

Integrative Analyse von thermischer Emission und statistischen Gebäudeinformationen zur Erkennung von Optimierungspotenzialen in Stadtgebieten

Klaus Steinnocher¹ und Michael Hödlmoser²

¹AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien · klaus.steinnocher@ait.ac.at

²Siemens AG Österreich, Wien

Short paper

1 Einleitung

Energieeffizienz ist ein wichtiges Kriterium moderner Stadtplanung und Optimierung. Bislang liegen stadtbezogene Daten in unterschiedlicher Qualität, Aktualität und räumlicher Auflösung fragmentiert bei unterschiedlichen Datenhaltern auf. Somit mangelt es an einer gemeinsamen Datenbasis konsolidierter und harmonisierter Datensätze. Aber sind bereits alle relevanten Informationen überhaupt erfasst? Durch welche Datenerhebungen ist sichergestellt, dass das Wissen um den tatsächlichen Energieverbrauch, um das Nutzerverhalten sowie die Verursachung – im Gegensatz zur zeitlich/räumlich vermengten Auswirkung zeitnah und ortsbezogen erfasst sind?

Das Projekt HOTSPOTS verfolgt das Ziel, Städten Werkzeuge und wissenschaftlich fundierte Methoden in die Hand zu geben, um den aktuellen Zustand des Baubestandes hinsichtlich Energieeffizienz zu erfassen und Entscheidungsgrundlagen zu liefern, um diesen Zustand zu verbessern. Im Rahmen des Projektes wird eine Verfahrenskette entwickelt, die mittels Erfassung von Thermaldaten und Verknüpfung mit statistisch erhobenen Daten sogenannte Hotspots erkennen lässt, die sich durch besonders hohes Optimierungspotenzial auszeichnen. Im zweiten Teil des Projektes werden diese Hotspots dann im Detail analysiert, die Schwachstellen ausgewiesen und Vorschläge für Maßnahmen erarbeitet.

2 Thermalkataster

Die erste Projektphase beinhaltet die Erstellung eines 3D-Thermal-Katasters, der auf einer flächendeckenden Erfassung von Thermaldaten des Stadtgebietes basiert. Die Infrarottechnologie eignet sich hervorragend, um schnell und effektiv Energieverluste bei der Beheizung oder Klimatisierung von Gebäuden zu detektieren. Zudem eignen sich Wärmebildkameras als Nachweis für die Qualität und die richtige Ausführung von baulichen Maßnahmen.

Derzeit werden Einzelbilder für detaillierte interaktive Analysen herangezogen. Die Information ist zwar theoretisch in den Einzelbildern erkennbar, für das menschliche Auge aber sehr schwierig in einen korrekten geometrischen Kontext zu stellen. Nachdem der geometrische Kontext die Grundlage für die Lokalisierung der Optimierungspotenziale darstellt,

wird im Folgenden ein System präsentiert, das im Rahmen des vorliegenden Projekts entwickelt wird und in der Lage ist, diese Verknüpfung automatisch herzustellen.

Im Projekt wird ein spezieller multispektraler Messkopf eingesetzt, der zusätzlich zu einer Thermalkamera eine hochauflösende 2D-Kamera in einem kalibrierten Setup realisiert. Dieser Messkopf wird mittels Heißluftballon transportiert, um eine flächendeckende Erfassung von Thermaldaten im Stadtgebiet zu ermöglichen.

Aus dem Stand der Technik sind unter dem Begriff „Structure from Motion (SfM)“-Verfahren etabliert, die aus überlappenden zweidimensionalen Bildsequenzen dreidimensionale Strukturen generieren. Die Bildsequenzen können dabei auch ungeordnet vorliegen.

In den Bildern werden sogenannte „Interest Points“ detektiert und mit Deskriptoren versehen. Ein Deskriptor beschreibt die lokale Umgebung eines Interest Points und erlaubt es, bildübergreifende Korrespondenzen zwischen Interest Points herzustellen. Dabei wird jedes Bild mit jedem anderen in der Sequenz verglichen. Vom Begriff „SfM“ abgeleitet, können mittels dieser Korrespondenzen sowohl die „Struktur“ (= 3D-Punktwolke), als auch die „Motion“ (= Kamerapositionen) zwischen zwei Bildern hergestellt werden. Sind die 3D-Punkte berechnet und die Kamerapositionen bekannt, erfolgt in einem nächsten Schritt die Verdichtung dieser Punkte, um eine dreidimensionale Oberfläche zu erhalten. Zur Vertiefung in das Thema 3D-Bildverarbeitung sei auf HARTLEY und ZISSERMAN (2004) verwiesen.

Aufgrund des eingesetzten Kamerakopfes sind Bilder mit thermaler Information automatisch im korrekten geometrischen Kontext verfügbar, sobald die Farbbilder im dreidimensionalen Raum sortiert sind. Somit kann die thermische Information in einem weiteren Schritt direkt als Textur auf das 3D-Modell der Umgebung angebracht werden.

3 Statistische Daten

Die Thermalkataster liefert zwar die thermische Emission der Gebäude, gibt aber noch keinen Aufschluss über die Eigenschaften der Emittenten. Als Referenz werden daher statistisch erhobene Daten über Gebäudeeigenschaften und Heizungsart herangezogen. Die Regionalstatistischen Raster der Statistik Austria liegen in einer Auflösung von 250 m vor und beinhalten Informationen zu Gebäuden und deren Eigenschaften (STATISTIK AUSTRIA 2014). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Informationen über die Rasterung generalisiert werden und daher nicht der direkte Rückschluss auf ein einzelnes Gebäude möglich ist.

Daten aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) stehen zum aktuellen Stand zur Verfügung und umfassen Anzahl der Gebäude, der Wohnungen, der Wohngebäude, der Nutzungseinheiten und der Gebäude mit Wohnungen pro Rasterzelle. Die erfassten Merkmale der Gebäude beinhalten auch die Differenzierung nach Bauperioden, eine Information, die im vorliegenden Projekt von Bedeutung sein wird. Weiters gibt es Informationen zu Energieträgern für die Wohnungsbeheizung und überwiegender Heizungsart, die allerdings auf den letzten Zensus zurückgehen und daher nur mit Stand 2001 verfügbar sind. Sie unterscheiden Energieträger wie Heizöl, Holz, Kohle, Strom, etc. sowie Heizungsarten wie Fernwärme, Blockheizung, Zentralheizung, Einzelofen etc.

4 Erste Ergebnisse

Die Verfahrenskette, die im Rahmen des Projekts entwickelt wird, soll generisch für eine Vielzahl von Städten einsetzbar sein. Ein erster Prototyp wird exemplarisch in der Stadtgemeinde Gleisdorf umgesetzt.

4.1 Thermalkataster

Für die Datenaufnahme wurde ein spezieller Kamerakopf, bestehend aus RGB/Thermal/NIR-Kamera, entwickelt und auf dem Korb des Heißluftballons montiert (Abb. 1). Zusätzlich kommt ein GPS Empfänger zum Einsatz, um das entstehende Modell georeferenzieren zu können. Tab. 1 beschreibt die verwendeten Kameras und ihre entsprechenden geometrischen Eigenschaften, sowie die Bodenauflösung bei einer Höhe von 500 Metern.

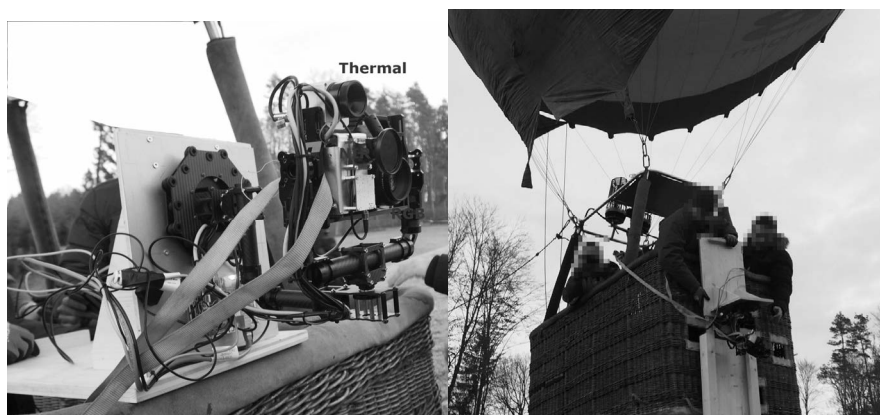


Abb. 1: Aufbau des Kamerakopfes (links) und Anbringung am Ballon (rechts)

Tabelle 1: Verwendete Kameras und ihre geometrischen Eigenschaften

	RGB-Kamera	Thermalkamera	NIR-Kamera
Modell	Canon EOS 6D	Optis PI640	uEye UI-1490SE-M-GL
Auflösung	5472 × 3648	640 × 480	3840 × 2748
Brennweite	12 mm	18.4 mm	4 mm
Bodenauflösung	6 cm	46 cm	10 cm

Der Kamerakopf wird mittels geeigneter Halterung am Ballon befestigt und gesichert. Um eine großflächige Abdeckung erreichen zu können, ist ein Schwenkmechanismus eingebaut, sodass der gesamte Kamerakopf automatisch geschwenkt werden kann. Damit wird sichergestellt, dass die Überlappung zwischen den Einzelbildern, die zwingend für die 3D-Rekonstruktion notwendig ist, ausreichend hoch ist und dennoch eine großflächige Aufnahme bei geradliniger Fortbewegung des Ballons realisiert werden kann. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt der aufgenommenen Daten.

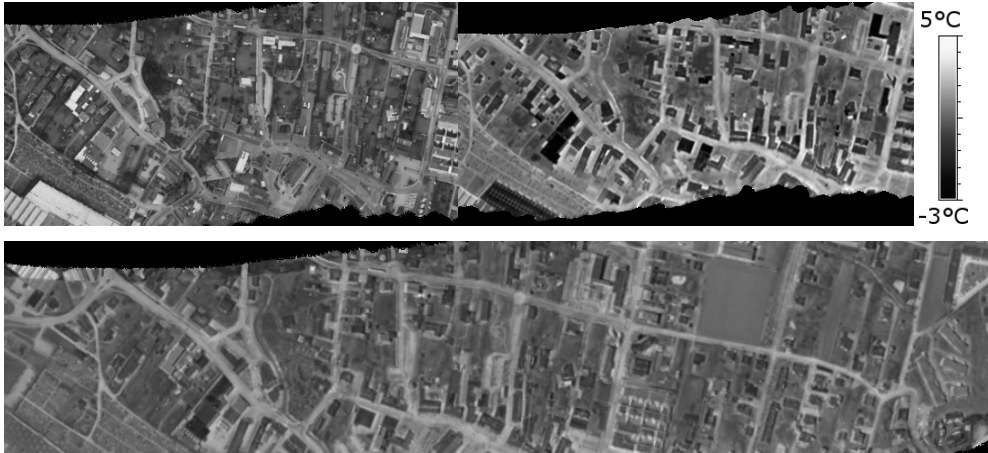


Abb. 2: Identer Ausschnitt aus RGB- und Thermalbildern (oben), ko-registrierte überlagerte Bilddaten (unten)

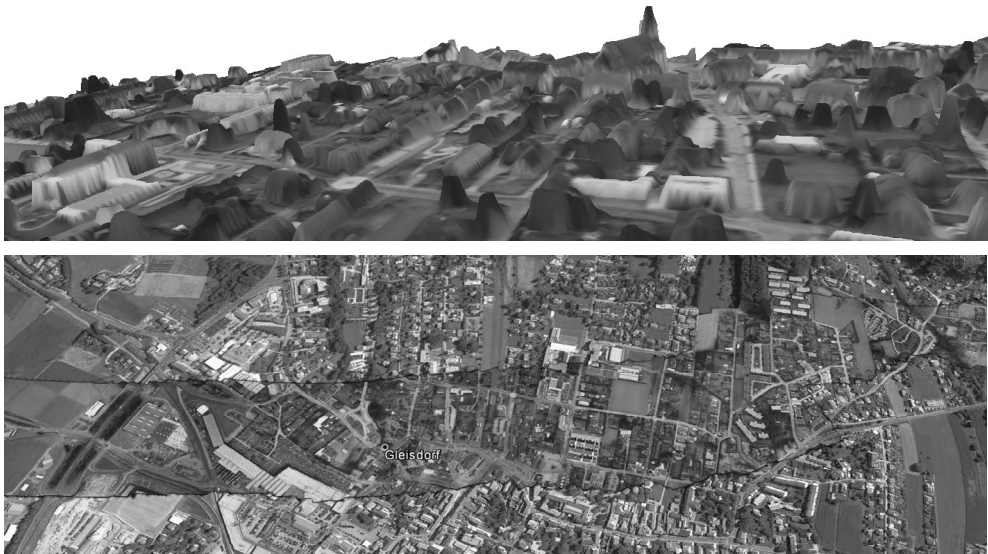


Abb. 3: Ergebnisse der 3D rekonstruierten Umgebung in Schrägansicht (oben), Darstellung des Aufnahmestreifens in Google Earth (unten)

Da es sich in erster Näherung um Senkrechtaufnahmen handelt, wird die 3D-Rekonstruktion auf 2,5-Dimensionen beschränkt, d. h. jeder Punkt am Boden bekommt genau einen entsprechenden Höhenwert zugewiesen. Abbildung 3 zeigt das Resultat der rekonstruierten Umgebung auf der Basis von RGB-Bildern. Im zukünftigen System werden die Thermaldaten als Textur für das Modell verwendet, das aus den RGB-Bildern gewonnen wird. Der erfasste Aufnahmestreifen der ersten Kampagne hat eine Ausdehnung von ca. 3500×400 Metern und deckt das Zentrum von Gleisdorf ab (Abb. 3 unten).

4.2 Statistische Daten

Wie in Kapitel 3 angesprochen, werden als Referenzinformationen Regionalstatistische Raster der Statistik Austria herangezogen. Abbildung 4 zeigt ein solches Raster für die Gemeinde Gleisdorf sowie die umliegenden (mittlerweile zusammengelegten) Gemeinden. Die Stadt Gleisdorf liegt dabei im Zentrum des Gebietes. Dargestellt wird die Anzahl der Gebäude pro Bauperiode (vor 1945, 1945-2000, nach 2000), wobei die drei Bauperioden den Farben rot, grün und blau zugeordnet sind. Die Farbmischung erlaubt dabei den Rückschluss auf die Gebäudealter innerhalb einer Rasterzelle (z. B. blau = neue Gebäude, gelb = Mischung aus alten (roten) und mittleren (grünen) Gebäuden).

Aus Datenschutzgründen werden Merkmale zu den Objekten nur für ausreichend besetzte Rasterzellen ausgewiesen. Gebäudemerkmale werden dann weitergegeben, wenn in einer Rasterzelle mindestens drei Gebäude oder mindestens drei Wohnungen vorhanden sind.

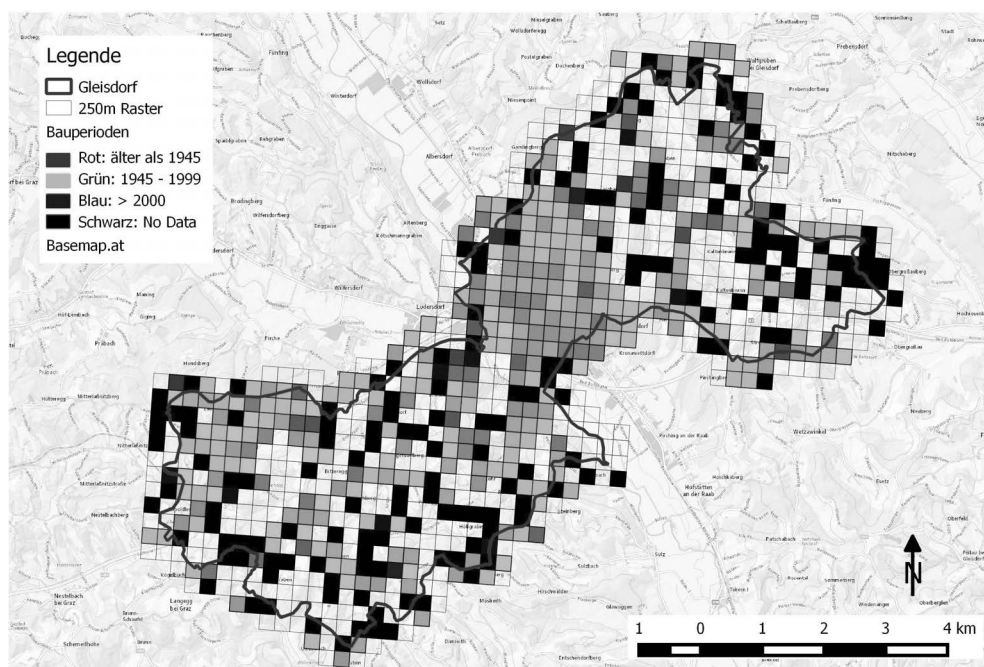


Abb. 4: Regionalstatistische Raster der Gemeinde Gleisdorf – klassifiziert nach Bauperioden der Gebäude

Rasterzellen, die aus Gründen des Datenschutzes in Bezug auf die Bauperioden keine Angaben aufweisen, sind in der vorliegenden Abbildung schwarz dargestellt. Wie deutlich zu sehen ist, handelt es sich um eine nicht unbedeutende Anzahl von Zellen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Gebäude, die in diesen Zellen liegen, in Summe gering und daher vernachlässigbar ist.

5 Ausblick

Erst die Kombination der Thermalmessdaten mit den statistischen Daten im GIS ermöglicht die Erkennung von Hotspots, also Rasterzellen, die auf ein besonders hohes Optimierungspotenzial hinweisen. Die Integration der beiden Informationslayer erfolgt dabei mittels multifaktorieller Analyse; z. B. gemeinsames Auftreten von hoher Emission, ineffizienter Heizungsart in einer bestimmten Bauperiode. Für eine detaillierter räumliche Zuordnung werden auch Methoden der räumlichen Disaggregation herangezogen, die die räumliche Verteilung bestimmter Parameter innerhalb der Zelle erlauben.

In einem weiteren Schritt werden diese erkannten Hotspots dann mittels Detailanalyse auf ihre Energieoptimierungspotenziale untersucht. Dafür wird ein Sensorkopf implementiert werden, der neben den bildgebenden Aufnahmegeräten auch andere, zur Bewertung der Luftgüte relevante Sensoren, integrieren soll. Nach der Datenerhebung und -verknüpfung wird ein entsprechender Maßnahmenkatalog abgeleitet, der in weiterer Folge den Weg zur Verbesserung des Stadtklimas durch effiziente Nutzung der verfügbaren Energie ebnen soll.

Danksagung

Das Projekt HOTSPOTS wird durch das BMVIT über die FFG im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Stadt der Zukunft“ gefördert (Projekt # 845122). Weitere Informationen zum Projekt finden sich unter: www.projekt-hotspots.at.

Literatur

- HARTLEY, R. & ZISSERMAN, A. (2004), Multiple View Geometry in Computer Vision. 2nd Edition. Cambridge University Press.
- STATISTIK AUSTRIA (2014), Regionalstatistischer Raster, Stand Juli 2014.
http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/regionalstatistische_rastereinheiten/index.html.