

<b>Zeitschrift:</b>	Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia
<b>Herausgeber:</b>	Verband Geographie Schweiz ; Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich
<b>Band:</b>	53 (1998)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Die Erfassung von städtischen Oberflächen mittels EDV-gestützter Luftbildauswertung : ein Beitrag zur klimatologischen und luftklimatischen Bewertung von städtischen Teilflächen
<b>Autor:</b>	Sandtner, Martin
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-872329">https://doi.org/10.5169/seals-872329</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Erfassung von städtischen Oberflächen mittels EDV-gestützter Luftbildauswertung

Ein Beitrag zur klimatologischen und luftklimatischen Bewertung von städtischen Teilflächen

## Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt, daß die rechnergestützte analog-visuelle Stereoauswertung von großmaßstäbigen Color-Infrarot-(CIR)-Luftbildern und die anschließende Datenverarbeitung in einem Geographischen Informationssystem (GIS) Grundlagendaten liefern kann, die zur stadtökologischen Zustandsbeschreibung in planungsrelevanten Maßstäben nötig sind. Nur konventionelle Luftbilder bieten aufgrund ihrer hohen räumlichen Auflösung den für die Stadtplanung erforderlichen Detailreichtum. Ein Beispiel dafür ist die Ableitung von Wertungen zur klimatischen und lufthygienischen Situation aus einer Kartierung städtischer Oberflächenarten (Maßstab 1: 2500). Argumentationen aufgrund detaillierter aktueller Grundlagendaten können Umweltbelangen im planerischen Abwägungsprozeß gegenüber konkurrierenden öffentlichen und privaten Belangen mehr Gewicht verschaffen.

## Abstract

The article shows that the computer-aided, analogous-visual, stereometric interpretation of large-scale colour-infrared (CIR) aerial photographs and subsequent data processing in a Geographical Information System (GIS) can provide fundamental data necessary to describe aspects of urban ecology in a scale relevant for city-planning. This is exemplified by an evaluation of urban areas concerning their climates and air pollution using maps of urban surfaces (scale 1:2500). An argumentation relying on such detailed and current basic data can stress the importance of environmental aspects in contrast to competing public and private interests in the process of city planning.

## 1. Einführung

Eine wichtige Aufgabe der kommunalen Verwaltung ist es, die Entwicklung der Bautätigkeit im Gemeindegebiet zu leiten. Im Rahmen des Planungsprozesses ist eine Kommune gemäß dem Deutschen Baugesetzbuch (BauGB) verpflichtet, mittels Bauleitplänen «... eine geordnete städtebauliche Entwicklung und eine dem Wohl der Allgemeinheit entsprechende sozialgerechte Bodennutzung (zu) gewährleisten und dazu bei(zu)tragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern und die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln» (§ 1, Abs. 5 BauGB). Dabei gilt es, die verschiedenen öffentlichen und privaten Belange untereinander gerecht abzuwägen. Belange, die sich quantitativ

darstellen lassen, sind in diesem Abwägungsprozeß oft im Vorteil gegenüber Belangen, die sich nur qualitativ beschreiben lassen oder deren Wirkung nicht unmittelbar erkennbar ist. Der Umweltschutz erlangt demnach häufig eine untergeordnete Bedeutung. Nur die Bereitstellung «harter Argumente» im Umweltbereich kann das Gewicht des Umweltschutzes erhöhen (BRÜNDL 1995, S. 226).

Grundlage einer Untersuchung der zu erwartenden Auswirkungen eines Projektes ist die Erfassung der derzeitigen Ausprägung der Umwelt. Es muß das konkrete natürliche und künstliche Objektinventar im Umgriff des Planungsvorhabens identifiziert und lokalisiert werden. Die Daten müssen in einem planungsrelevanten Maßstab vorliegen, um harte Argumente zu den Umweltmedien wie Boden, Wasser, Luft und Klima sowie Arten und Lebensraum liefern zu können. Für den vorbereitenden Bauleitplan (Flächennutzungsplan) ist dies der Maßstab 1:5000, bei größeren Gebieten evtl. 1:10 000, für den verbindlichen Bauleitplan (Bebauungsplan) 1:1000, in Ausnahmefällen 1:2500 (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN 1996).

Immer wieder wird in der Literatur über den Mangel an umweltrelevanten Daten dieser räumlichen Auflösung geklagt (RIEDEL, MÜLLER & PACKSCHIES 1989). Nach GASSNER & WINKELBRANDT (1990) besteht zudem die Gefahr der Überinterpretation von Informationsquellen, beispielsweise von Klimainformationen im Maßstab 1:500 000 für Aussagen auf der örtlichen Ebene. Neben der Maßstabsfrage ist die Aktualität der Daten für die Beurteilung der Umweltsituation im sich schnell verändernden urbanen Raum von Bedeutung.

Der vorliegende Beitrag zeigt, daß dem Mangel an umweltrelevanten Daten mit EDV-gestützter, analog-visueller, stereoskopischer Interpretation von Color-Infrarot-Luftbildern mit relativ geringem Aufwand begegnet werden kann. Unter Ausnutzung von Forschungsergebnissen, aber ohne eigene Messungen im Gelände wird dargestellt, wie die stadtökologische, speziell die stadtökologische Situation von Teilläufen innerhalb des Stadtgebiets bewertet werden kann.

## **2. Erfassung und Verwaltung umweltrelevanter räumlicher Daten von urbanen Räumen**

Nach KRAUSE (1989) ist die Kartierung der Oberflächenarten in der Stadt die geeignete Grundlage für eine stadtökologische Zustandsbeschreibung. Unter dem Begriff der städtischen Oberflächenarten wird «der unterschiedliche, durch die Nutzungsarten bestimmte und vorwiegend durch technische Maßnahmen entstandene materielle Zustand der städtischen Siedlungsfläche unter Einbeziehung ihrer ökologisch wirksamen vertikalen Strukturmerkmale zusammengefaßt» (S. 124). Er hält für die Bestandserfassung die Maßstäbe 1:1000 bis 1:5000 für angemessen.

Als Erhebungsmethoden für Karten des Objektinventars eines Raumes kommen grundsätzlich Geländekartierungen, die Auswertung vorhandener Karten und Pläne sowie der Einsatz von Fernerkundungsmethoden in Betracht. Die Arbeit im Gelände stellt zwar die genaueste, aber auch die aufwendigste Methode dar. Aus Zeit- und Kostengründen kommt sie für Umweltgutachten im Planungsprozeß nur in den seltensten Fällen zur Anwendung. Kartenwerke, die relevante Informationen enthalten, sind die amtlichen topographischen Karten, vor allem die Stadtgrundkarte (Maßstab 1:1000) und die topographische Karte 1:10 000 und, falls vorhanden, thematische Karten wie geomorphologische, geologische, hydrologische oder Boden-, Klima- und Vegetationskarten. Da die thematischen Karten aber meist nicht im notwendigen Maßstab vorliegen und die amtlichen Karten im wesentlichen nur Informationen zu vermaßten Objekten (Häuser, Straßen usw.) enthalten sowie wegen mangelnder Fortschreibung nicht dem aktuellen Stand entsprechen, kann sich eine Erfassung des Zustands der Umwelt meist nicht allein auf diese Daten stützen (GASSNER & WINKELBRANDT 1990).

Entscheidend für die Anwendbarkeit von Fernerkundungsdaten, also analogen oder digitalen Luft- oder Satellitenbildern, in der kommunalen Planung ist die geeignete räumliche Auflösung. Operationelle Satellitensysteme wie LANDSAT und SPOT erreichen eine räumliche Auflösung von 10 x 10 bis 30 x 30 Metern. Daraus lassen sich Karten im Maßstab von 1:500 000 bis 1:50 000 herstellen, die eine gute Übersicht über ganze Stadtgebiete ermöglichen (STRATHMANN 1989). Fotografische Aufnahmen aus Raumfahrzeugen, etwa die Bilder des Experiments Large-Format Camera (LFC) oder des russischen Sensors KFA-1000, erreichen 10 x 10 (LFC) bis 5 x 5 Meter Auflösung. Nach WEBER (1989) eignen sich KFA-Aufnahmen für die Kartierung von Vegetation und Versiegelung in der Stadt, eine Karte für einen Grünüberblick im Stadtgebiet ließe sich im Maßstab 1:50 000 bis 1:25 000 herstellen. Der Maßstab von Hochbefliegungsaufnahmen aus Flugzeugen (High-Altitude Photography, HAP) liegt um 1:100 000. Sie ermöglichen laut PRECHTEL & STRATHMANN (1990) die Herstellung von Kartierungen im Maßstab 1:25 000 bis 1:10 000, beispielsweise für die kleinräumige Gliederung von Stadtgebieten oder die städtebauliche Analyse des Gebäudebestandes.

Die Ansprüche an die räumliche Auflösung, wie sie Umweltverträglichkeitsprüfungen erfordern, können nur konventionelle Luftbilder erfüllen. Sie erreichen eine Auflösung von wenigen Zentimetern bis Dezimetern. Damit vermögen sie im Gegensatz zu anderen Fernerkundungssystemen in die topische Dimensionsstufe nach NEEF (1963) vorzudringen (WIENECKE 1987, 1990) und können Informationen in den planungsrelevanten Maßstäben 1:5000 bis 1:1000 liefern. Für Vegetationserfassungen bieten sich aufgrund der spektralen Auflösung Color-Infrarot-Aufnahmen (CIR-Aufnahmen) an, denn diese erlauben eine klare Trennung vegetationsbedeckter von vegetationsfreien Flächen und ermöglichen durch das unterschiedliche Reflexionsverhalten der Pflanzen im nahen Infrarot Differenzierungen innerhalb des Vegetationsbestandes. Ein weiterer Vorteil der Luftbilder ist die Möglichkeit der stereoskopischen Auswertung. Der Interpret erhält einen räumlichen Eindruck des Geländes, und mit photogrammetrischen Verfahren ist die Ermittlung von Höhendifferenzen, also die Erfassung der dritten Dimension, möglich.

Bei der analog-visuellen Interpretation von Luftbildern erfolgt die Informationsgewinnung durch den Interpreten in zwei Schritten. In einem ersten Schritt werden die Bildinhalte wahrgenommen und identifiziert, im zweiten Schritt folgt die Interpretation für die spezifische Fragestellung. Dazu sind spezielle Kenntnisse im jeweiligen Fachgebiet notwendig. Das Ergebnis einer Luftbildinterpretation ist eine thematische Karte. Bei der Kartierung eines urban-industriellen Raumes zur Beurteilung der Umweltsituation ist dies eine Karte von stadtökologischen Einheiten.

Die Datenspeicherung, -verwaltung und -verarbeitung räumlicher Daten kann in einem Geographischen Informationssystem (GIS) erfolgen. Die Luftbildinterpretation ist eine mögliche Datenquelle für GIS-Anwendungen. Eine durch Luftbildauswertung erstellte thematische Karte kann durch Digitalisieren in ein GIS eingebunden und mit anderen Informationsschichten wie Flächennutzungsdaten, administrativen Einheiten usw. verknüpft werden. Die Digitalisierung stellt allerdings einen aufwendigen und fehleranfälligen Arbeitsschritt dar. Durch den Einsatz EDV-gestützter Luftbildauswertung können direkt digitale Daten aus Luftbildern gewonnen werden. In analytischen Plottern geschieht die Rekonstruktion der geometrischen Beziehungen zwischen Aufnahmeobjekt und Meßbild, also die geometrische Entzerrung, nicht wie bei analogen Auswertegeräten durch ein optisch-mechanisches Prinzip, sondern rechnerisch mit Hilfe eines Computers. Die gemessenen Bildkoordinaten werden in Modellkoordinaten übergeführt, wobei sich die Berechnung auf Paßpunkte, deren geographische Koordinaten bekannt sind, stützt. Die Speicherung der Raumkoordinaten kartierter Objekte geschieht digital, und die Daten können in ein Graphikaustauschformat umgerechnet werden, was eine einfache Weiterverarbeitung in einem GIS ermöglicht.

Verfahren	Bereich der Standardabweichung [m]
Geodätische Messung	0,03–0,7
Karten	
Maßstab 1:24 000 (vor Digitalisierung)	3–11
Maßstab 1:24 000 (manuell digitalisiert)	6–18
Luftbilder (23 x 23 cm)	(in Abhängigkeit vom Bildmaßstab)
flaches Terrain (visuelle Interpretation)	3–16
bergiges Gelände (visuelle Interpretation)	40–90
korrigiert (analytische Auswertung)	0,15–1,7
Satellitendaten (geometrisch korrigiert)	
LANDSAT TM flaches/bergiges Gelände	3–15 / 15–30
SPOT HRV (Level 2) multispektral	3–9

Tabelle 1: Bereich der Standardabweichung verschiedener Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten.  
Aus WEISSFLOG et al. 1994, S. 16.

Tabelle 1 zeigt die erreichbare Meßgenauigkeit der Kartierung mittels eines analytischen Plotters im Vergleich zu anderen Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten. Es wird deutlich, daß die analytische Luftbildauswertung der visuellen Luftbildinterpretation und auch der Satellitenbildauswertung deutlich überlegen ist und daß nur die geodätische Vermessung im Gelände noch bessere Ergebnisse liefert.

### 3. Stadtklimatologische Aussagen aus der Kartierung von Oberflächenarten

Aus zahlreichen stadtklimatologischen Untersuchungen (z.B. BRÜNDL, MAYER & BAUMGARTNER 1986; KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET 1995) ist bekannt, daß die physikalischen Eigenschaften der städtischen Oberflächen entscheidend für die Ausbildung des spezifischen Stadtclimas sind. Der Energiehaushalt über Städten ist im Vergleich mit demjenigen über Freiland modifiziert; wichtige Einzelfaktoren sind:

- die Wirkung der Stadt als Strahlungsfalle aufgrund der vergrößerten Oberfläche und Mehrfachreflexionen,
- eine verstärkte langwellige Ausstrahlung,
- ein erhöhter Bodenwärmestrom,
- eine erhöhte Wärmespeicherung durch Baumaterialien und verdichtete bzw. versiegelte Böden,
- ein verminderter Strom latenter Wärme durch Vegetationsarmut zugunsten fühlbarer Wärme und Bodenwärmestrom sowie
- eine zusätzliche Energiezufuhr durch anthropogene Wärmequellen.

Diese Faktoren führen in der Summe zu einer positiven Temperaturanomalie der Stadtatmosphäre gegenüber dem Umland, die sich besonders in Sommernächten mit austauscharmer Wetterlage ausprägt. Geht man nun davon aus, daß die Überwärmung des Stadtgebiets eine vertikale Luftströmung (Konvektion) induziert, muß man am Boden eine Ausgleichsströmung aus dem Umland in die Stadt postulieren. Bereits KRATZER (1937)

prägte für diese Land-Stadt-Ausgleichsströmung den Begriff Flurwind. Die Wirksamkeit des Flurwindes ist allerdings umstritten. Die Strömung tritt laut ERIKSEN (1975, S. 60) nur schwach und unterbrochen auf, wird durch lokale Einflüsse wie Bebauung, Relief und Wasserflächen modifiziert und durch andere Zirkulationssysteme überlagert. WEISCHET (1980, S. 79) zweifelt die planerische Relevanz der Flurwinde an, weil die Strömung bereits in den Randbereichen der Stadt schwach und diffus wird. KUTTLER (1993) mißt den Flurwinden dagegen für die Durchlüftung der an sommerlichen Strahlungstagen überwärmten Stadt eine große Bedeutung bei. Wenn geeignete Freiflächen für den Transport der kühlen Luft aus dem Umland in die Stadt vorhanden seien, könnten sie die Überhitzung und auch die lufthygienische Belastung verringern.

Die städtische Oberfläche besteht aus einem Mosaik unterschiedlichster Teilflächen. Diese kleinräumigen Unterschiede führen zur Ausbildung unterschiedlicher Mikroklima innerhalb einer Stadt. Neben stark überwärmten Gebieten – etwa einem dicht bebauten Gewerbegebiet mit hohem Versiegelungsgrad – finden sich Gebiete mit kühlen Mikroklimaten, beispielsweise in Parkanlagen. Das räumliche Muster der städtischen Überwärmung entspricht also weniger einer Wärmeinsel als vielmehr einem Wärmeinselarchipel, einer mehrkernigen Struktur (ERIKSEN 1975). An sommerlichen Strahlungstagen und -nächten, wenn die Überwärmung der dicht bebauten Gebiete besonders stark ist, kommt innerstädtischen Grünflächen als klimatischen Ausgleichsräumen eine besondere Bedeutung zu. Mit Hilfe von Temperaturmessfahrten gelang HORBERT, KIRCHGEOrg & VON STÜLPNAGEL (1983) für Berlin der Nachweis, daß kleine Grünflächen bis 50 Hektaren eine kühlende Wirkung haben, die maximal 500 Meter weit messbar ist. Entscheidend für die Wirksamkeit von thermischen Ausgleichsströmungen – sowohl der gesamtstädtisch wirksamen Flurwinde als auch der kleinräumigen Luftbewegungen – ist die Durchlässigkeit des natürlichen und künstlichen Reliefs. Riegelförmige Bebauungsstruktu-

Stufe	Oberflächen				
I	Versiegelte Flächen			Unversiegelte Flächen	
II	Dächer		(teil)versiegelte Freiflächen	vegetationsbedeckt	vegetationsfrei
III	Flachdächer: – Blech – Teerpappe u. ä. – Glas – Kies – Beton	geneigte Dächer: – Ziegel – Blech – Teerpappe u. ä. – Glas – Tank, Metall	– versiegelte Freiflächen (Asphalt, Stein, Beton) – wassergebundene Decken (verdichtete Kies- oder Splittflächen usw.)	– Äcker – Rasen, Wiesen, Grünland – kleine Sträucher, lockere Hecken – größere Sträucher, dichte Hecken – Bäume, Baumgruppen	– Wasser – offener Boden – offene Kiesflächen – Schotter (Gleisanlagen)
Sonderflächen	Dachgärten, begrünte Dachflächen; Baustellen; Eisenbahnbrücken (Stahl)				

Tabelle 2: Hierarchischer Kartierschlüssel für die Kartierung stadtökologisch relevanter Flächen aus grossmaßstäbigen Luftbildern.

ren können schwache Strömungen unterbinden, und auch ein Bahndamm kann für Kaltluftabflüsse eine Barriere darstellen.

Die EDV-gestützte, analog-visuelle stereoskopische Luftbildauswertung liefert eine objektscharfe dreidimensionale Bestandesaufnahme des Inventars von städtischen Räumen. Die Wahl eines geeigneten Kartierschlüssels, der die städtische Oberfläche nach dem Material untergliedert (vgl. Tabelle 2), erlaubt die Formulierung von qualitativen Aussagen zum Mikroklima von Teilräumen, ohne daß aufwendige meteorologische Messungen durchgeführt werden müssen. Die Bilanzierung der Oberflächenbedeckungen mittels eines GIS auf einer räumlichen Bezugseinheit erlaubt eine Bewertung von Teilflächen nach klimatischen Gesichtspunkten. In der Stadt bietet sich dazu die Einheit Baublock an, da für diese Einheit in Umweltinformationssystemen von städtischen Verwaltungen bereits verschiedene Datensätze vorliegen.

Auf Stufe I des hierarchischen Kartierschlüssels werden die städtischen Oberflächen in versiegelte und unversiegelte Flächen unterteilt. Die versiegelten Flächen einschließlich Gebäuden neigen an sommerlichen Strahlungstagen zur Überwärmung und sind als bioklimatisch ungünstig einzuschätzen, während die unversiegelten Freiflächen ein günstigeres Mikroklima zeigen. In den Stufen II und III erfolgt eine weitere Differenzierung der Oberflächen, die sich einerseits an der Klimarelevanz der Flächen, andererseits an der Unterscheidbarkeit im Luftbild orientiert. Nicht in dieses Schema eingeteilt werden konnten die als Sonderflächen zusammengefaßten Oberflächen. Die Ermittlung und Speicherung der Höhe jeder einzelnen Teilfläche lässt zusätzliche Aussagen zum Mikroklima zu. Für die Klimabeeinflussung durch Gebäude ist deren Volumen mit entscheidend, das aus den dreidimensionalen Daten berechnet werden kann. Außerdem erlaubt die dreidimensionale Auswertung die Ausscheidung von Bereichen, in denen Luft-

strömungen durch Hindernisse unterbunden bzw. in denen auch schwache Strömungen nicht blockiert werden.

#### 4. Ergebnisse einer Kartierung im Stadtgebiet von München

##### *Das Untersuchungsgebiet*

Das Münchener Stadtgebiet wird vom westlichen Stadtrand bis zum Hauptbahnhof in der Stadtmitte durch einen Schienenstrang in eine nördliche und eine südliche Hälfte getrennt. Die Bahnlinie stellt die Hauptachse des Eisenbahnverkehrs in der Stadt dar. Diese Gleisanlagen werden fast durchgehend beiderseits von einem bandförmigen Gewerbegebiet begleitet, in dem u.a. zahlreiche Anlagen der Deutschen Bahn untergebracht sind. Durch die Verlagerung von Container-, Rangier- und Stückgutbahnhof an den Stadtrand sind große Flächen frei geworden. Aus stadtplanerischer Sicht ist eine Umstrukturierung und Aufwertung dieser sowie angrenzender Gewerbegebiete aufgrund ihrer zentralen Lage und der guten Verkehrsanbindung wünschenswert.

Der Münchener Stadtrat verabschiedete im Jahre 1991 einen «Grundsatzbeschuß zum städtebaulichen Gesamtkonzept Hauptbahnhof – Laim – Pasing» (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, REFERAT FÜR STADTPLANUNG UND BAUORDNUNG 1991). Dadurch sollte ermöglicht werden, daß das Gebiet gesamthaft überplant werden kann. Laut einem Stadtratbeschuß von Anfang 1997 sind 7340 neue Wohnungen für 14 680 Einwohner und Betriebe mit insgesamt 11 050 Arbeitsplätzen geplant; die Umsetzung soll in drei Phasen bis etwa 2010 erfolgen.

Besonders herausgestellt wird im Grundsatzbeschuß von 1991 die ökologische Bedeutung der Achse, vor allem für das Stadtklima. Die Funktion der Gleisachse als Frischluftschneise für die angrenzenden Stadtteile, insbesondere bei vorherrschenden Westwinden für die östlich an den Gleiskörper anschließende Innenstadt, wird

betont. Durch die Umstrukturierung der heute weitgehend offenen Gleisbereiche besteht die Gefahr, daß der Luftaustausch behindert wird. Dem soll durch Beachtung stadtclimatischer Aspekte bei der Planung entgegengewirkt werden. Auf Grundlage eines Klimagutachtens soll abgeleitet werden, wie Baukörper und auch künftige Freiräume gestaltet werden sollen, damit die stadtclimatische Situation möglichst wenig negativ beeinflußt wird.

Innerhalb des Gesamtgebietes, das etwa 10 km<sup>2</sup> umfaßt, wurden für eine Kartierung der Oberflächenarten gemäß dem in Tabelle 2 aufgeführten Kartierschlüssel zwei Teilgebiete von insgesamt knapp 3 km<sup>2</sup> ausgewählt (vgl. SANDTNER 1997). Das eine Teilgebiet umfaßt den östlichen Abschluß der Gleisanlagen einschließlich des Hauptbahnhofgebäudes und des ehemaligen Containerbahnhofgeländes. Beiderseits der Schienen findet sich dichte innenstädtische Blockrand- und Blockbebauung. Das zweite Teilgebiet liegt im westlichen Teil der Achse mit sehr unterschiedlichen Bebauungsstrukturen. Südlich verläuft parallel zum Schotterkörper ein Gewerbegebiet, an das sich das unterschiedlich dichte Wohngebiet Laim anschließt. Im Nordwesten liegt ein stark versiegeltes Gewerbegebiet, im Nordosten grenzen die Gleisanlagen an eine der größten Parkanlagen im Stadtgebiet (Nymphenburger Schloßpark).

### *Ergebnisse der Kartierung*

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus dieser Kartierung (Maßstab 1:2500) im westlichen Teilgebiet, wobei für diese Darstellung die zweite Hierarchiestufe des Kartierschlüssels gewählt wurde. In farbiger Ausführung kann auch die dritte Stufe dargestellt werden. Abbildung 2 zeigt für denselben Ausschnitt eine Höhen schichtkarte. Hier ist die Höhe über NN der einzelnen Teilflächen, klassifiziert in Klassen von fünf Metern Breite, dargestellt. Die Zusammenschau der beiden Karten läßt Aussagen über die mikroklimatischen Verhältnisse zu. Daraus lassen sich auch bewertende Aussagen auf Grundlage der Bedürfnisse des Menschen formulieren. Beispielsweise kann für die großen überbauten und versiegelten Flächen südlich des Schotterkörpers für sommerliche Strahlungstage eine deutliche Überwärmung angenommen werden. Gleichzeitig verhindern die relativ hohen und riegelförmig angeordneten Gebäude Luftbewegungen zwischen dem Schotterkörper und den bebauten Flächen, eine temperaturausgleichende Wirkung der nachts kühlen Fläche auf den hochversiegelten Bereich wird unterbunden. Dieser Bereich kann demnach als bioklimatischer Belastungsraum angesehen werden.

Für die Bewertung der stadtclimatischen und lufthygienischen Situation in den Teilgebieten wurden zwei Verfahren aus der Literatur getestet, nämlich das KÖH-Wert-Verfahren (klimatisch-ökologisch-hygienischer Wert) nach SCHULZ (1982) als quantitativer sowie die Klimatop-Methode, wie sie z. B. in der Klimaanalyse Düsseldorf angewandt wurde (KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET 1995), als qualitativ-beschreibender Ansatz. Als

Raumeinheit diente der Baublock.

Beim KÖH-Wert-Verfahren wird für jeden Baublock gemäß einem vorher aufgestellten Werteschema ein Zahlenwert berechnet, der die klimatische Gunst oder Ungunst der Raumeinheit ausdrückt. Die städtische Oberfläche wird dabei in Gunst- und Ungunstflächen aufgeteilt; zu ersteren zählen alle Wasser-, Acker- und Rasenflächen sowie Sträucher und Bäume, zu letzteren alle versiegelten Flächen. Jede der Flächen wird bezüglich ihrer Wirkungen auf das Klima unterschiedlich gewichtet, wobei Aspekte wie das Temperaturverhalten, die Modifikation des Strahlungs- und Energiehaushalts und die Förderung oder Behinderung der Luftzirkulation Beachtung finden. In die Berechnung der negativen Klimabeeinflussung durch Gebäude geht deren Höhe mit ein, die aus den dreidimensionalen Daten entnommen werden kann. Die errechneten Werte für jeden Baublock werden schließlich in neun Klassen eingeteilt; die Klassen I bis III werden zum Ungunstbereich, die Klassen IV bis VI zum Übergangsbereich und die Klassen VII bis IX zum Gunstbereich zusammengefaßt. BRENNEISEN (1997) untersuchte kürzlich die Plausibilität des KÖH-Wert-Verfahrens am Beispiel zweier Quartiere der Stadt Basel. Er kommt zu dem Schluß, das Modell biete auf einer niedrigen Komplexitätsstufe, aber auch mit relativ niedrigem Erhebungsaufwand eine gute Möglichkeit zur integrierenden stadtökologischen Bewertung von Raumeinheiten in der Stadt.

Als Klimatope werden «Gebiete mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen» definiert (KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET 1995, S. 26). Für die Klimaanalyse der Region Basel (KABA), die kürzlich vom MCR-Lab der Universität Basel durchgeführt wurde, fand die Klimatop-Methode im regionalen Maßstabsbereich (1: 25 000 bis 1:100 000) Anwendung (vgl. PARLOW et al. 1997). Auf der Grundlage von Satellitendaten und eines digitalen Geländemodells konnten dabei mittels weitgehend automatischer Klassifikation Klimatop- und Ventilationstypen ausgeschieden werden, die in Planungshinweiskarten umgesetzt wurden. Für die Analyse im innerstädtischen Bereich mit baublockscharfer Abgrenzung der Klimatope ist die geometrische Auflösung von Satellitendaten allerdings zu gering; hier bietet das Luftbild den nötigen Detailreichtum. Die Zuordnung der Baublöcke zu einem Klimatop-Typ erfolgt auf Grundlage der Kartierung nach qualitativen Merkmalen wie Gebäudebesatz, Grünflächenanteil usw., die Charakterisierung der Klimatope erfolgt beschreibend. So kann beispielsweise das «Klimatop der Gewerbegebäuden ohne Vegetation» aufgrund des hohen Versiegelungsgrades, der Behinderung von schwachen Luftströmungen durch große Gebäude, der anthropogenen Wärmeproduktion aus Verbrennungsprozessen und des fast vollständigen Fehlens von Vegetation als thermischer und lufthygienischer Lastraum beschrieben werden.

Der Vergleich der beiden Methoden erbrachte, daß die Karten des KÖH-Wertes im bebauten Bereich zu einer stärkeren Differenzierung als die Klimatopkarten

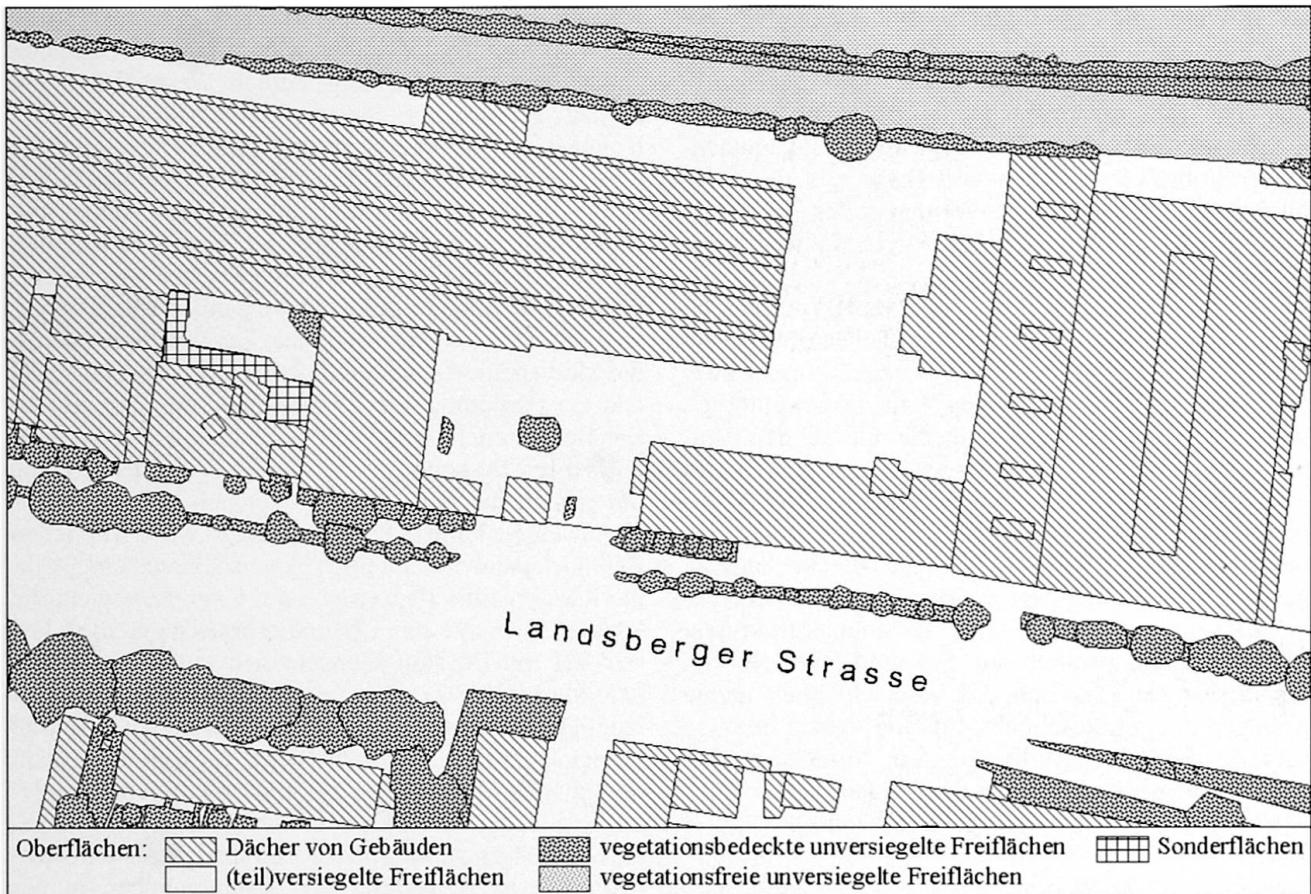


Abb. 1 Ausschnitt aus der Kartierung klimarelevanter Oberflächen, Hierarchiestufe II. Quelle: eigene Kartierung.

führen, letztere dagegen die Freiflächen stärker aufgliedern. Eine Interpretation der KÖH-Wert-Karten ist ohne Kenntnis der Bebauungs- und Freiflächenstruktur nur eingeschränkt möglich, weil unterschiedliche Einheiten zusammenfallen. Die Klimatopkarten sind leichter lesbar und geben zusammen mit den Beschreibungen einen Überblick über die klimatische und lufthygienische Situation.

Grundsätzlich stellen die Bewertungskarten eine starke Abstraktion der Verhältnisse dar. Dabei geht die in den Grundkarten enthaltene Informationsdichte verloren. Der Vorteil ist, daß die Informationen bereits in bezüglich Klima und Lufthygiene interpretierter Form vorliegen und kein spezifisches Fachwissen nötig ist, um Aussagen für die Planungspraxis aus den Karten zu formulieren. Allerdings ist der Informationsverlust, vor allem im Verhältnis zum Erhebungsaufwand, beträchtlich. Die Einteilung der Baublöcke in Klassen, wie es beide Methoden vorsehen, bedeutet bei der Vielgestaltigkeit urbaner Räume stets, daß deutlich unterschiedliche Einheiten in eine Klasse zusammenfallen.

## 5. Fazit

Der Beitrag zeigt, daß die rechnergestützte analog-visuelle Stereoauswertung von großmaßstäbigen Luftbildern und die anschließende Bearbeitung in einem Geographischen Informationssystem eine Möglichkeit bieten, räumlich sehr detaillierte Grundlagendaten mit einer Lagegenauigkeit von etwa einem Meter zur stadtökologischen Bewertung von Teilräumen urban-industrieller Räume zu liefern. Die geschilderte Anwendung dieser Grundlagendaten zur Charakterisierung des Mikroklimas ohne aufwendige meteorologische Messungen und zur Formulierung von bewertenden Aussagen zum Bioklima auf dieser Basis diente als Beispiel für die Möglichkeiten, «harte Argumente» in die Planung einzubringen, die das Gewicht des Umweltschutzes im Abwägungsprozeß gegenüber ökonomischen Belangen erhöhen können. Weitere Anwendungsmöglichkeiten wie eine exakte Erfassung des Versiegelungsgrades oder eine Bilanzierung des Flächenverbrauchs durch multitemporalen Vergleich sind denkbar.



Abb. 2 Ausschnitt aus der Höhenschichtkarte. Quelle: eigene Kartierung.

## Literatur

- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN (1996): Planungshilfen für die Bauleitplanung. Fortschreibung, München.
- BRENNEISEN, S. (1997): Der KÖH-Wert heute – Plädoyer für eine integrative Methode in der stadtökologischen Bewertung. In: Die Erde, 128. Jg., H. 2, S. 89–103.
- BRÜNDL, W. (1995): Stadtklima und Stadtplanung. Möglichkeiten, Probleme, Wünsche. In: Wetter und Leben, 47. Jg., H.2–4, S. 226–234.
- BRÜNDL, W.; MAYER, H.; BAUMGARTNER, A. (1986): Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten. Kennwort: STADTKLIMA BAYERN. Abschlußbericht zum Teilprogramm «Klimamessungen München», München.
- ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt- und Gelände-klimatologie. Reihe Erträge der Forschung, Darmstadt.
- GASSNER, E.; WINKELBRANDT, A. (1990): UVP – Umwelt-verträglichkeitsprüfung in der Praxis. Methodischer Leitfaden. München.
- HORBERT, M.; KIRCHGEORG, A.; VON STÜLPNAGEL, A. (1983): Ergebnisse stadtklimatischer Untersuchungen als Beitrag zur Freiraumplanung. In: Umweltbundesamt Texte 18/83, Berlin.
- KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg., 1995): Klimanalyse Landeshauptstadt Düsseldorf. Essen.
- KRATZER, A. (1937): Das Stadtklima. Braunschweig.
- KRAUSE, K.-H. (1989): Zur Erfassung der Oberflächenarten für eine stadtökologische Zustandsbeschreibung. In: Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Bd. 14, S. 124–130.
- KUTTLER, W. (1993): Stadtklima. In: Sukopp, H.; Wittig, R. (Hrsg.): Stadtkologie. Stuttgart, Jena, New York, S.113–153.
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, REFERAT FÜR STADT-PLANUNG UND BAUORDNUNG (1991): Grundsatzbeschuß zum städtebaulichen und landschaftlichen Gesamtkonzept Hauptbahnhof – Laim – Pasing. Neufassung, Stand 18.9.1991, München.
- NEEF, E. (1963): Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, Jg. 107, H. 4, S. 249–259.

- PARLOW, E.; SCHERER, D.; FEHRENBACH, U.; BEHA, H.-D. (1997): Satellite-Based Urban Climate Analysis of Basle/Switzerland. ESA, SP-414, Vol. 1, S. 271–274.
- PRECHTEL, N.; STRATHMANN, F.-W. (1990): Erfassung städtischer Flächennutzungen durch Hochbefliegungen – Das Beispiel München. In: Gierloff-Emden, H. G., et al.: Auswertung von Hochbefliegungen für Stadtregionen. Münchener Geographische Abhandlungen, Bd. A 44, München.
- RIEDEL, W.; MÜLLER, C.; PACKSCHIES, M. (1989): Landschaftsbezogene Datenerhebung für kommunale Umweltpolitik. In: Geographische Rundschau, Jg. 41, H. 9, S. 500–505.
- SANDTNER, M. (1997): Der Einsatz EDV-gestützter Luftbildauswertung für stadtökologische Fragestellungen – Beiträge zum städtebaulichen und landschaftlichen Gesamtkonzept Hauptbahnhof – Laim – Pasing. Unveröffentlichte Diplomarbeit, München.
- SCHULZ, A. (1982): Stadtklimatische Wirkungsgefüge und ihre Bilanzierung in einem praxisbezogenen Bewertungsmodell. Dissertation, Mainz.
- STRATHMANN, F.-W. (1989): Fernerkundungskartographie als Arbeitsgrundlage für Stadt- und Regionalplanung. In: Kartographische Nachrichten, Jg. 39, H. 6, S. 201–208.
- WEBER, J. (1989): Untersuchungen zur Eignung von Satellitenbildern für die Erfassung von Stadtgrün und Versiegelung am Beispiel ausgewählter Teilgebiete von München. Unveröffentlichte Diplomarbeit, München.
- WEISCHET, W. (1980): Stadtklimatologie und Stadtplanung. In: Geographisches Institut der Universität Bern (Hrsg.): Klima und Planung '79. Tagung am Geographischen Institut der Universität Bern, S. 73–95.
- WEISSFLOG, G.; WEINZIERL, G.; HOFFMANN, H.; WEBER, J. (1994): Interpretation von Luftbildern in einer CAD- und GIS-Umgebung. In: Zeiss Information mit Jenaer Rundschau, 3. Jg., Nr. 4, S. 14–18.
- WIENEKE, F. (1987): Der Einfluß der räumlichen Dimension der Daten auf die Einsatzmöglichkeit photographischer Fernerkundung für landschaftsökologische Untersuchungen. In: Geomethodica, Nr. 12, S. 57–90.
- WIENEKE, F. (1990): Die räumlichen Eigenschaften nichtphotographischer Luft- und Satellitenbilder. In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München, Jg. 75, S. 5–19.