

Abbildung 18:
Oberflächentemperatur
2011 (Segment 25)

Oberflächentemperatur Graz 2011

Nachflug, Segmentgröße 25

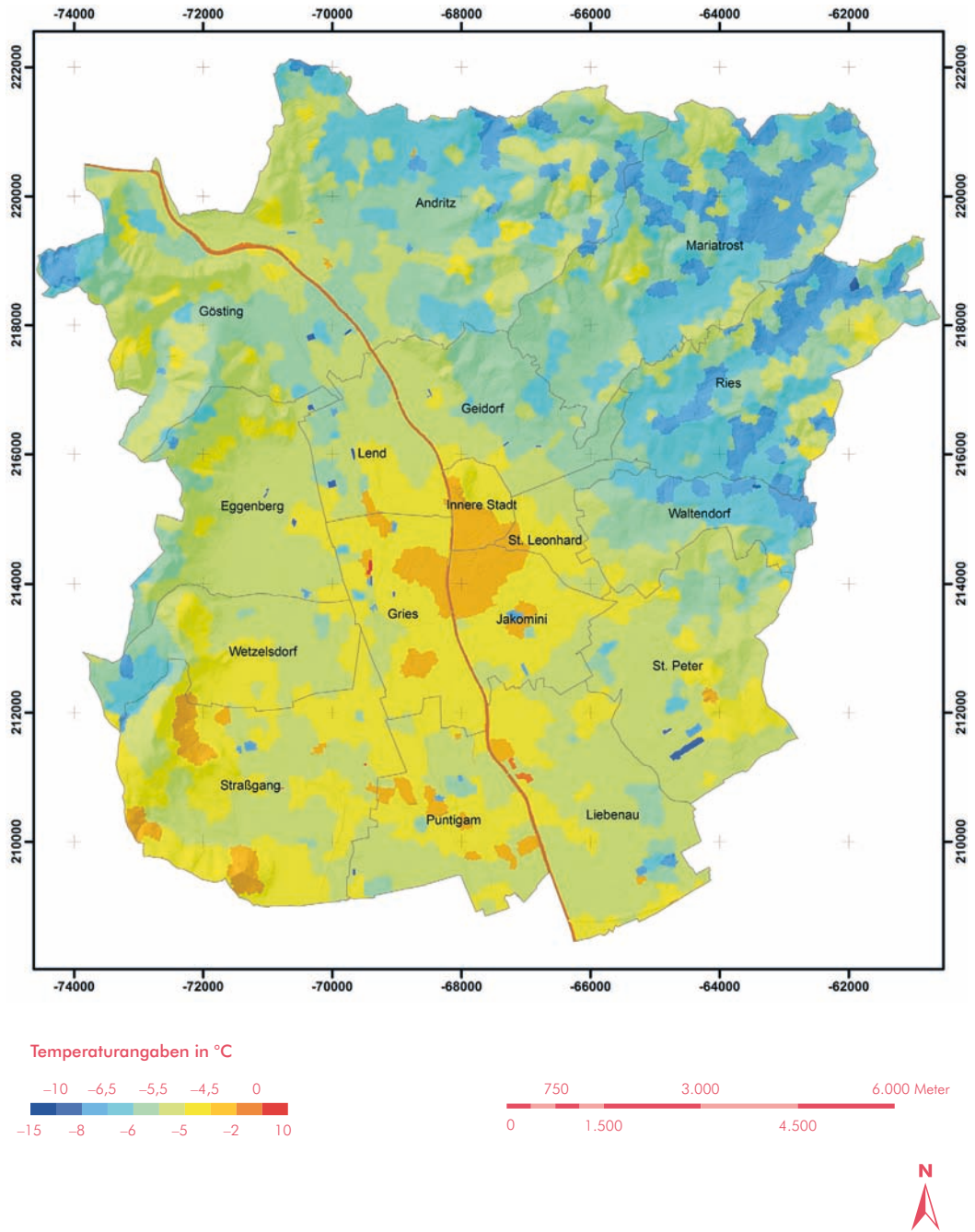
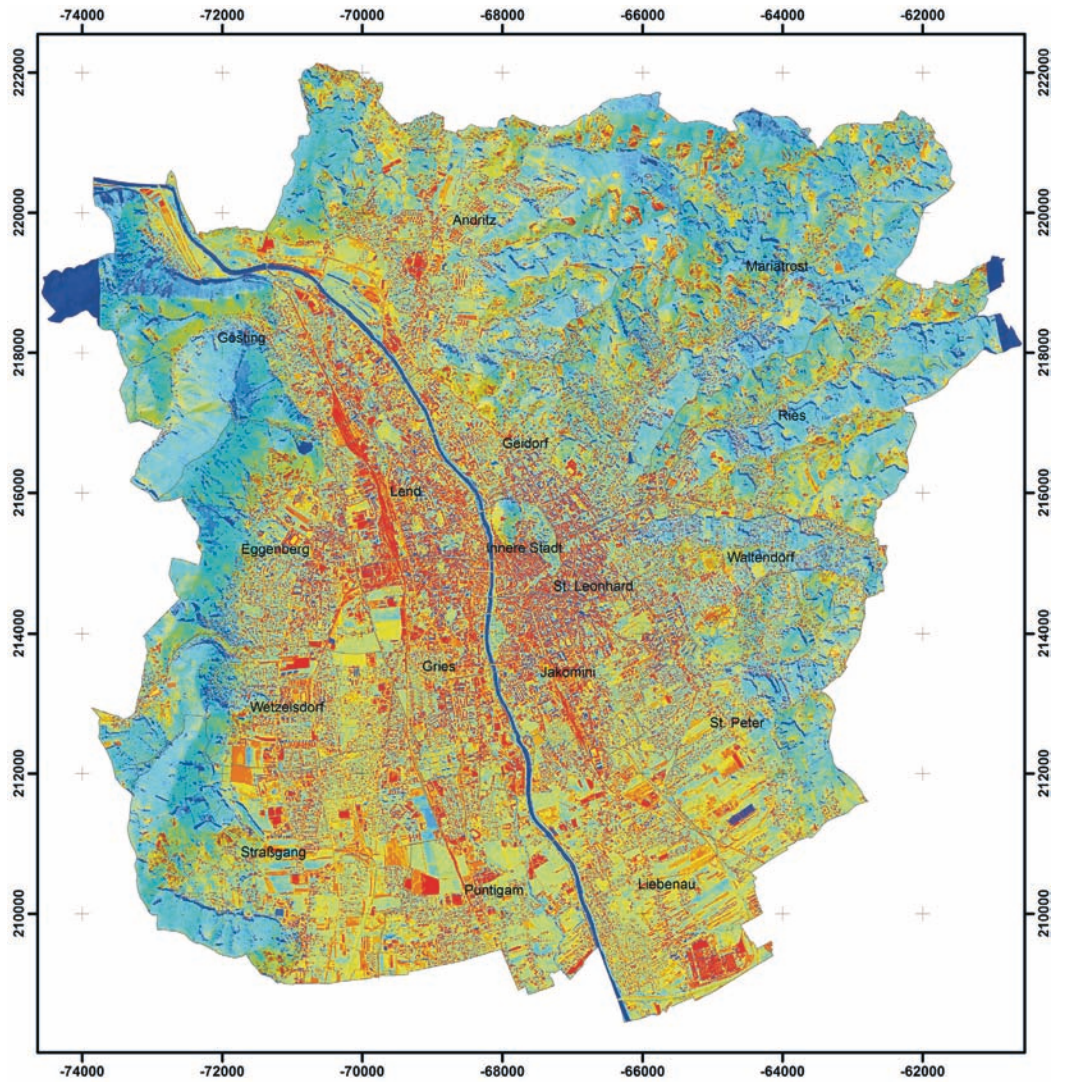


Abbildung 19:
Oberflächentemperatur
1986 (Segment 3)

Oberflächentemperatur Graz 1986

Mittagsflug, Segmentgröße 3



Temperaturangaben in °C

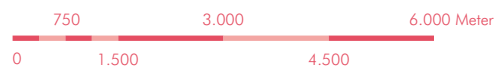
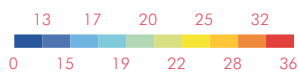
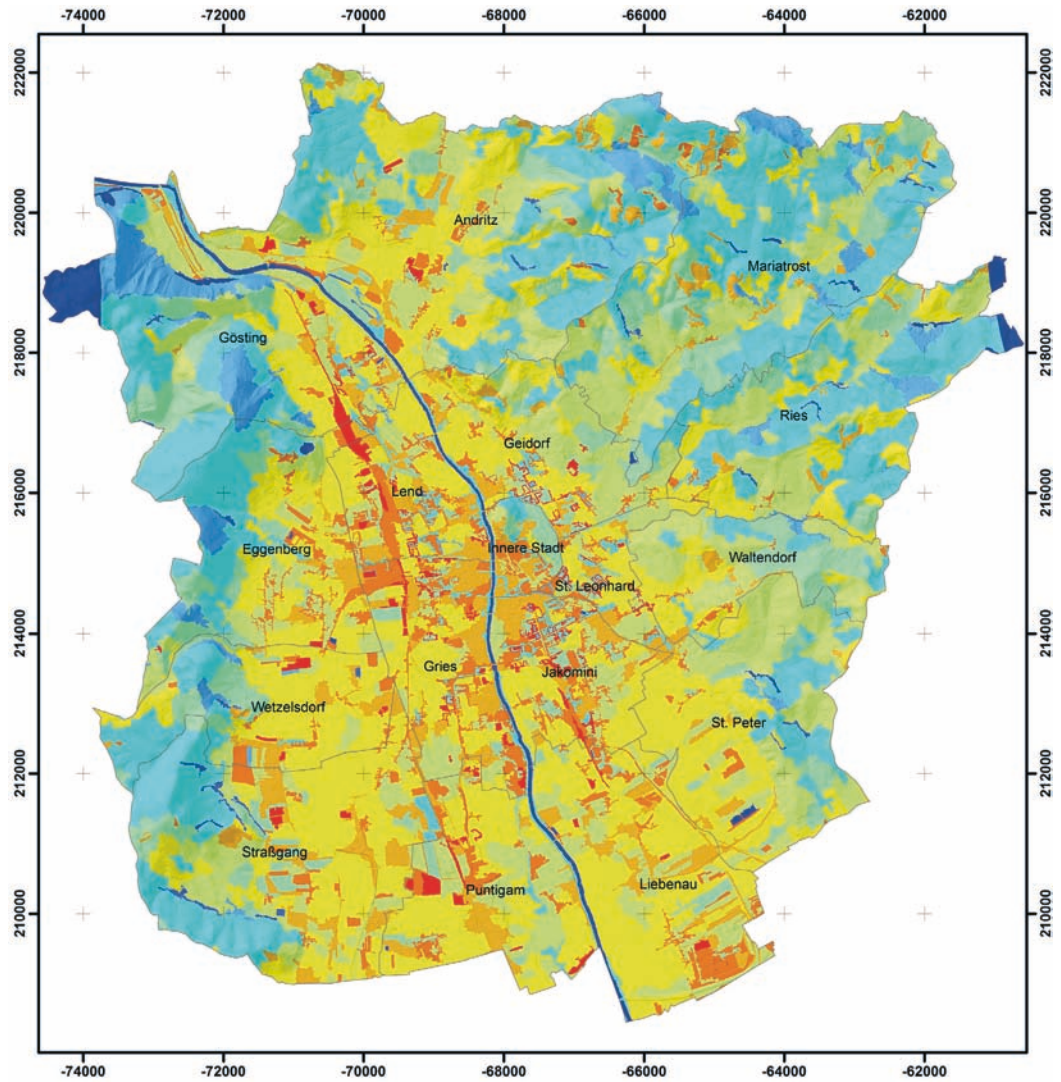


Abbildung 20:
Oberflächentemperatur
1986 (Segment 25)

Oberflächentemperatur Graz 1986

Mittagsflug, Segmentgröße 25



Temperaturangaben in °C

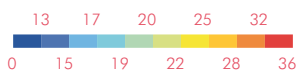
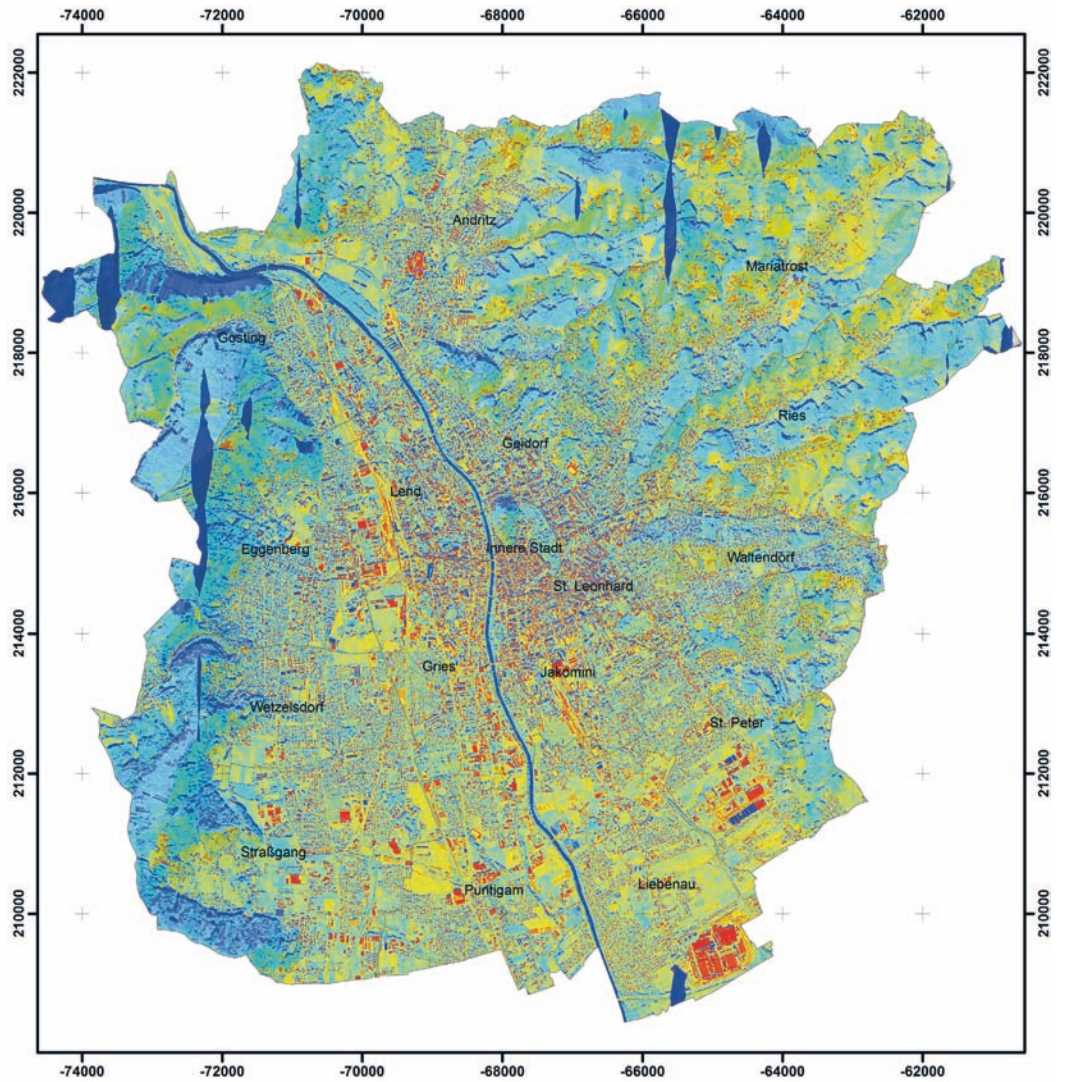


Abbildung 21:
Oberflächentemperatur
2004 (Segment 3)

Oberflächentemperatur Graz 2004

Mittagsflug, Segmentgröße 3



Temperaturangaben in °C

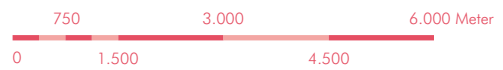
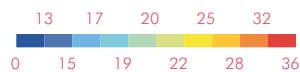
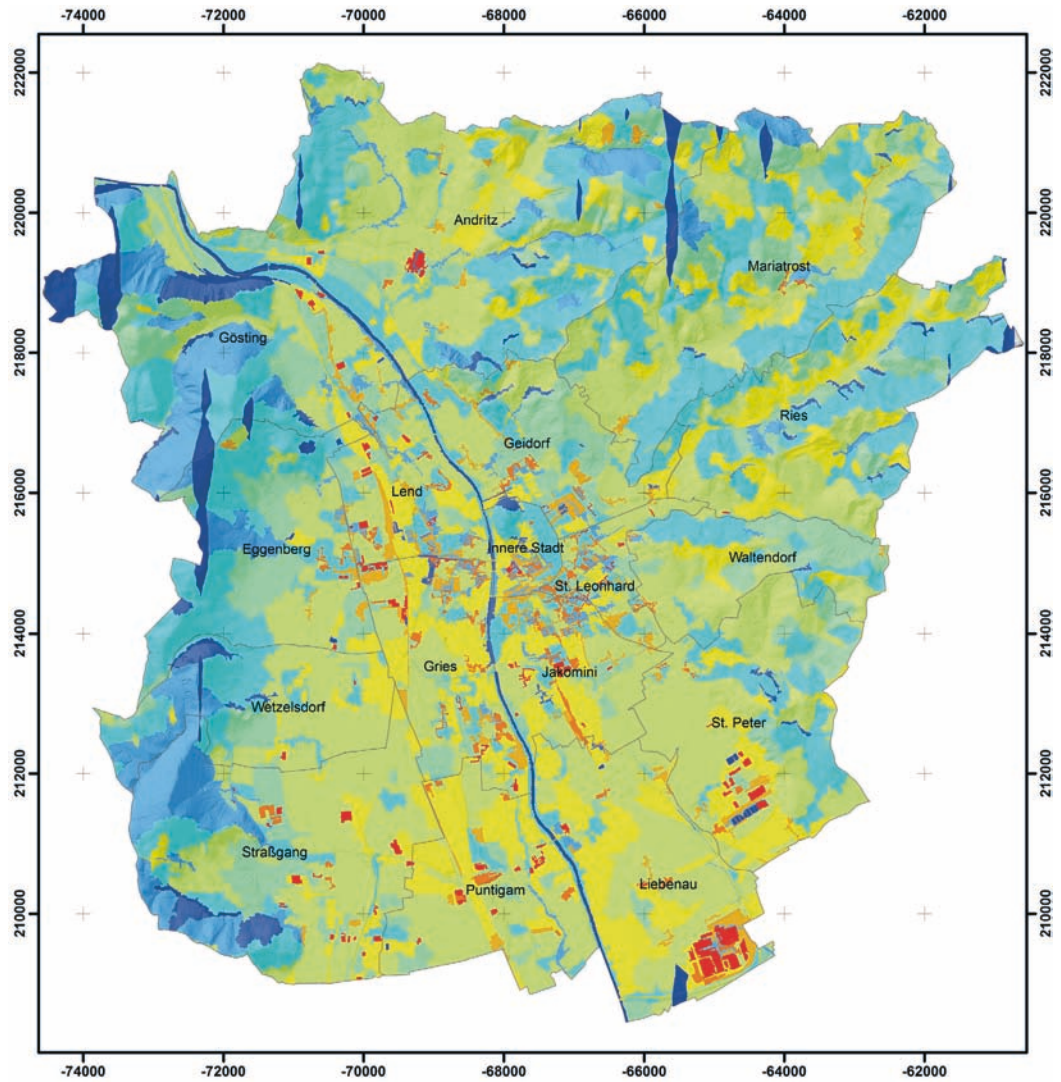


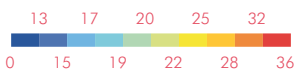
Abbildung 22:
Oberflächentemperatur
2004 (Segment 25)

Oberflächentemperatur Graz 1986

Mittagsflug, Segmentgröße 25



Temperaturangaben in °C



5.4 ANALYSE DER ERGEBNISSE – BESONDERHEITEN DER OBERFLÄCHENTEMPERATUREN 1986 – 2004

Oberflächentemperaturkarten eignen sich sehr gut, um spezielle Temperaturverteilungsmuster in einem Siedlungsgebiet zu identifizieren und zu beschreiben. Speziell in städtischen Gebieten ist sehr deutlich zu erkennen, dass unterschiedliche Bebauungsformen und Stadtteile aufgrund ihrer individuellen Siedlungsstrukturen besondere Temperaturcharakteristika aufweisen. So lassen sich zum Beispiel stark versiegelte Flächen, wie dicht verbaute Wohngebiet oder Indus-

triegebiete aufgrund ihrer massiven Überwärmung gegenüber ihrem Umland deutlich unterscheiden. Durch multitemporale Interpretation von Oberflächentemperaturkarten, wie zum Beispiel unter Verwendung der Strahlungstemperaturkarte Graz 1986, ist es möglich, auch Bebauungsveränderungen aufgrund des veränderten Temperaturverhaltens zu identifizieren.

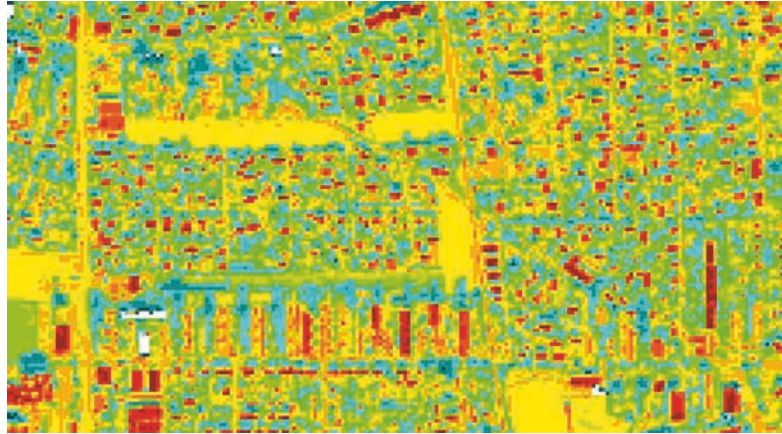
5.4.1 BESONDERE OBERFLÄCHENTEMPERATURSTRUKTUREN 1986

Graz erfuhr als gewachsene Stadt mit mittelalterlichem Kern viele verschiedene Epochen mit unterschiedlichen Baustilen. Diese weisen aufgrund ihrer jeweiligen Bebauungsdichte auch eigene Temperaturverhalten auf, welche im Folgenden, zusammen mit den Temperaturverhalten einiger signifikanter Oberflächen, beschrieben und auch mit der Befliegung von 1986 verglichen werden (vgl. LAZAR et al., 1994).

Baukörperstrukturen:

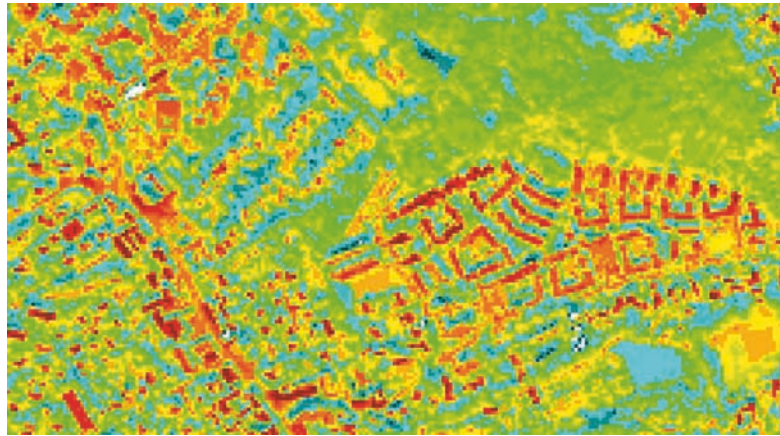
Gartenstadt: Die Baukörperstrukturen der „Gartenstadt“ (lockere Bebauung mit Ein- und Zweifamilienhäusern, teilweise auch verdichteter Flachbau) nehmen einen Großteil der Fläche der Stadt ein. Die „Gartenstadt“ zeigt sich in der Strahlungstemperaturkarte als punktförmiges Mosaik (vgl. Abbildung 23), bestehend aus aufgeheizten Dachflächen (rot) mit Temperaturen je nach Exposition (29–47°C) und Beschattung (12–18°C), Straßen (gelb, orange) zwischen 21–24°C, im Gegensatz zu den kühleren Gärten und Wiesen (grün) mit 16–19°C. Im Mittel verzeichnet der Typ Gartenstadt im Jahr 2004 eine Temperatur von ~20°C gegenüber ~26°C im Jahr 1986.

Abbildung 23:
Bebauungstyp
Gartenstadt



Blockbebauung: Dieser Typ zeichnet sich durch mehrgeschossige Verbauung aus, welche häufig in die Typen „Gartenstadt“ und den Typ „Gründerzeitliche Bebauung“ eingebunden sind. Durch mehrgeschossige Wohnblöcke und gegenüber der Gartenstadt reduzierte Grünanteile befindet sich das Mittel der Temperaturen mit $\sim 21^\circ\text{C}$ (1986: 28°C) auch über dem oben genannten Typus. Ausnahmen bilden größere Siedlungskomplexe, welche durchaus mit erheblichen Grünanteilen durchwachsen sind, wie zum Beispiel die Terrassenhaussiedlung in St. Peter, die im Mittel eine Temperatur von $\sim 18^\circ\text{C}$ aufweist. Das Mittel wird aber durch erheblichen Schattenwurf aufgrund der großen Gebäudehöhen beeinflusst. Abbildung 24 zeigt die durch Pflanzenbewuchs und Schattenwurf kühlere Umgebung der Terrassenhaussiedlung (linke obere Bildhälfte) und im Vergleich dazu die durch höhere Temperaturen repräsentierte Wienerbergersiedlung (mittlerer rechter Bildteil) aufgrund geringerer Vegetationsanteile. Ebenfalls im Bild zu erkennen ist das Naherholungsgebiet „Eustacchiogründe“ mit seinen Waldflächen (grün) und dem ehemaligen Ziegelteich (blau).

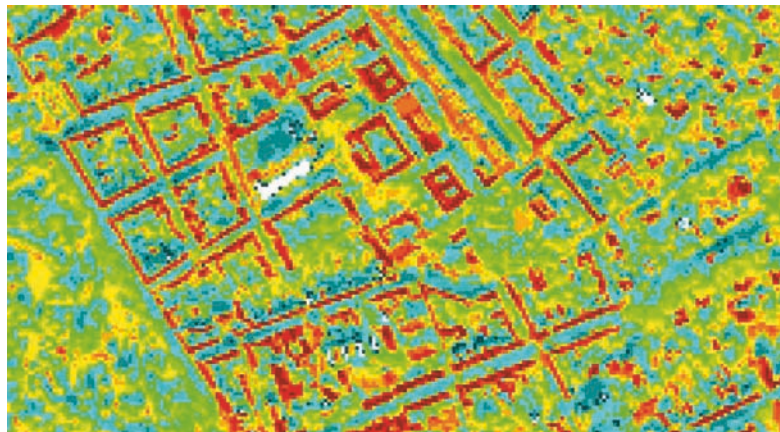
Abbildung 24:
Blockbebauung in
St. Peter



Gründerzeitbebauung: Relativ klar zu erkennen sind die regelmäßigen Muster der gründerzeitlichen Bebauung im Osten des Schlossbergs mit ihren markanten Temperaturdifferenzen zwischen überheizten Dächern mit $\sim 36^\circ\text{C}$ und begrünten Innenhöfen mit $\sim 17^\circ\text{C}$. Im Mittel errechnet sich eine Temperatur für mehrere Blöcke mit $\sim 22^\circ\text{C}$ und $26\text{--}27^\circ\text{C}$ für 1986.

In Abbildung 25 sind die kühleren Vegetationsflächen in den Innenhöfen gegenüber den wärmeren Dächern sehr gut zu erkennen. Im rechten Bildteil ist die Karl-Franzens-Universität mit dem warmen Vorplatz zu erkennen.

Abbildung 25:
Gründerzeitliche
Bebauung



Altstadt: Der historische Teil der Stadt erzielt aufgrund seines hohen Versiegelungsgrades (vgl. Abbildung 26) Höchstwerte bei den Temperaturen, welche aber im Mittel ($\sim 22\text{--}23^\circ\text{C}$) unter jenen von 1986 liegen. Ein Grund dafür liegt in den hohen Schattenantei-

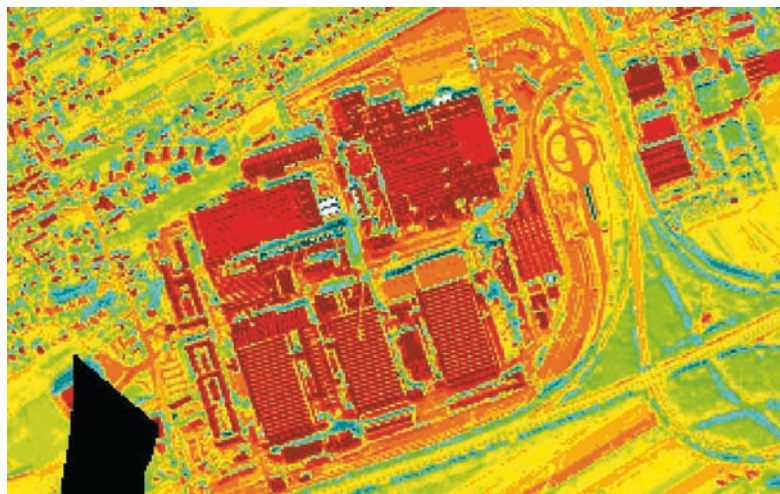
len in den engen Gassen im Jahr 2004. Durch den verminderten Schattenwurf im Ausschnitt von 1986, aufgrund eines früheren Befliegungszeitpunktes, befinden sich die Temperaturen zwischen ~ 29 und $\sim 30^\circ\text{C}$.

Abbildung 26:
Hohe Versiegelungs-
dichte in der Altstadt



Industrie- und Gewerbeflächen: Dieser Typ weist die höchsten Versiegelungsraten auf, was sich auch sehr deutlich in den erzielten Mitteltemperaturen niederschlägt. 2004 errechnet sich hier eine Mitteltemperatur von $\sim 30^\circ\text{C}$ gegenüber $\sim 32^\circ\text{C}$ im Jahre 1986. In der folgenden Abbildung 27 sind die Hallendächer der Magna Steyr Fahrzeugtechnik im Süden der Stadt abgebildet. Die rote Farbgebung zeigt die extreme Erwärmung gegenüber dem Umland.

Abbildung 27:
Ehem. „Puchwerke“,
Magna Steyr
Fahrzeugtechnik



B Grünflächen, landwirtschaftlich genutzte Flächen und sonstige Flächen

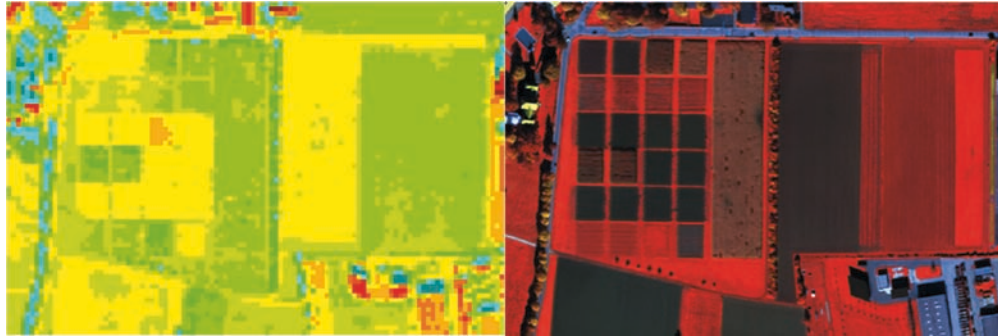
Abbildung 28:
Der kühle Grazer
Stadtspark und der
Schlossberg gegenüber
den überwärmten
bebauten Gebieten



Grünflächen und Parks: Gegenüber den wärmeren bebauten Bereichen haben die innerstädtischen Grünflächen und Parks eine kühlende Wirkung, was insbesondere durch den Grazer Stadtpark, der als kühle „Insel“ hervortritt, verdeutlicht wird (Abbildung 28). In seinem Mittel verzeichnet der Stadtpark eine Temperatur von ~ 17 bis $\sim 18^\circ\text{C}$, gegenüber $\sim 23^\circ\text{C}$ im Jahr 1986.

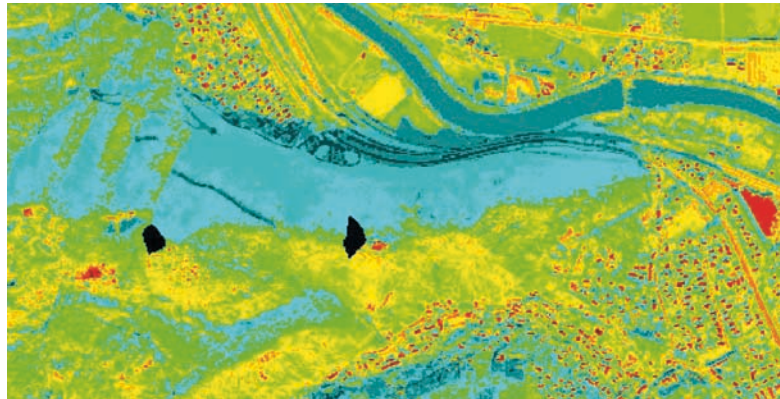
Wiesen- und Ackerflächen: Bei landwirtschaftlich genutzten Flächen herrscht aufgrund der unterschiedlichen Bewuchsarten und -stände eine große Streuung der Oberflächentemperaturen. Die niedrigsten Mitteltemperaturen weisen Obstbauflächen und Maisfelder mit ~ 17 – 18°C auf, umgepflügte Äcker liegen gemeinsam mit Grünlandflächen leicht darüber (~ 18 – 19°C). Die höchsten Temperaturen treten bei kurzen Rasen, wie zum Beispiel auf Sportplätzen, mit $\sim 22^\circ\text{C}$ auf. Besonders augenscheinlich treten diese Differenzen in Abbildung 29 hervor, wo die Anbauflächen in verschiedenen Stadien der Landwirtschaftlichen und Gärtnerischen Handelsschule Grottenhof abgebildet sind. Kanalkombination für den rechten Teil der Abbildung: 7/5/3.

Abbildung 29:
Landwirtschaftliche
und Gärtnersiche
Handelsschule
Grottenhof



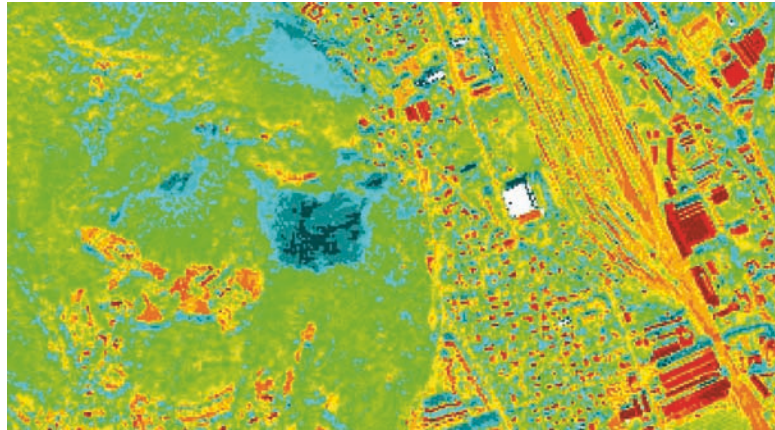
Wälder: Bewaldete Flächen weisen hauptsächlich expositionsbedingt Unterschiede in ihrem Temperaturverhalten auf. Während sich unbeeinflusste Waldflächen im Mittel zwischen $\sim 17\text{--}18^\circ\text{C}$ bewegen, können nordexponierte Wälder im Schatten um 3–4 K kühler sein (z. B.: Jungfernsprung). Besonnte Hänge liegen mit Werten zwischen $\sim 19\text{--}20^\circ\text{C}$ klar darüber (vgl. Abbildung 30).

Abbildung 30:
Einfluss der Exposition
auf Obeflächentempe-
raturen von Wäldern



Abbaufächen: Je nach Exposition variieren auch die Mitteltemperaturen von Abbaufächen. Der nordexponierte Steinbruch an der Nordflanke der Hubertushöhe am Plabutsch gehört mit Werten zwischen $\sim 10\text{--}11^\circ\text{C}$ zu den niedrigsten gemessenen Temperaturen im Untersuchungsgebiet (vgl. Abbildung 31). Die südexponierte Abbaufäche im Annengraben hingegen erhitzt sich tagsüber sehr stark, was durch Temperaturen zwischen $\sim 27\text{--}28^\circ\text{C}$ verdeutlicht wird.

Abbildung 31:
Der Steinbruch am
Plabutsch als
„Kältepol“



In Tabelle 1 sind die Temperaturen in einer Zusammenschau übersichtlich dargestellt. Tabelle 1: Mitteltemperaturen ausgewählter Oberflächen.

BAUKÖRPER- STRUKTUREN	T(°C) 1986	Diff. (K)	T(°C) 2004	Diff. (K)
Gartenstadt	26	0	20	0
Blockbebauung	28	+2	21	+1
Gründerzeit- bebauung	26,5	+0,5	22	+2
Altstadt	29,5	+3,5	22,5	+2,5
Industrie und Gewerbe	32	+6	30	+10
GRÜNFLÄCHEN, LWF + SONSTIGE FL.				
Stadtpark	23		17,5	
Obstb.fl. + Maisfelder	17,5		.	
Grünflächen, Wiesen	18,5		.	
Rasen	22		28	
Wald Nord	14		19,5	
Wald	17,5		23	
Wald Süd	19,5		24,5	
Abbauf. Plabutsch	10,5		12	

5.4.2 EINFLÜSSE VON BEBAUUNGSVERÄNDERUNGEN

Lebendige Städte sind dynamisch und unterliegen für gewöhnlich einem stetigen Wandel, was durch Stadterweiterungen und Bebauungsänderungen sichtbar wird. Diese Änderungen können durch ein verändertes Temperaturverhalten des Stadtgebietes, aber auch des Umlandes beobachtet werden. Bereits durch einen visuellen Vergleich der beiden Strahlungstemperaturkarten lassen sich Aussagen über Einflüsse von Bebauungsänderungen auf das Temperaturverhalten treffen.

An dieser Stelle sei Hrn. Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Viktor Kaufmann vom Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz für die Bereitstellung der digitalen Datensätze der Befliegung vom Jahre 1986 gedankt.

Anhand der folgenden Abbildungen kann nochmals ergänzend zum vorigen Kapitel eindrucksvoll beobachtet werden, inwiefern sich die Bebauungsveränderungen durch vergleichende Betrachtung der beiden Strahlungstemperaturkarten 1986 und 2004 identifizieren lassen. Der obere Teil der Abbildungen zeigt jeweils die Situation von 1986 und der untere jene von 2004.

Abbildung 32:
Zubau bei den
„Puchwerken“

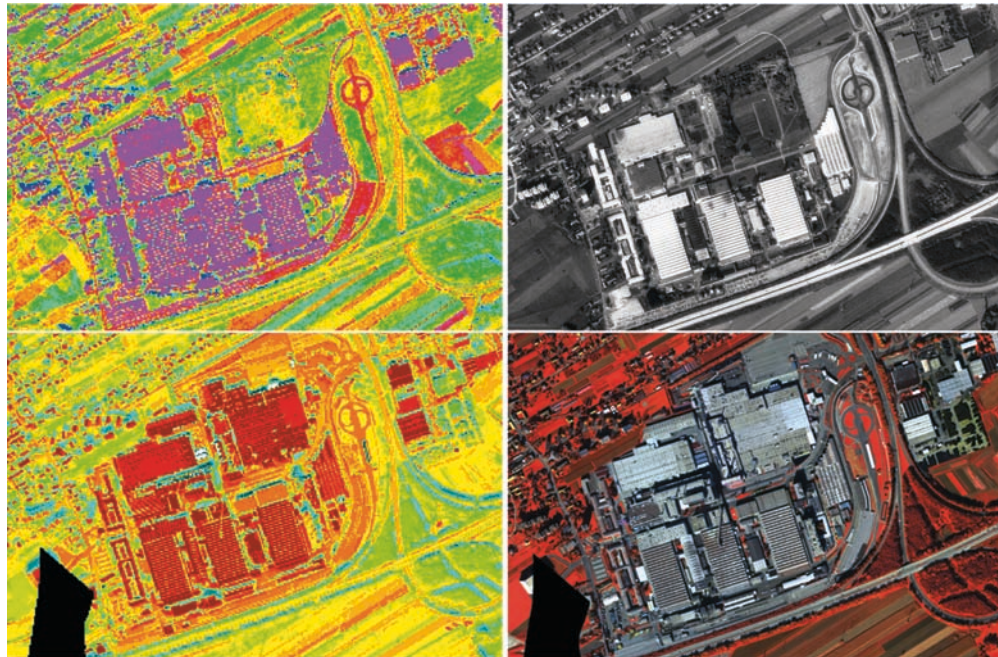


Abbildung 33:
Errichtung „Shopping
Center West“ und
Autobahnzubringer

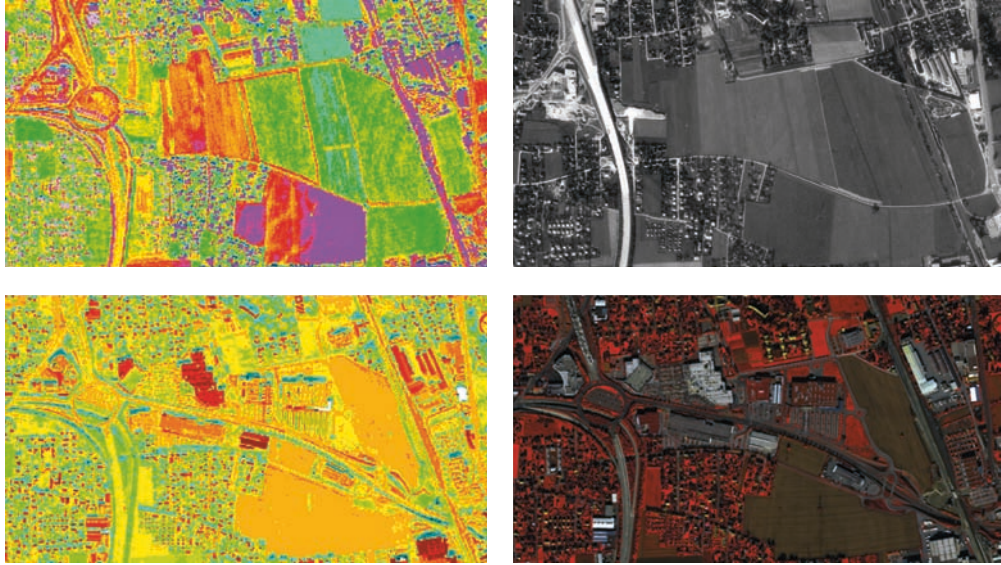
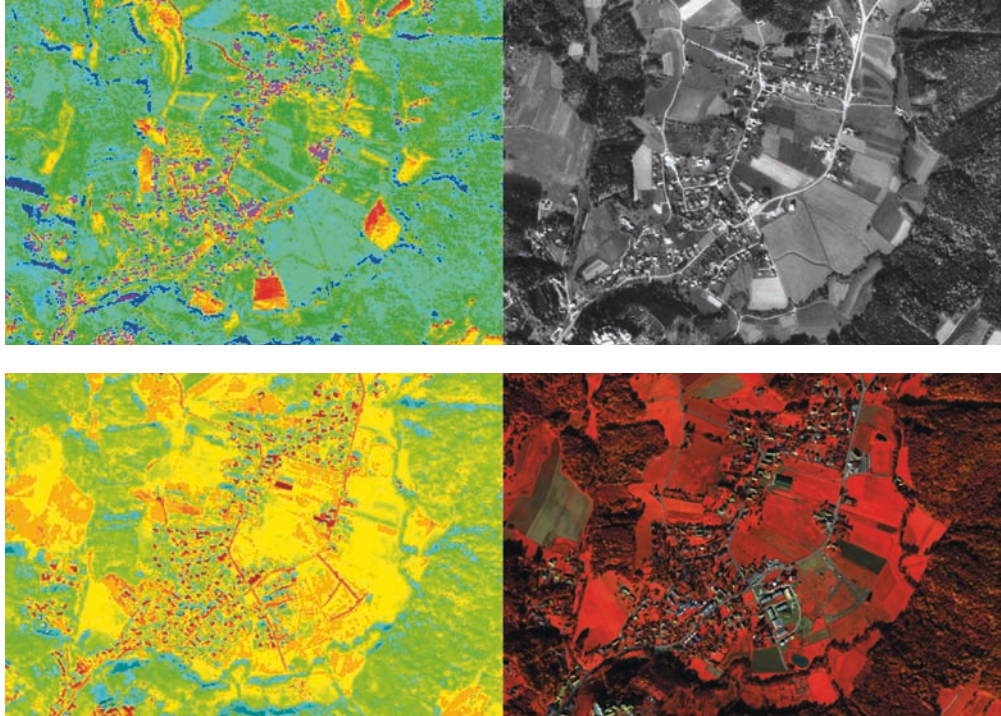


Abbildung 34:
Versiegelungstendenzen
im Föllinger Becken

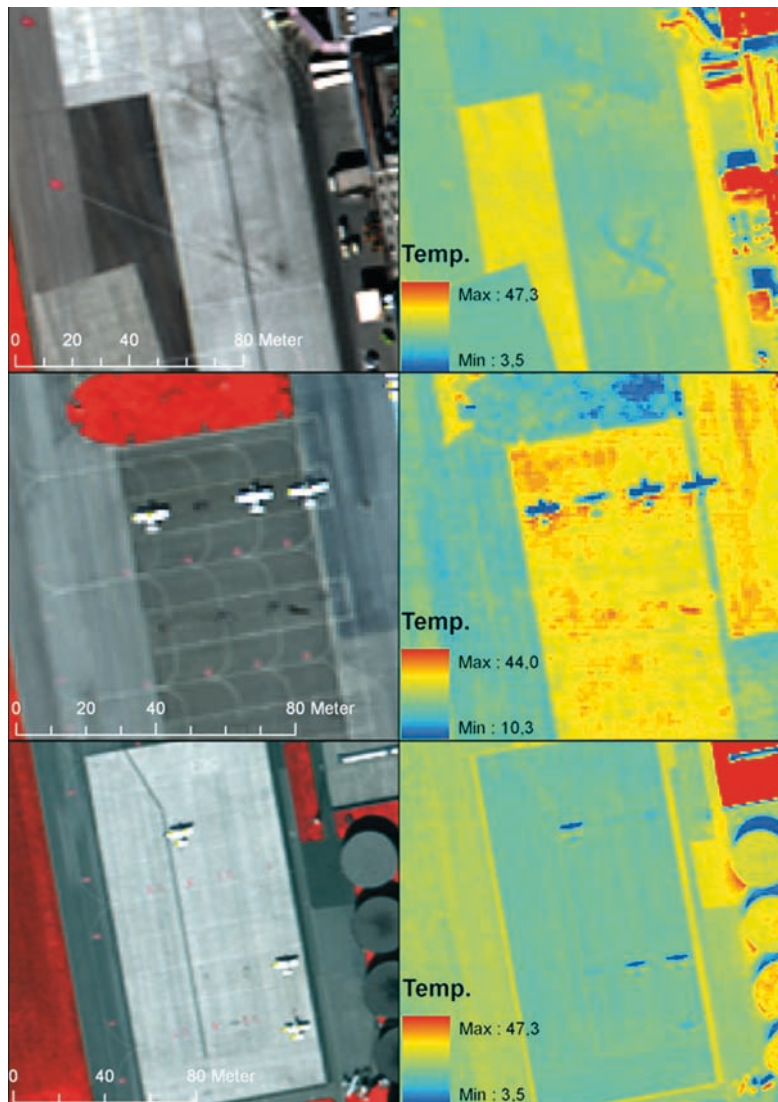


5.4.3 FLUGHAFEN GRAZ

Ein weiteres interessantes Beispiel für die Anwendbarkeit von Thermalscannerbefliegungen fällt bei genauerer Betrachtung des Flughafens Graz Thalerhof auf. Abbildung 35 zeigt sehr eindrucksvoll, dass mit der thermalen Information sogenannte thermale Schatten von Flugzeugen identifizierbar sind. Diese werden

von Flugzeugen, oder bei entsprechender Auflösung auch von Fahrzeugen, welche ihren Standort verlassen haben, hinterlassen, da sich der Boden unter den Objekten nicht so stark aufheizen kann, wie in der Umgebung (vgl. Prinz et.al., 1998).

Abbildung 35:
Thermale Schatten
von Flugzeugen
(Links: Kanalkombi-
nation: 7/5/3,
rechts: Thermalkanal)



5.4.4 THERMALE STADTSTRUKTURANALYSE 2011 UND 1986

Für den Vergleich der Stadtstruktur 2011 wurden nun in die Nutzungsflächen Polygone des Katasters der mittlere Temperaturwert gespeichert. Die jeweiligen Abbildungen zeigen weiters ein Histogramm der Oberflächentemperaturen sowie den Mittelwert der Temperatur für den kompletten Ausschnitt. Die Testgebiete verfügen natürlich 2011 und 1986 über die gleiche Position und Ausdehnung.

ES WURDEN 5 STADTSTRUKTURTYPEN AUSGEWÄHLT:

Mittelalterlicher Stadttyp

Gründerzeitlicher Stadttyp

Gründerzeitlicher Stadttyp (Seitentalauswindeinfluss)

Gartenstadt

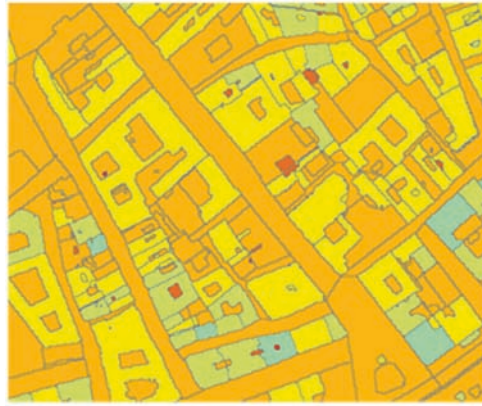
Gartenstadt (Seitentalauswindeinfluss)

SEHR DEUTLICH TRITT BEI DER BETRACHTUNG DER ABBILDUNGEN DER EINFLUSS DER SEITENTALAUSWINDE ZU TAGE, WELCHER SICH WIE FOLGT QUANTIFIZIEREN LÄSST:

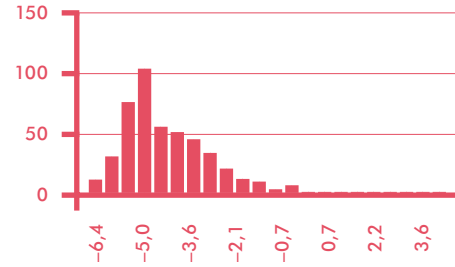
Differenz der gründerzeitlicher Stadttypen	1 °C
Differenz der Gartenstadt-Testgebiete	1,3 °C

Die maximale mittlere Temperaturdifferenzen der Testgebiete zueinander treten zwischen dem im Zentrum der Wärmeinsel gelegenen mittelalterlichen Stadttyp und der vom Seitentalauswind geprägten Gartenstadt in Mariatrost auf. Hier ist ein Temperaturunterschied von 2,5 °C zu beobachten.

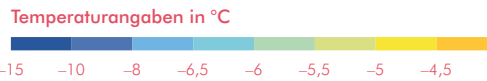
Abbildung 36:
Thermale Struktur-
analyse 2011



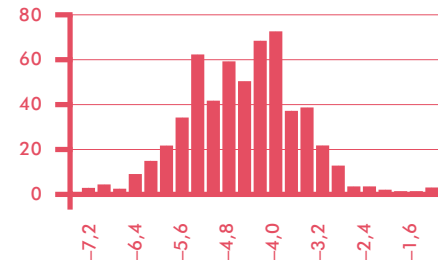
Mittelalterliche Stadtstruktur Zentrum



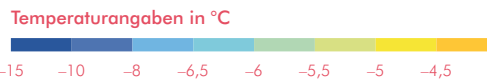
**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: -4,1°C**



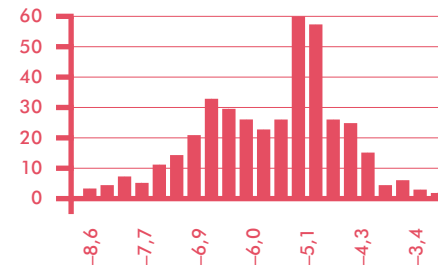
Gründerzeitliche Stadtstruktur Jakomini



**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: -4,4°C**

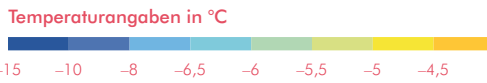


**Gründerzeitliche Stadtstruktur Geidorf
Seitentalauswind einfluss**

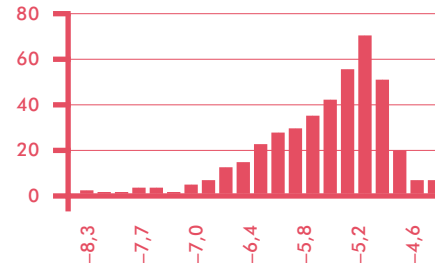


**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: -5,4°C**

Abbildung 37:
Thermale Struktur-
analyse 2011

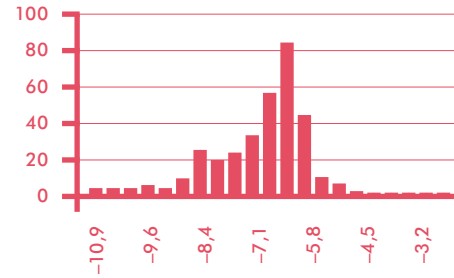


Gartenstadt Straßgang



**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: -5,3°C**

**Gartenstadt Mariatrost
Seitentalwindinfluss**



**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: -6,6°C**

Auf Grund der schlechteren Qualität der geometrischen Entzerrung der Daten, der schlechteren Kontrastverhältnisse der Daten von 1986 sowie der Zeitspanne zwischen 1986 und dem aktuellen Kataster ist die Qualität der Darstellung deutlich eingeschränkt. Für eine bessere visuelle Vergleichbarkeit wurde jedoch der gleiche Ansatz wie 2011 verwendet. Dies lässt sich auch dadurch rechtfertigen, dass hier der Temperaturmittelwert der Testgebiete die Hauptaussage bildet und nicht deren Verteilung.

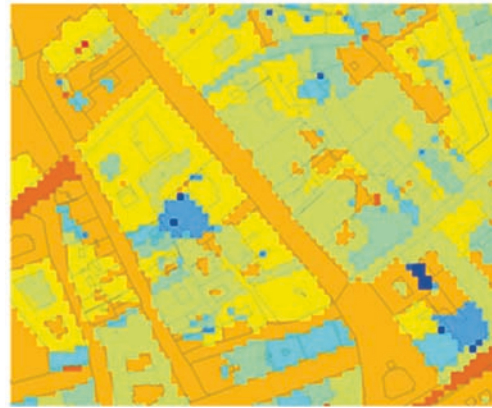
Auch für die Stadtstrukturanalyse von 1986 wurden die gleichen 5 Stadttypen verwendet, wie dies für die Analyse von 2011 der Fall war. Die Ausprägung der Differenzen der gründerzeitlichen Stadttypengebiete war 1986 schwächer ausgeprägt als 2011.

Differenz der gründerzeitlicher Stadttypen 0,4 °C

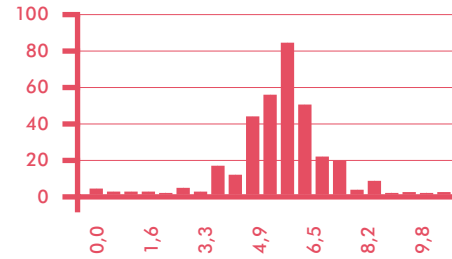
Im Gegensatz dazu war die Differenz der Gartenstadttestgebiete stärker ausgeprägt als 2011

Differenz der Gartenstadt-Testgebiete 1,7 °C

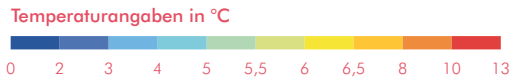
Abbildung 38:
Thermale Struktur-
analyse 1986



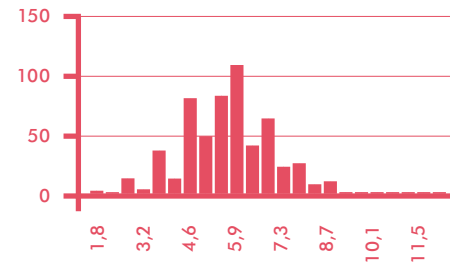
Mittelalterliche Stadtstruktur Zentrum



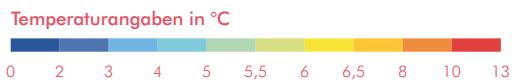
**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: 6,0°C**



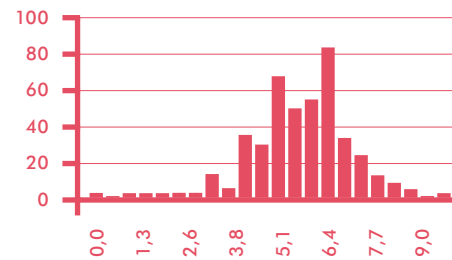
Gründerzeitliche Stadtstruktur Jakomini



**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: 5,9°C**

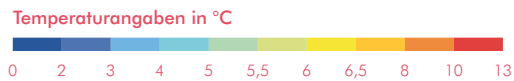


**Gründerzeitliche Stadtstruktur Geidorf
Seitentalauswindeinfluss**

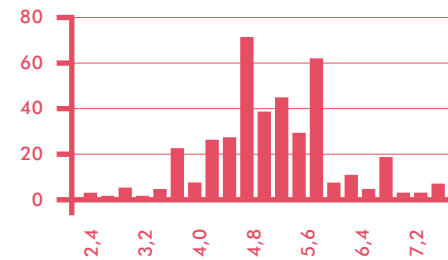


**Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: 5,5°C**

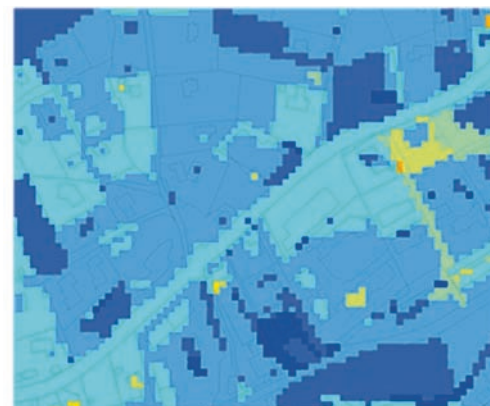
Abbildung 39:
Thermale Struktur-
analyse Gartenstadt
1986



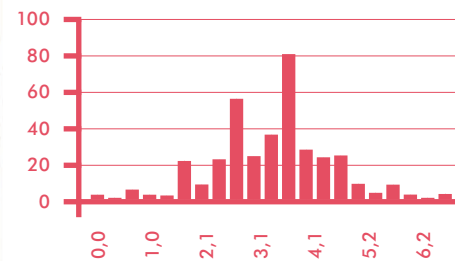
Gartenstadt Straßgang



Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: 5,4°C



Gartenstadt Mariatrost
Seitentalauswind einfluss



Histogramm der Oberflächentemperaturwerte
Mittelwert: 3,7°C

Die maximale mittlere Temperaturdifferenz der Testgebiete zueinander trat auch 1986 zwischen dem im Zentrum der Wärmeinsel gelegenen mittelalterlichen Stadttyp und der vom Seitentalauswind geprägten Gartenstadt in Mariatrost auf. Hier ist ein Temperaturunterschied von 2,3 °C zu beobachten.

Der Vergleich anhand der Testgebiete innerhalb der jeweiligen Befliegungen zeigt, dass sich die Beziehungen der Stadttypen zueinander über einen Zeitraum von 25 Jahren nicht signifikant verändert haben. Dieses Verhältnis scheint sich also auch innerhalb des Jahres (1986 am 2. Oktober und 2011 am 20. Dezember beflogen) kaum zu verändern.

6. DIE DIGITALE KLIMATOPKARTE

6.1 ERLÄUTERUNGEN ZUR KLIMATOPKARTE

Als Hauptmerkmale zur Differenzierung wurden die Baukörperstruktur und die thermischen Verhältnisse (insbesondere für die nächtliche Ausprägung der Wärmeinsel), im Nordwesten von Graz auch die Durchlüftung, herangezogen. Aus kartographischer Sicht sind die Hauptmerkmale zur Differenzierung dabei, dem Bearbeiter für die Erstellung einer synthetischen Karte Grenzen hinsichtlich der Lesbarkeit zu setzen, wobei der Maßstab 1:25.000 durchaus den Anforderungen einer derart komplexen Karte gerecht wird. Das wesentliche Problem besteht in einer möglichst klar definierbaren Abgrenzung der Klimatope untereinander, wobei sich Baukörperstrukturgrenzen, Geländelinien (z. B. Talsohlenbegrenzung), und schließlich durch Messungen erfasste Differenzierungen bei den Temperaturen als Leitlinien eignen.

Im Westen und Nordwesten bewährte sich die unterschiedliche Durchlüftung zur Abgrenzung recht gut mit der Durchlüftung („Düseneffekt“ in Gösting). Für den Planer ist jedoch wichtig, dass es sich bei der getroffenen Auswahl an Stadtklimatopen (30) um das kartographisch mögliche Maximum handelt, ohne die Karte zu stark zu überladen, und es zweifellos in einigen Bereichen (etwa in der Inneren Stadt) wün-

schenswert wäre, eine weitere Differenzierung vorzunehmen. Bei der Beschreibung der einzelnen Stadtklimatope wird jedoch weitgehend auf Besonderheiten (z. B. Klima der Innenhöfe) verwiesen.

Im Übrigen wurden die Grenzen in der Karte bewusst schwach dargestellt (keine Parzellenschärfe), da es sich mit einigen Ausnahmen um keine scharf ausgeprägten Übergänge zwischen den einzelnen Klimatopen handelt.

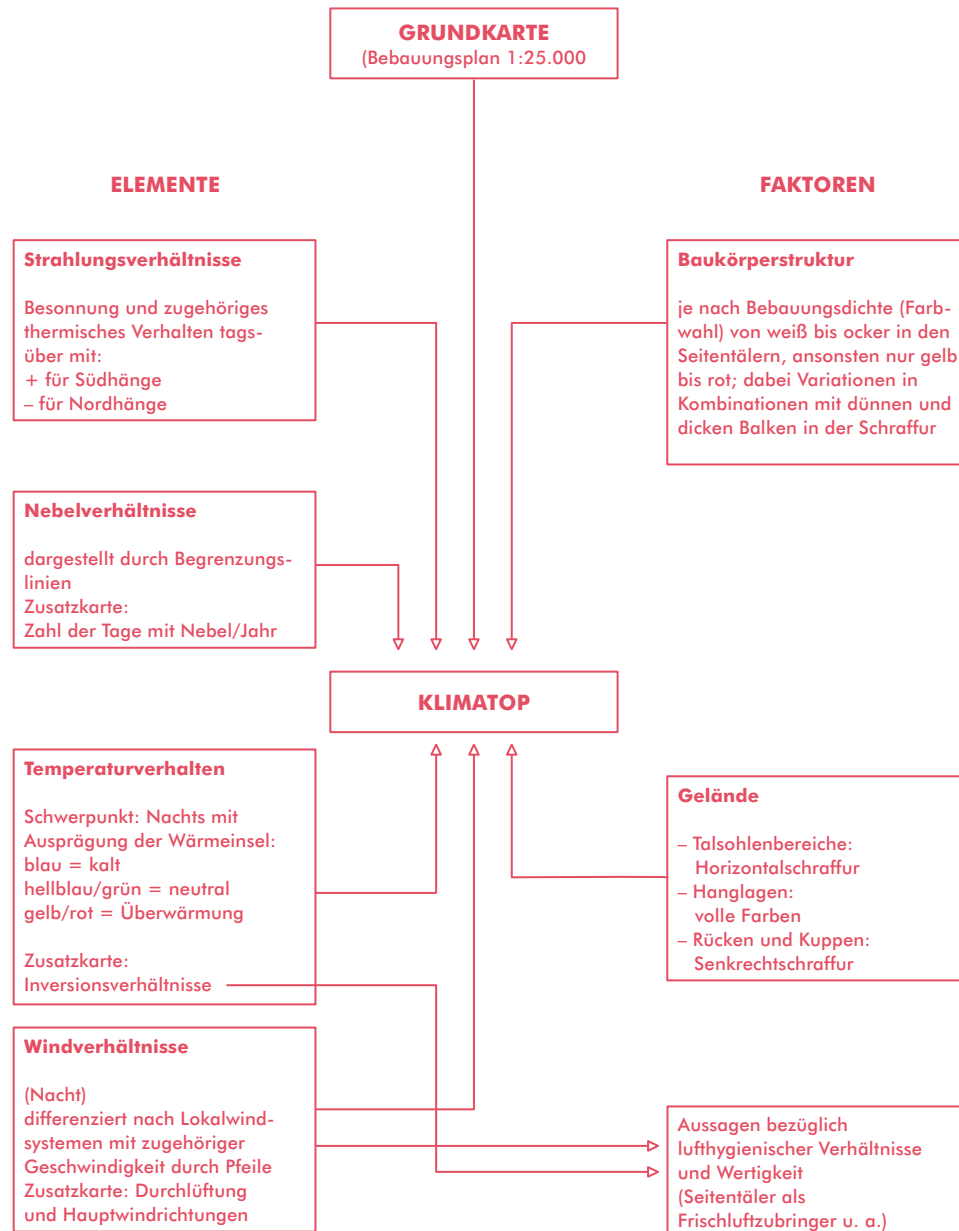
Die Tabelle 3 enthält das Schema des Konzepts zur Definierung der Klimatope für die Definierung der Klimatope mit den Faktoren Baukörperstruktur und Geländeeinfluss bzw. den ausgewählten Elementen Temperatur- und Inversionsverhältnisse, Durchlüftung mit Schwerpunktsetzung für die Nacht- und Morgenphase, Nebelverhältnisse, Strahlungsbedingungen und lufthygienische Eigenschaften (resultierend aus den Ausbreitungsbedingungen). Als Zusatzinformation schien es ferner sinnvoll, in einem Beiblatt kleinteilige Karten für wichtige Klimatelemente, wie Durchlüftung, Hauptwindrichtungen, Inversionsverhältnisse und Nebelverteilung, beizufügen – allesamt Parameter, die bei der lufthygienischen Beurteilung der Klimatope eine unerlässliche Rolle spielen.

6.2 DIE AUSGEWÄHLTEN BAUKÖRPERTYPEN UND IHRE ROLLE ZUR DEFINITION DER STADTKLIMATOPKARTE

Im engeren Stadtbereich kann man gut zwischen der Altstadt mit ihrer unregelmäßigen Straßenführung, überwiegend kleinen Plätzen und nur teilweise begrünten Innenhöfen, ihrer charakteristischen Ziegeldachlandschaft und generell hohen Bebauungsdichte (drei bis fünf Geschosse) einerseits und einer gründerzeitlichen Bebauung andererseits unterscheiden, die sich durch regelmäßige Straßenführung und relativ große, begrünte Innenhöfe (gilt nur für den Osten!) bei ziemlich einheitlicher Geschossanzahl (drei bis vier, selten fünf) auszeichnet. Im Westen (Bezirke Lend und Gries) sind die Innenhöfe größtenteils bebaut (Gewerbebetriebe), und der Anteil an begrünten Innenhöfen ist wesentlich geringer; woraus sich analog zur Altstadt ein hoher Versiegelungsgrad ergibt. Ferner wirkt die Aufrissgestaltung viel unruhiger, da Baulücken aus dem Zweiten Weltkrieg durch höhere Bauten ersetzt wurden. Relativ eng damit verzahnt und in den Thermalaufnahmen nur schwer davon zu unterscheiden, schließt ein Gürtel mit dominanter Blockverbauung daran an. Es ist dies von der Struktur her der heterogenste Typ (Blockgürtel), da reine Blockbebauung nur auf bestimmte Flächen beschränkt bleibt und dazwischen immer wieder Einzelbebauung auftritt, westlich der Mur aber auch Gewerbebetriebe vertreten sind; mitunter finden sich auch isolierte Grünflächen.

Den größten Flächenanteil nimmt der Typ „Gartenstadt“ ein, der vor allem im Westen und Südwesten bzw. in St. Peter im Osten weit verbreitet und durch Reihenhaussiedlungen (generell klein parzelliert) gekennzeichnet ist und nur lokal durch kleine Wohnblockbereiche unterbrochen wird. In St. Leonhard aber – auch an den Hängen und am Beginn der Seitentäler – dominiert ein ähnliches Bebauungsmuster, jedoch großparzelliert und teilweise mit Gärten, die parkähnlichen Charakter haben (Park- und Villenklima). Im Süden schließlich nimmt der Anteil an landwirtschaftlich genutzten Flächen deutlich zu, wobei der Übergang zum sogenannten „Umland“ nur undeutlich ausfällt und daher die Bezeichnung Vorstadt- bzw. Stadtrandgürtel durchaus treffend erscheint. Eine Sonderstellung nehmen die Industrie- und Gewerbeflächen wegen ihres hohen Versiegelungsgrades ein, die schwerpunktmäßig im Nordwesten (Hauptbahnhofbereich mit zugehörigen Gleisanlagen des Verschiebeshofes) und entlang der Mur im Westen anzutreffen sind; die eh. Puchwerke mit ihren ausgedehnten Dachflächen gehören ebenfalls diesem Typ an.

Abbildung 1:
Grundkonzept für
die kartographische
Gestaltung der
Klimatope

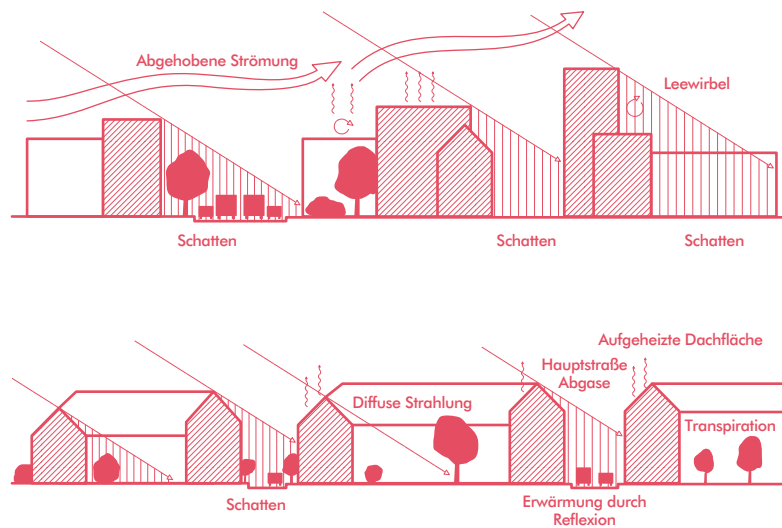


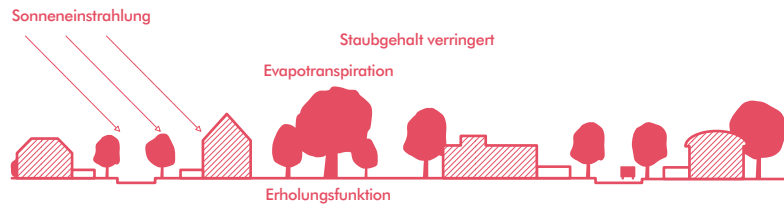
6.3 GELÄNDEKLIMATISCHE ASPEKTE BEI DER KLIMATOPABGRENZUNG

Während im Grazer Feld die stadtklimatische Differenzierung in einer starken Abhängigkeit zur Baukörperstruktur und der damit verbundenen Ausprägung der Wärmeinsel steht, lässt sich in den Seitentälern mit den zugehörigen Hang- und Riedellagen eine klare Gliederung nach geländeklimatischen Eigenschaften eine Differenzierung der Seitentäler mit ihren Talflanken vornehmen. Die Seitentäler werden dabei mit wenigen Ausnahmen (Gabriachtal bei St. Veit) mit zunehmender Entfernung und immer geringer werdenden Bebauungsdichte stadtauswärts immer kälter – besonders in Beckenlagen.

Die Hanglagen in den Seitentälern verhalten sich in gleicher Seehöhe anders als jene im Haupttal (andere Durchlüftungsbedingungen) und werden deshalb getrennt ausgewiesen (Klimatope 17 bzw. 20). Zur besseren Lesbarkeit wurden volle Farben verwendet, die sich gut von der Senkrechtschraffur der Riedel- und Kammlagen abheben.

Abbildung 2:
Schematische Darstellung der Klimabeeinflussung durch die Baukörperstruktur am Beispiel der Innenstadt (City Klima) (verändert nach P. STOCK, 1986)





6.4 BESONDERE OBERFLÄCHEN UND IHRE ZUORDNUNG ZU KLIMATOPEN (ALS SONDERKLIMATOP IN DER KARTE BEZEICHNET)

Allgemein handelt es sich um isolierte Flächen, die nach ihrem thermischen Verhalten erheblich von ihrer Umgebung abweichen und deshalb bis zu einer gewissen Mindestgröße (etwa entsprechend eines Einkaufszentrums) ausgeschieden werden. An erster Stelle stehen landwirtschaftlich genutzte Flächen (Klimatop isolierte Grünflächen); es folgen die Klimatope isolierter Grünflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Parks und Friedhöfe sowie der Bereich des LKH und der ehemaligen Deponie Köglerweg, die jeweils, abgesehen von den thermischen Eigenschaften, den jeweiligen Stadtklimatopen in der Umgebung zugeordnet sind.

6.5 ERLÄUTERUNGEN ZUM GRUNDKONZEPT DER KARTOGRAPHISCHEN GESTALTUNG

In Abbildung 1 wurde versucht, die Abgrenzung und Definition der Stadtklimatope in einer übersichtlichen Form zusammenzufassen. Dadurch werden die Verzahnung von Gelände und Baukörperstruktur als Faktoren einerseits und die wesentlichen Elemente, wie Temperaturverhalten etc., andererseits zur Abgrenzung der Klimatope ersichtlich.

Abschließend sei bemerkt, dass sich die in der Legende angeführte nächtliche Temperaturdifferenzierung auf die Bedingungen in wolkenarmen Nächten bezieht (Mittel aus ca. einem Drittel aller Nächte), was immerhin Horizontalunterschieden zwischen dem wärmsten und dem kältesten Punkt von 9 bis 10 K, im Winter auch mehr, entspricht. Der Stadtrandgürtel (Nr. 8) im Süden von Graz scheint aus Platzgründen im Diagramm nicht auf und umfasst den Bereich zwischen 0,5 bis 1,5 K Temperaturdifferenz (zum Bezugspunkt Thalerhof).

Irreführend scheint bei dem Vergleich mit der Hauptkarte die Bezeichnung „Stadtklima“ zu sein, die eigentlich als Überbegriff fungieren sollte. Wie die Abgrenzung der Stadtklimatope zeigt, bildet die Baukörperstruktur nur ein Merkmal zur Differenzierung, beispielsweise umfasst der Wärmeinselnkern (Stadtklimatop 1) große Teile der gründerzeitlichen Bebauung (mit nur geringem Anteil an begrünten Innenhöfen).

Hier schien die Hervorhebung dieser wichtigen Stadtklimaeigenschaften besonders wichtig. In den Hanglagen der Seitentäler wurde überhaupt auf eine Differenzierung hinsichtlich der Baukörperstruktur verzichtet, da ohnedies eine lockere Einzelbebauung vorherrscht. Diese Hanglagen erfahren jedoch eine Differenzierung bezüglich der Strahlungsverhältnisse, die durch entsprechende Signaturen (+ = Überschuss in Südhängen, – = Defizit) gekennzeichnet wurden.

6.6 ZUSAMMENFASSENDE BESCHREIBUNG DER STADTKLIMATOPE

Die folgende Beschreibung dient als Ergänzung. Der Wärmeinselnkern (Klimatope 1 und 2) umfasst die gesamte Altstadt und westlich der Mur auch Teile der gründerzeitlichen Bebauung, mit deutlich höherem Versiegelungsgrad als im „Gründerzeitgürtel“. Der Westabschnitt (Nr. 1 in der Karte) unterscheidet sich vom östlichen Teil durch die Durchlüftungsverhältnisse.

So lässt sich östlich der Mur speziell in der ersten Nachthälfte die von Nordosten her einströmende Kaltluft aus den Seitentälern nachweisen (besonders gut infolge Kanalisierungseffekt im Bereich des Ringes zwischen Oper und Neutorgasse), während der Westteil ausschließlich vom Murtalauswind beherrscht wird, der jedoch wegen der unregelmäßigen Straßenführung selten oder nur abgeschwächt bis ins Straßenniveau durchgreift. Leitlinien für den Murtalauswind bilden hingegen neben der Mur (1 bis 3 m/s) auch die Sackstraße und der Lendplatz. Die Überwärmung gilt nach den Messfahrten nur für die Nacht; tagsüber gibt es im Gegensatz zu Großstädten in Deutschland keinen Wärmeineffekt und daher auch kein zum Zentrum gerichtetes Flurwindssystem, wie etwa in Dortmund.

Tagsüber sind Vergleiche zwischen Innenhöfen unterschiedlicher Ausgestaltung und besonnten Plätzen von Interesse. Kleine, begrünte, stark beschattete und abgeschlossene Innenhöfe verzeichnen dabei die stärksten negativen Abweichungen (3 bis 5 K) von der Referenzstation Thalerhof, während die Plätze wegen der Windoffenheit nur kurzfristig geringfügig (bis ca. 1 K) wärmer sind als das Umland – Ergebnisse, die sich im Übrigen recht gut mit Untersuchungen aus Freiburg decken (W. Nübler, 1979). Wichtig für die Schadstoffausbreitung ist, dass sich während der Nacht durchwegs Bodeninversionen unter dem wärmeren Murtalauswind bilden, was z. B. in den größeren Städten Deutschlands nicht beobachtet werden kann, wo sich überwiegend „abgehobene“ (= freie) Inversionen über den jeweiligen Wärmeinselnkernen einstellen.

Allerdings ist die Inversionshäufigkeit im Grazer Stadtkern gegenüber dem Umland etwas geringer.

Um den Wärmeinselnkern schließen Gründerzeitviertel an, im Westen die Industrie- und Gewerbezone „Hauptbahnhof“ (Nr. 4), die in der Nacht eine fast annähernd so starke Überwärmung aufweist wie die Wärmeinsel und hauptsächlich wegen der starken Aufheizung der versiegelten Flächen eigens ausgeschieden wurde. Im Gegensatz dazu wird die Wärmeinselintensität im Gründerzeitgürtel Ost (Nr. 3c) deutlich durch die einfließende Kaltluft aus den Seitentälern gedämpft, wodurch sich neben einer auffälligen Asymmetrie zum Westen auch lufthygienische Vorteile ergeben (raschere und bessere Lüfterneuerung trotz der schon erheblich verbauten und somit vorbelasteten Seitentäler).

Bei einem Vergleich der Situation tagsüber schneiden die Gründerzeitgürtel besser ab als weite Teile des Wärmeinselnkerns, da die Innenhöfe großflächiger gestaltet und überwiegend begrünt sind, wodurch sich, wie die Messergebnisse der Station Hof/Harrachgasse zeigten, ein bioklimatisch ausgesprochen behagliches Wohnklima ergibt. Bei Durchschnittstemperaturen, die durchaus noch Wein- oder Marillenanbau gestatten würden, bleiben die Extreme gedämpft. Bezüglich der Strömungsverhältnisse ist auf die nächtliche Windscherung zwischen stadteinwärts strömender kälterer und wärmerer Luft des Murtalauswindes zu achten, der generell für die Durchlüftung des Klimatops Nr. 3b (Geidorf) verantwortlich zeichnet, während sich im Süden (Nr. 3a) besonders im Winter in der zweiten Nachthälfte auch Flurwinde bemerkbar machen und die Nebelhäufigkeit gegenüber Nr. 3a deutlich zunimmt. Letztere Aussagen betreffen auch die Industrie- und Gewerbezone 6a in ihrem südlichen Teil, während der nördliche durch kräftigeren Murtalauswind einfluss begünstigt wird.

Infolgedessen führt eine markante Nebelverbreitungsgrenze mitten durch die Zone, wobei der Talnebel häufig gerade noch den Hauptbahnhofbereich erfasst. Konzentrisch um die gründerzeitlichen Klimatope reihen sich die von der Baukörperstruktur her sehr heterogenen „Blockgürtel“ 5a-e, die, von einer noch relativ einheitlichen nächtlichen Überwärmung (3 bis 4,5 K in heiteren Strahlungsnächten) abgesehen, sehr große Unterschiede in der Durchlüftung aufweisen. So wird für bodennahe Emissionsquellen in den Blockgürteln 5b und 5c der Flurwindeinfluss besonders im Winterhalbjahr maßgeblich, während die Abgase großer Emittenten (z. B. das Fernheizkraftwerk Puchstraße in der Industrie- und Gewerbezone 26) mit dem Murtalabwind nach Süden verfrachtet werden. Mit dem erhöhten Flurwindeinfluss verzeichnen die südlichen Blockgürtel 5a, b auch eine wesentlich größere Nebelhäufigkeit (60 bis 90 Tage) gegenüber dem Blockgürtel 5a im Nordwesten (40 bis 50 Tage) bei einheitlicher Durchlüftung. Lufthygienisch benachteiligt wird der Blockgürtel West (Nr. 5e) infolge geringen Einflusses des Murtalauswindes bzw. Fehlens von Kaltluftzufuhr aus Seitentälern.

Im Blockgürtel Ost (5c) war die aus dem kleinen Seitentalkessel Ruckerlberg/Waltendorf ausströmende Kaltluft früher zweifellos wirksamer; heute ist die Bebauung so weit fortgeschritten, dass die einströmende Kaltluft wärmer und der Effekt für die Lufterneuerung bei weitem geringer geworden ist. Damit zählen die Bezirke St. Peter und St. Leonhard zu jenen mit der stärksten Temperaturzunahme seit der Jahrhundertwende, wobei das Ausmaß der Temperaturerhöhung während der Nacht (Verstärkung des Wärmeineffektes) mit 1 bis 2 K für klare Strahlungsnächte abgeschätzt werden kann, woraus sich noch immer eine mittlere Erwärmung in den letzten vier Jahrzehnten um 0,4 bis 0,8 K ergibt. Die thermische Asymmetrie zwischen den wärmeren westlichen und kühleren östlichen Bezirken hat sich somit merklich abgeschwächt, so dass die Differenz in klaren Nächten nur noch etwa 1 bis 3 K, bei höheren Werten im Hauptbahnhofbereich, beträgt.

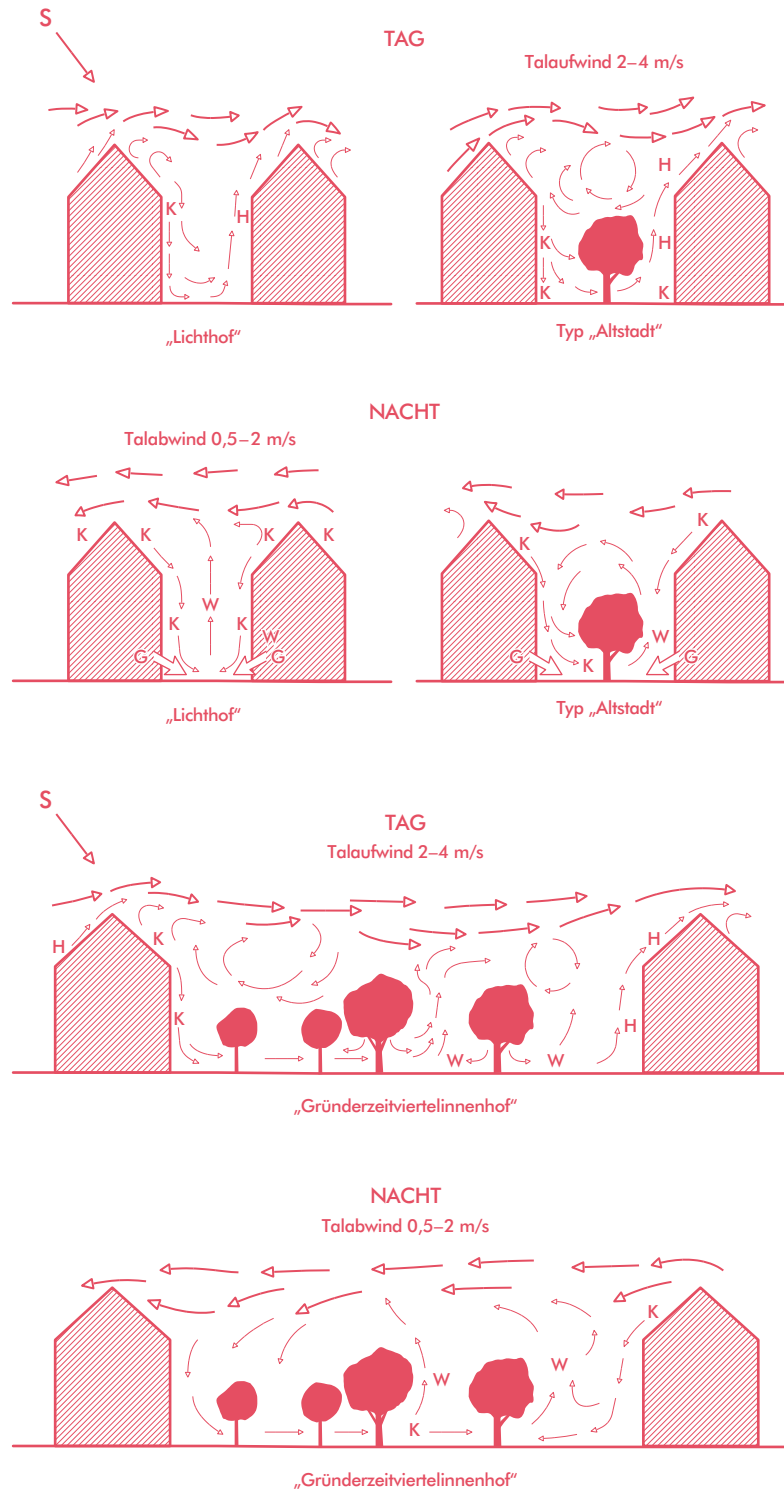
Grundlage: Beobachtungen bzw. Messungen in Innenhöfen, ferner Untersuchungen von W. Reichelt (1979). Zu beachten ist die Abhängigkeit der Strömungsverhältnisse vom Gebäudeabstand.

Von den besprochenen „Blockgürteln“ nach außen nimmt nun der Anteil der Einzelbebauung stark zu, wofür in Anlehnung an einen Teil in St. Peter („Gartenstadt“) die Bezeichnung „Gartenstadtgürtel“ gewählt wurde. Diese lockere Bebauung mit ihrem erhöhten Anteil an Grünflächen dämpft die nächtliche Überwärmung (Wärmeintensität 1,5 bis 3 K), schon wegen der tagsüber geringeren Aufheizung der teils beschatteten Obstgärten bei entsprechender höherer Transpiration. Dadurch bleiben auch tagsüber die Unterschiede zum Umland sehr gering. Beträchtliche Gegensätze sind jedoch hinsichtlich der Durchlüftung und der Nebel- und Inversionsgefährdung zu beachten.

Eine Sonderstellung nimmt der Blockgürtel 7a ein, der gemeinsam mit der heterogenen Zone 7 (teilweise durchaus auch dem Typ Gartenstadt entsprechend) eine wichtige Gemeinsamkeit aufweist: Die Strömungsverhältnisse werden hier durch eine Rezirkulation mit dem Murtalauswind geprägt, was erstmals Modellberechnungen ergaben. Im östlichen Teil herrschen demnach nördliche Winde, im westlichen südliche Winde vor. Dieses Phänomen wird geländeklimatisch durch den Vorsprung mit der Hubertushöhe bedingt, wo sich im Lee ein Wirbel ausbildet.

Die Gartenstadtgürtel West (6a) und Ost (6) unterliegen einem starken Flurwindeinfluss, dadurch sind speziell im Südwesten Windscherungen zwischen 30 und 80 m über Grund typisch. Da die Flurwinde durch Reibungsverluste nur sehr geringe Geschwindigkeiten erreichen (0,3 bis 1 m/s), dominieren in den ersten 10 m über Grund Windstillen, so dass der Gartenstadtgürtel West (Zone 6a) zu den Bereichen mit der geringsten Durchlüftung gehört (Kalmananteil im Winter über 50 %).

Abbildung 3:
Temperatur- und
Strömungsverhältnisse
in Innenhöfen (Tag-
Nacht-Vergleiche)



Am besten schneidet der Gartenstadtgürtel Nordwest (6d) ab, der noch im Randbereich des Murtalauswindes liegt. Mit der geringen nächtlichen Überwärmung verschärfen sich die Bodeninversionen gegenüber den inneren Bezirken, auch die Häufigkeit ist um einige Prozent höher zu veranschlagen. Die Nebelhäufigkeit nimmt nach Süden zu (bis zu 80 Tage mit Nebel), im Gegensatz zur Zone 14, die unter dem Murtalauswind einfluss zu den nebelarmen Zonen in Graz zählt.

Sehr unscharf von der Baukörperstruktur her verläuft die Abgrenzung zum Stadtrandgürtel (Zone 8). Sie beruht im Wesentlichen auf einer deutlichen Zunahme der landwirtschaftlich genutzten Flächen, so dass bei einer Kombination einer lockeren Einzelbebauung (z. B. Murfeldsiedlung) mit älteren Siedlungskernen entlang der Ausfallsstraßen kaum mehr Unterschiede zum Umland (Grazer Feld) bestehen. Charakteristika des Stadtrandgürtels (Typ „Vorstadt“) sind hohe Nebelgefährdung (zwischen 90 und 110 Tage mit Nebel), verstärkte Inversionsbereitschaft und Windarmut mit überwiegendem Flurwind einfluss während der Nacht- und Morgenstunden. Die nächtliche Überwärmung sinkt auf 0,5 bis 2 K ab und betrifft nur mehr die Bereiche mit größerer Bebauungsdichte bzw. die Siedlungskerne. Die Abschnitte der Murauen (Zone 8) weisen bereits negative Abweichungen zur Basisstation Thalerhof auf.

Als Kältepole innerhalb dieses Stadtrandgürtels heben sich die Grünflächen als isolierte Bereiche mit stagnierender Kaltluft markant ab, deren klimaökologische Bedeutung nur auf den Nahbereich (50 bis 100 m) beschränkt bleibt, da die in situ gebildete Kaltluft nur eine geringe Mächtigkeit besitzt. Die große, landwirtschaftlich genutzte Fläche im Südwesten entlang des Buchkogels ist als Sonderklimatop eigens im Tabellenanhang angeführt, da sie bezüglich der Ausbreitungsbedingungen zu den ungünstigsten von ganz Graz zählt (neben den Seitentalkesseln windschwächstes Gebiet).

Ganz im Gegensatz dazu zeichnet sich der Düseneffektgürtel (Zone 9) im Nordwesten von Graz durch sehr starke nächtliche Durchlüftung aus, weshalb diese Bezeichnung auch unabhängig von der Baukörperstruktur (alter Siedlungskern Gösting, Einzelbebauung, kaum Blockbebauung) gewählt wurde. Der

starke Murtalauswind einfluss bewirkt im Winterhalbjahr oft die Ausbildung einer sekundären Wärmeinsel (mitunter höhere Temperatur als im Zentrum von Graz), woraus sich eine deutliche thermische Abweichung vom Stadtrand im Süden ergibt. Parallel dazu handelt es sich um den nebelärmsten Abschnitt im Grazer Feld (weniger als 40 Tage mit Nebel, günstiger schneiden nur noch die höheren Riedellagen ab). Die der Zone 9 zugeordnete Grünfläche des Wasserwerkes (9a) wird vom Murtalauswind aber nicht erfasst, so dass sich dort eine seichte bodennahe Kaltluft ausbilden kann. In nur 30 bis 50 m über Grund werden jedoch schon wieder Windgeschwindigkeiten über 3 m/s gemessen, an der Weinzödlbrücke 4 bis 6 m/s (2 m über Grund, im Kern der Strömung ca. 8 bis 10 m/s).

Teils ältere Siedlungskerne, teils lockere Einzelbebauung (in Andritz auch „verdichteter Flachbau“ und Blockbebauung mit begrenzter Geschosshöhe) kennzeichnen die Baukörperstruktur in den Seitentalmündungsbereichen (Andritz 11, St. Leonhard 10).

St. Leonhard verkörpert dabei noch am ehesten den Typ eines „Willenklimas“. Bei nur geringer nächtlicher Wärmeinselintensität (1 bis 1,5 K) infolge des Kaltluftabflusses aus den Seitentälern und guten lufthygienischen Bedingungen sind auch tagsüber wegen des hohen Baumanteils recht ausgeglichene Temperaturverhältnisse gegeben. Der Seitentaleinmündungsbereich Andritz ist dagegen viel heterogener gestaltet und beinhaltet auch Betriebe (z. B. eine Maschinenfabrik), wodurch die thermischen Verhältnisse und die Durchlüftungsbedingungen durchaus ähnlich der Zone 21 werden. Allerdings ist in Andritz die Nebelhäufigkeit sogar noch etwas geringer als in St. Leonhard.

In den Seitentälern konnte entsprechend der Bebauungsdichte und der Temperaturabweichung von der Basisstation Thalerhof zwischen drei Abschnitten unterschieden werden, wobei die Seitentälbecken (Niederschöckl und Mariatrost/Fölling) gesondert hervorgehoben wurden. Gelten sie doch als „Kältepole“ schlechthin mit Temperaturminima, die jenen in den inneralpinen Tallagen kaum nachstehen.

Auf den beachtlichen Temperaturdifferenzen von 10 K und mehr zwischen diesen Kaltluftreservoirs und dem Wärmeinseln beruht letztlich der Kaltluftabfluss aus den Seitentälern, der durch die Verbauung vor allem der unteren Abschnitte (Zonen 12 und 13) an Stärke eingebüßt hat und zudem durch Emissionen aus dem Hausbrand bzw. dem Kfz-Verkehr (Pendler) vorbelastet wird. Trotzdem leistet er bei kritischen Inversionswetterlagen, wie dies z. B. im Winter 1987/88 der Fall war, einen wesentlichen Beitrag zur rascheren Lüfterneuerung im Osten von Graz.

In Hinblick auf die Schadstoffausbreitungsbedingungen wirkt sich in den Seitentalbecken vor allem die extrem invers geschichtete windschwache Kaltluft ungünstig aus (bei Schneedecke 10 bis 15 K Inversion in den ersten 50 Höhenmetern). Die Nebelhäufigkeit ist in den Becken (Zone 15) wegen der kräftigen nächtlichen Abkühlung gegenüber den anderen Seitentalabschnitten deutlich erhöht, selbst wenn es sich nur um seichte Bodennebelfelder handelt, die sich am Vormittag rasch auflösen.

Tagsüber herrschen in den Seitentälern Taleinwinde, die im Winterhalbjahr belastete Luft aus dem Stadtgebiet mitführen und einen Anstieg der Schadstoffbelastung verursachen. Im Sommerhalbjahr greifen mitunter übergeordnete Winde (Antirandgebirgswinde) mit östlichen Komponenten in das Geschehen ein, so dass in den Seitentälern insgesamt als Hauptwindrichtung die Talwindkomponenten (Nord bis Ost) dominieren.

Hinsichtlich der nächtlichen Temperaturverhältnisse muss noch auf Besonderheiten einiger Seitentäler hingewiesen werden. So sind Gabriachtal und Statteggertal – bedingt durch bauliche Hindernisse und damit verbundenen Kaltluftstau in den unteren Abschnitten – am kältesten. Im Thalerbachtal wird die Kaltluft oft durch den starken Murtalauswind bei Gösting am Ausfließen gehindert bzw. wird von der wärmeren Luft des Murtalabwindes regelrecht „aufgezehrt“, wie dies in den Thermalaufnahmen sehr eindrucksvoll zu erkennen ist.

Nur bei schwacher Entwicklung des Murtalauswindes konnte Kaltluftabfluss aus dem Thalerbachtal beobachtet werden, der aber keinesfalls die Bedeutung

jenes aus den Seitentälern im Osten erlangt. In der Einöd, dem einzigen Taleinschnitt im Plabutsch-Buchkogel-Zug, lässt sich wohl ein schwacher Kaltluftabfluss beobachten, der aber nur lokale Bedeutung hat. Eine weitere Sonderform der Seitentäler im Osten von Graz stellen solche mit einer Talverengung am Talaustritt dar, so dass von einem „Talkessel“ gesprochen werden muss (Zone 16). Dabei wird einerseits der Kaltluftabfluss weiter behindert, andererseits die Ventilation tagsüber speziell im Winterhalbjahr auf ein Minimum abgesenkt. Hinsichtlich der Ausbreitungsbedingungen kommt zu der großen Inversionsbereitschaft und Kalmenhäufigkeit erschwerend hinzu, dass durch die Bebauung der Hanglagen gegenseitige Immissionsbelastungen (Hausbrand speziell bei Festbrennstoffkesseln) auftreten können.

Der Typ „Seitentalkessel“ umfasst ferner nicht nur die Tal-, sondern auch die zugehörigen Hangbereiche, wobei die klimatisch wesentlich günstigeren Oberhanglagen der Zone 18 (Riedelrücken im Osten von Graz) zugeordnet wurden. Der Übergang kommt in der Karte wesentlich schärfer zum Ausdruck, als es der Realität entspricht.

In den Hanglagen sind nun neben der thermischen Differenzierung (Temperaturzunahme nach oben) auch Besonnungsgegensätze zu beobachten, die in den Thermalanalysen des Mittagsfluges gut wiedergegeben werden.

Bezüglich der Lufttemperaturverhältnisse sind je nach Windexponiertheit der Hänge Überwärmungen in den Südhängen von 0,7 bis 1,5 K gegenüber neutralen Lagen zu berücksichtigen. Die rasche Erwärmung der besonnten Hanglagen führt ferner zu Hangaufwinden, während an nordexponierten, beschatteten Hanglagen vor allem im Winterhalbjahr auch tagsüber Hangabwinde auftreten können. Wegen der großen Unterschiede bezüglich der Durchlüftung und thermischen Struktur wurden in der Karte die Hanglagen in den Seitentälern (Zone 17), die besonders in der zweiten Nachthälfte und am Morgen stark von den Seitentalauswinden und deren Inversionsaufbau beeinflusst werden, gesondert von jenen Hanglagen ausgeschieden, die im Grazer Feld dem Regime des Murtalauswindes unterliegen, was

ausnahmslos für die Zone 19 (untere Hangzone Ost) und eingeschränkt für die Hänge des Plabutsch-Buchkogel-Zuges (20) zutrifft.

Die Abgrenzung dieser Hänge nach oben ist im Osten durch die begünstigten und gut ventilerten (Murtalauswind einfluss) Riedelrücken (Zone 18a) gegeben, während im Westen die obere Hangzone (Nr. 21) anschließt, die sich durch wesentlich höhere nächtliche Temperaturen („warme Hangzone“) und eine deutlich verringerte Inversionsgefährdung auszeichnet.

Während die niedrigeren Riedelrücken im Osten (Nr. 18b) Seehöhen zwischen 430 und 550 m) die seichten Bodeninversionen überragen, liegt die warme Hangzone oberhalb von ca. 200–300 m über Grund im Sommerhalbjahr schon oberhalb der meisten Bodeninversionen. Im Winterhalbjahr bleibt sie über den für kritische Inversionslagen ungünstigen Mischungsschichthöhen von ca. 200 m, was einer Untergrenze der abgehobenen Inversionen von 550 m entspricht. Somit wird die bewusst starke farbliche Kontrastierung in der Karte zwischen den Zonen 20 und 21 verständlich, zumal noch zu beachten ist, dass in etwa 550 m Seehöhe häufig die Obergrenze des Murtalauswindes verläuft und die Windverhältnisse dieser Zone in zunehmendem Maße von modifizierten Gradientwinden bzw. übergeordneten Windsystemen im Alpenvorland (Randgebirgswind) geprägt werden.

Als Besonderheit zu den Hanglagen ist noch zu erwähnen, dass sich in ausgeprägten Hangmulden Kaltluftabfluss ausbilden kann, der nur eng begrenzte lokale Bedeutung hat (Zone Nr. 11 z. B. am Reinerkogel). Zu dieser Zone gehört auch ein kleines Tälchen am Südfuß des Buchkogels, wo sich die Hangkaltluft sammelt und weiter abkühlt, so dass die Ausbreitungsbedingungen wegen der geringen Geschwindigkeiten und hohen Inversionsgefährdung als sehr ungünstig anzusehen sind.

Die höchsten Kamm- und Gipfellagen der Umgebung von Graz (Gipfelzone Nr. 22, ab ca. 620 m Seehöhe) unterscheiden sich von der oberen Hangzone (21) hauptsächlich durch ihre windoffene Lage und die damit verbundene gute Ventilation, wobei die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten am Admonter Kogel und am Straßengelberg mit ca. 3 m/s

(Jahresmittel) zu erwarten sind, was auf deren Überströmung durch den Murtalauswind mit seinem entscheidenden Einfluss auf die Durchlüftung zurückgeht. Nach Messungen am Nordschacht der Plabutschtunnelentlüftung am Gaisberg in 660 m schwanken die Monatsmittel zwischen 2 und 3 m/s, Kalmen sind sehr selten. Die Lage der beiden Schächte wurde so gewählt, dass die emittierte Abluft guten Verdünnungsmöglichkeiten unterliegt, wobei die Voraussetzungen dafür mit der Durchlüftung und der Lage oberhalb der häufigsten Bodeninversionen im Sommerhalbjahr erfüllt sind. Im Winter befindet sich die Gipfelzone über den kritischen Mischungsschichthöhen und hat daher erhöhte Bedeutung für die Naherholung.

6.7 HINWEISE ZU DEN SONDERKLIMATOPEN

Im Gegensatz zu den Seitentälern mit Kaltluftabfluss bilden sich über den Grünflächen (bzw. landwirtschaftlich genutzten Flächen) nur sehr seichte stagnierende Kaltluftkörper aus, deren Einfluss auf den Nahbereich beschränkt bleibt; eine klimaökologische Ausgleichsfunktion geht jedenfalls von den isolierten Flächen kaum aus. Hingegen sind die Parks ab einer gewissen Mindestgröße (etwa der des Augartens) durchaus im Sinne einer Ausgleichsfläche, speziell tagsüber, zu sehen. Neben der Rolle als Feuchte- und Schattenspender (Abkühlungseffekt) kommt diesen Flächen eine wesentliche Rolle als Staubfilter zu.

Als Sonderklimatop scheint ferner der Schlossberg auf, der durch Expositionsgegensätze erhebliche Unterschiede zwischen der Süd- und Westflanke bzw. der kühlen Nordflanke aufweist. Der Kuppenbereich erweist sich nach den Messergebnissen als sehr gut durchlüftet mit starkem Einfluss des Murtalauswindes (Monatsmittel der Windgeschwindigkeit 2 bis 4 m/s, selten Kalmen). Thermisch zeigt sich der Gipfelbereich des Schlossberges wärmer als der Wärmeinseln, so dass insgesamt an der Südflanke des Schlossberges Jahresmittel von fast 10 °C erreicht werden („Wärmepol“ im Stadtgebiet, zum Vergleich Mariatrost/Fölling).

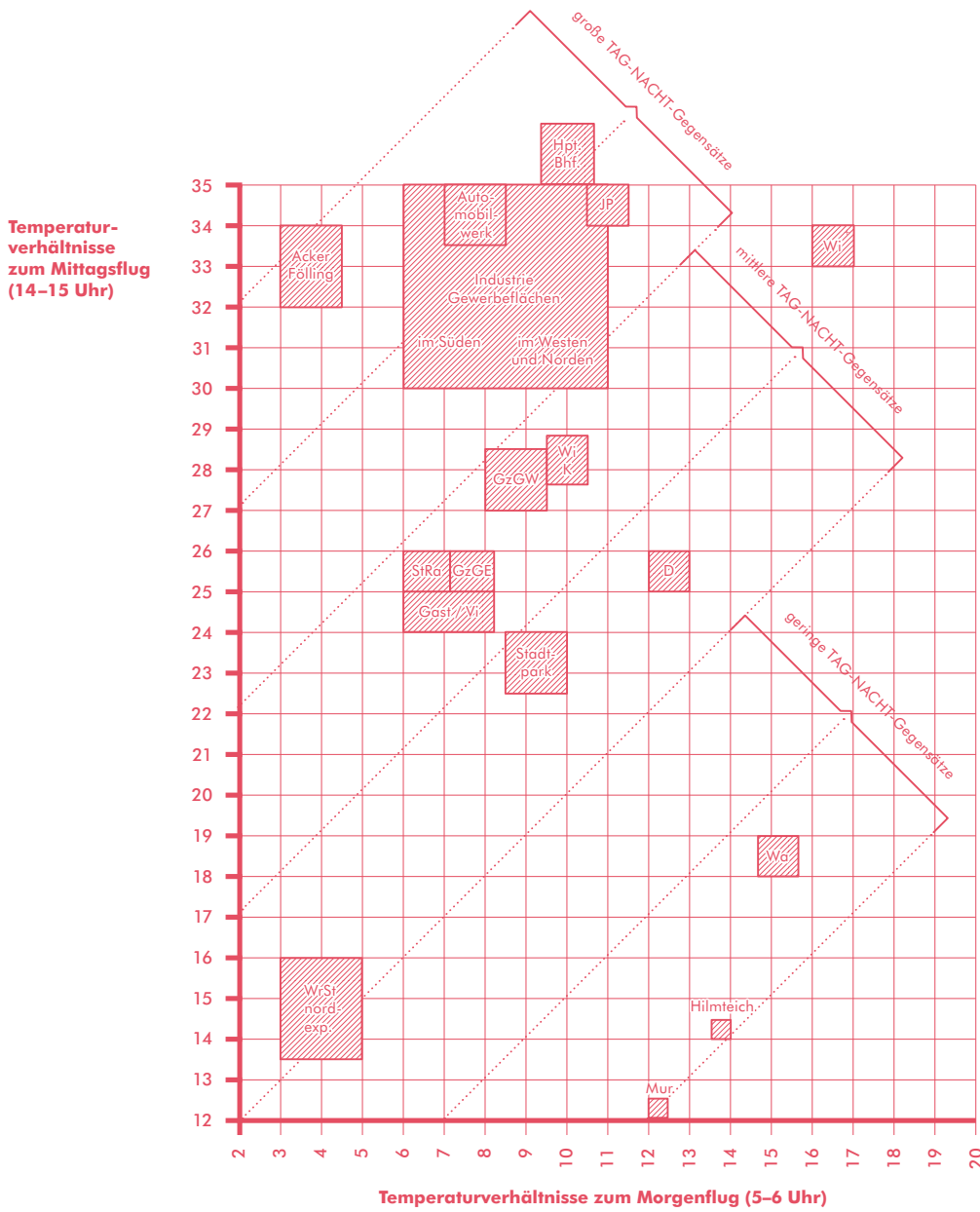


Abbildung 4: Oberflächen- und Lufttemperaturverhalten ausgewählter Baukörperstrukturen bzw. sonstiger Klimatope (Grundlage: Thermaldaten der Flüge vom 2. und 3. Oktober 1986 und Temperaturdaten der zugehörigen Messfahrten)

- | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| Wrst: Waldrandstreifen | D: Düseneffektbereich | Gast: Gartenstadtgürtel |
| Wa-: Wald (nordexponiert) | WIK: Wärmeinseln | StRa: Stadtrandgürtel |
| Wi+: Wiesen (südexponiert) | Gza: Gründerzeitgürtel im Osten | Vi: Villenviertel |
| JP: Jakominiplatz | Gzb: Gründerzeitgürtel im Westen | StPlk: Stadtpark |

