,2 - 25,5
  - > 25,5 - 26,8
- Regionsgrenze  
 Kreisgrenze

Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spacetec  
30. August 2005  
2:24 - 6:24 MESZ  
DHM, Verwaltungsgrenzen:  
Verband Region Stuttgart, 2005.  
Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.



## B Ergebniskarten

### Thermalkarte klassifiziert (B1.6)

Grundlage sind die Thermalkarten Abend und Morgen. Sie zeigen flächendeckend die Temperaturen der Landschaftsoberfläche. Die Temperaturskalen von Abend- und Morgenflug sind einheitlich, damit ein direkter Vergleich anhand der gewählten Farbkodierung möglich ist. Dabei erscheint die Morgensituation aufgrund der nächtlichen Ausstrahlung - mit Ausnahme einzelner Wasserflächen - allgemein kühler als die Abendsituation.

In einer windschwachen Strahlungswetterlage zeigen Oberflächen während der nächtlichen Abkühlungsperiode ein charakteristisches nahezu lineares Abkühlungsverhalten. Sind  $T_1$  und  $T_2$  die Temperaturwerte eines Oberflächenelements in der Abend- bzw. Morgenaufnahme, so lässt sich das Oberflächentemperaturverhalten durch die Parameter Abkühlung  $T = T_1 - T_2$  und die mittlere Temperatur  $T_m = \frac{1}{2} (T_1 + T_2)$  beschreiben.

Auf dieser physikalischen Gesetzmäßigkeit beruht die Herstellung der „Klassifizierten Thermalkarte“, bei der die Aufnahmen der Abend- und Morgensituation digital überlagert und für jedes Bildelement nach obiger Formel die mittlere nächtliche Temperatur und die Abkühlung berechnet werden. Dies geschieht in Form der sogenannten standardisierten multitemporalen Klassifikation, gleichbedeutend mit einer festen Einteilung des Oberflächentemperaturverhaltens in 13 Klassen. Dabei werden die festen Landschaftsoberflächen durch 12 Klassen beschrieben. Jeder Klasse wird eine bestimmte Farbe zugeordnet. Die Farbgebung der Klassen verläuft vertikal mit zunehmenden mittleren Temperaturen von blau über grün und gelb bis rot. Horizontal variiert die Farbintensität mit zunehmender nächtlicher Abkühlung von dunkel nach hell.

Betrachtet man nun die Klassifizierte Thermalkarte, so lassen sich bestimmte Zusammenhänge zwischen Nutzung und Temperaturklasse erkennen. Am auffälligsten sind sicherlich die großen rot-gelben „Kleckse“ besonders im östlichen Teil des Aufnahmegebietes. Dabei handelt es sich nicht - wie die roten Farben eigentlich vermuten lassen - um kräftige Wärmeinseln, sondern um Wälder an den mehr oder weniger steilen

Hängen. Zu sehen ist außerdem eine Konzentration von roten Farben in Stadtgebieten, während im Umland die gelben, grünen und blauen Klassen vorherrschen. In erster Näherung kann man dies als den Gegensatz zwischen der Stadt als Wärmeinsel und dem Freiland als Kaltluftentstehungsgebiet bezeichnen. Bei genauerem Hinsehen lässt sich eine feinere Zuordnung zwischen Nutzung und Oberflächentemperaturverhalten herstellen, wie sie in der Tabelle zusammengefasst wird.

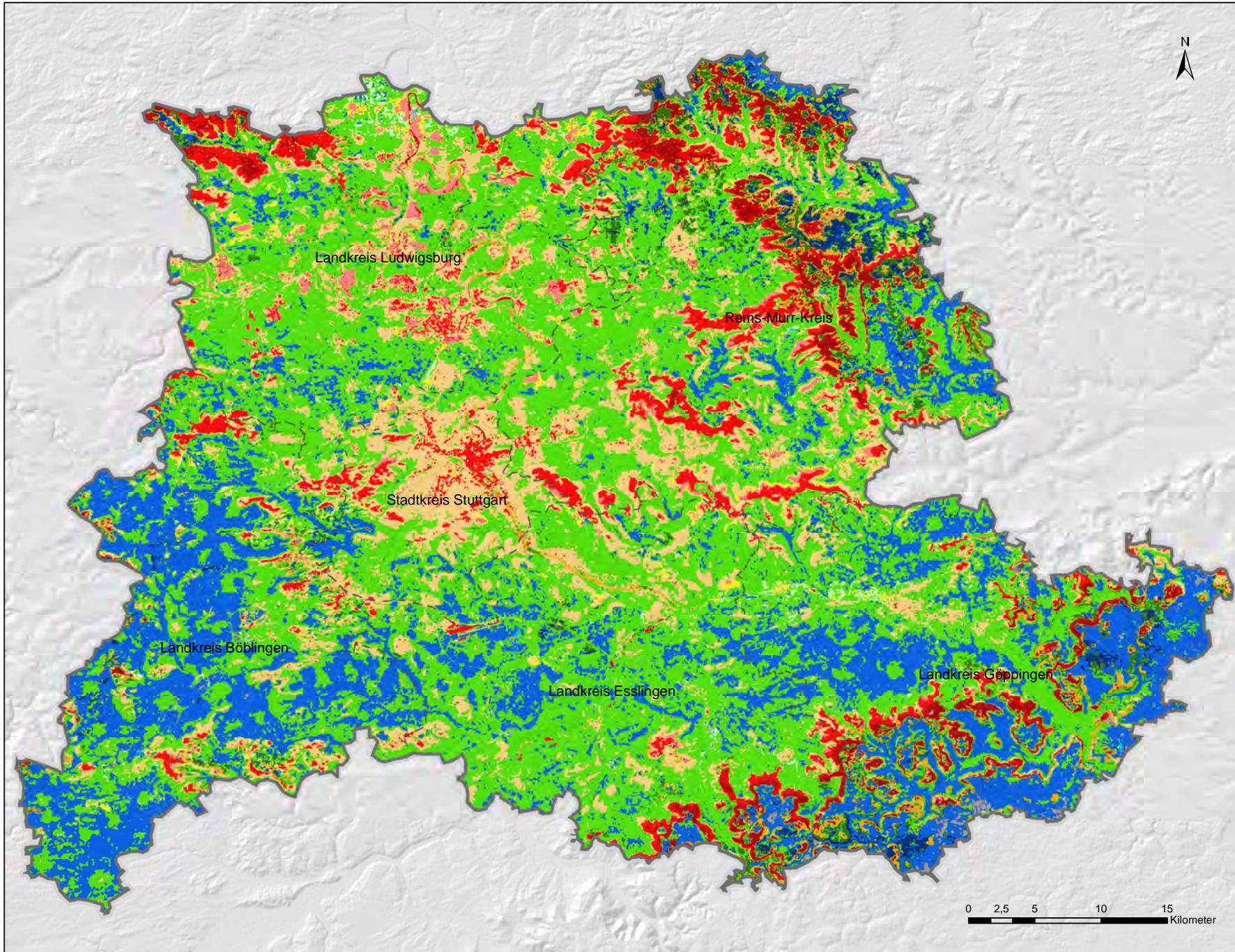
Dabei zeigt sich jedoch auch, dass es keine eindeutige Korrelation zwischen Nutzungsart und Temperaturklasse gibt. So können beispielsweise Straßen sowohl in den roten als auch in den gelben Klassen liegen, je nachdem ob sie in dicht besiedeltem Gebiet liegen oder übers Land führen. Bei Landwirtschafts- und Waldflächen ist die Schwankungsbreite noch größer: von blau über grün bis gelb und rot sind alle Klassen vertreten. Hier sind es vor allem die Faktoren Vegetation, Bodenfeuchte und Geländeform, die das Erscheinungsbild beeinflussen. Damit wird klar, dass man sehr genaue Kenntnisse über das Untersuchungsgebiet benötigt, um keine falschen Aussagen aus Thermalaufnahmen abzuleiten.



Abb. B-2: Der Wald als klimatisch ausgleichendes Element

Temperatur- klasse	Farbcode	Vorkommen
A	sehr helles blau	Wasserflächen
B C D	dunkelrot rot hellrot	kleine Gewässer; Uferbereiche; Straßen in Innenstädten; punktuell in Wäldern am Oberhang und auf Kuppen Straßenzüge in Siedlungen; versiegelte Flächen; Wälder punktuell in Straßenzügen in Siedlungen und in versiegelten Flächen; Wälder im Bereich von Auen
E F G	dunkles gelb gelb helles gelb	Landwirtschaftsflächen im Bereich der Bergstrasse; Waldränder Siedlungsflächen; große Überlandstraßen und Straßen in locker bebauten Siedlungen; Wälder; innerstädtische Parks und sonstige baumbestandene Freiflächen Siedlungsflächen; innerstädtische Gleisanlagen; große Überlandstraßen und Straßen in locker bebauten Siedlungen; Wälder
H I J	dunkel- grün grün hellgrün	Landwirtschaftsflächen im Bereich der Bergstrasse; punktuell in Wäldern Landwirtschaftsflächen; innerstädtische Grünflächen mit niedriger Vegetation (z.B. Sportplätze, Hausgärten); Wälder punktuell in Landwirtschaftsflächen, innerstädtischen Grünflächen mit niedriger Vegetation und Wäldern im Bereich der Rheinaue
K L M	dunkelblau blau hellblau	Landwirtschaftsflächen, bevorzugt in Geländesenken und Flußauen; hochgelegene Waldlichtungen; reflektierende Hallendächer Landwirtschaftsflächen, bevorzugt in Geländesenken und Flußauen; größere innerstädtische Freiflächen; Waldlichtungen; reflektierende Hallendächer punktuell in Landwirtschaftsflächen und größeren innerstädtischen Freiflächen

Tab. B-1: Farbcodierung der Thermalklassifizierung



# Klimaatlas Region Stuttgart

## B Ergebniskarte

### 1.6 Thermalkarte - klassifiziert -

Die klassifizierte Thermal-  
karte zeigt das Abkühlungs-  
verhalten auf der Basis von  
Oberflächenstrahlungstem-  
peraturen am Abend und  
Morgen.



- Legende**
- nicht klassifiziert
  - B Wärmeinsel
  - C Wärmeinsel\*
  - D Wärmeinsel\*\*
  - E Schwache Wärmeinsel
  - F Schwache Wärmeinsel\*
  - G Schwache Wärmeinsel\*\*
  - H Schwache Kaltluftfläche
  - I Schwache Kaltluftfläche\*
  - J Schwache Kaltluftfläche\*\*
  - K Kaltluftfläche
  - L Kaltluftfläche\*
  - M Kaltluftfläche\*\*
- \* hoher Abkühlungsgrad  
\*\* sehr hoher Abkühlungsgrad
- Regionsgrenze  
- - Kreisgrenze

Datengrundlage:  
Thermalbefliegung der Firma Spacetec  
30. August 2005, 2:24 - 6:24 MESZ  
29./30. August 2005, 20:24 - 0:55 MESZ  
DHM, Verwaltungsgrenzen;  
Verband Region Stuttgart, 2005.  
Kartographie:  
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, 2007.

