

Flächenbilanzierungen aus Landsat 5 Thematic Mapper Daten

Rüdiger Glaser

1. Einleitung

Flächenbilanzierungen nehmen schon seit einigen Jahren eine wichtige Stellung in der Umweltdiskussion ein. Fragen zum Landschafts- und Flächenverbrauch lassen sich ebenso wie Untersuchungen zur Flächenversiegelung unter diesen Begriff subsumieren. Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Flächenverbrauchs von 1950 bis 1982 für Baden-Württemberg (STADLER 1983, S. 215). Die darin enthaltenen unterschiedlichen Prognosen (Modelle) sind auf die unklare Wirtschaftsentwicklung, die als wesentlicher Steuerungsfaktor angesehen wird, zurückzuführen.

An einer Subszene von Würzburg und Umgebung (der Bildausschnitt umfaßt 512 x 512 Pixels = ca. 15 x 15 km) wird untersucht, in wieweit monotonische LANDSAT-TM-Daten (Aufnahmezeitpunkt April 1984) unter Ausnutzung digitaler und visueller Methoden gerade auch durch Integration weiterer Planungsinformation für Flächenbilanzierungen geeignet sind.

Eine ausführliche Darstellung und Diskussion von Systemparametern und Anwendungsmöglichkeiten findet sich u. a. bei GLASER (1986).

2. Flächenversiegelung

Im ersten Beispiel soll die Verwendbarkeit der Landsat TM Daten für die Beurteilung der Flächenversiegelung überprüft werden. Die Ausarbeitung der Flächenversiegelung mittels Methoden der digitalen Bildverarbeitung ist für das Untersuchungsgebiet v. a. deshalb von besonderem Interesse, weil

seitens des Stadtplanungsamtes bereits eine derartige Auswertung aus Infrarotluftbildern über rein visuelle Methoden durchgeführt worden war. Man hat damit die Möglichkeit, das durch digitale Bildverarbeitung gewonnene Ergebnis an dieser Auswertung zu verifizieren!

2.1. Darstellung der visuellen Verarbeitung

Für die vom Stadtplanungsamt Würzburg im Rahmen ihrer stadtoökologischen Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut unter Leitung von Herrn Prof. Dr. D. Busche durchgeführten Untersuchungen sollten bebaute bzw. versiegelte Flächen von unversiegelten Freiflächen bzw. Vegetationsflächen unterschieden werden. Die Abschätzung erfolgte an Infrarotluftbildern mit Hilfe einer Rasterfolie, wobei die Anteile für eine 20 x 20 m große Fläche auf 5% Stufen geschätzt wurden. Nach arithmetischer Mittelung der Prozentwerte erfolgte die Darstellung in einem 100 x 100 m Raster, das in das Gauß-Krüger-Netz eingepaßt ist (Abb. 2). In digitalisierter Form wurde das Ergebnis als Matrix in das Umweltkataster eingelesen.

2.2. Darstellung der digitalen Verarbeitung mit Landsat TM Daten

Der Versuch, die oben beschriebene visuelle Methode durch eine digitale Verarbeitung zu ersetzen, wird im wesentlichen durch 2 Komponenten begünstigt. Zum einen kann die von der Planung für ausreichend befundene räumliche Auflösung der

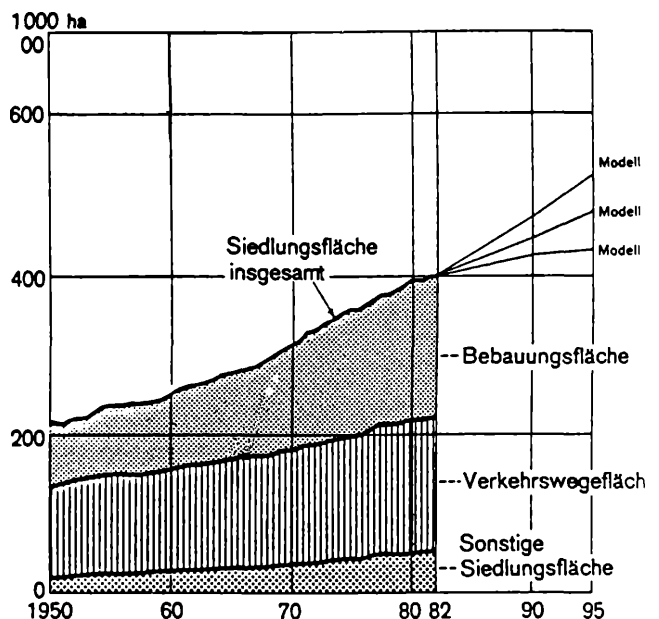


Abbildung 1

Entwicklung des Flächenverbrauchs in
Baden-Württemberg von 1950 bis 1978



Abbildung 2

Flächenbilanz der unversiegelten Freiflächen in % in der Altstadt von Würzburg

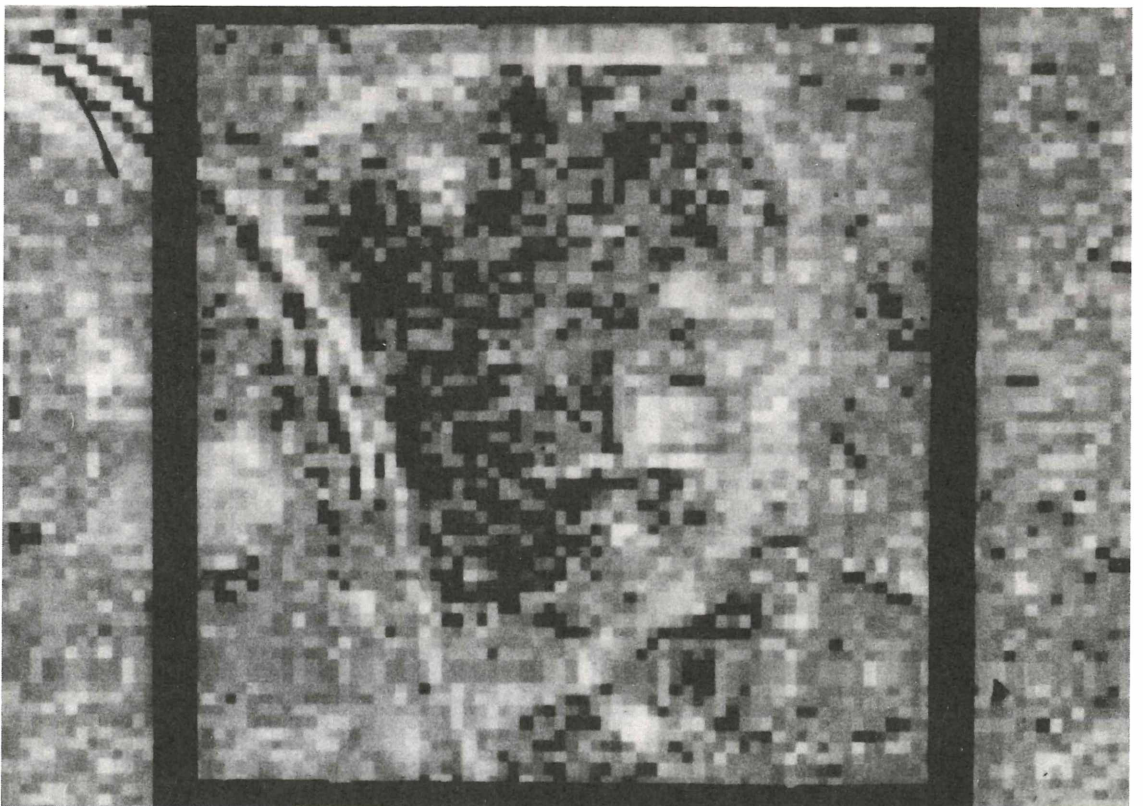


Abbildung 3

Flächenbilanz der versiegelten Flächen im Stadtgebiet von Würzburg aus einer Ratiobildung von Landsat 5 TM Daten

Bearbeitung von 100 x 100 m durch Landsat TM, dessen räumliche Auflösung in den interessierenden Kanälen 30 x 30 m beträgt, erreicht werden, zum anderen ist der TM was seine spektrale Charakteristik anbelangt primär für Vegetationsuntersuchungen geeignet.

2.2.1. Bearbeitungsmethode

Die Herausarbeitung und Darstellung von Vegetation zu Nichtvegetation erfolgt in der digitalen Bildverarbeitung mittels sogenannter Ratiobildungen. Abb. 4 zeigt einige der gängigen Verarbeitungen, deren genaue Ausprägung vielfach empirisch ermittelt wurde. Für das angestrebte Ergebnis wurde ein Vegetationsindex aus den Kanälen 5 und 4 erarbeitet. Das so erhaltene einkanalige Ergebnisbild wurde als Äquidensitendarstellung farbcodiert ausgegeben, wobei der in Abb. 3 zunehmende Frei- bzw. Vegetationsflächenanteile entsprechen. Der schwarz umrandete Ausschnitt entspricht der Darstellung in Abb. 2.

2.3. Vergleich und Ergebnis

Der Vergleich des digital erhaltenen Ergebnisbildes mit dem der visuellen Ausarbeitung zeigt, daß mit beiden Methoden ein nahezu identisches Raumpattern erzeugt werden konnte. Es ist in diesem Fall also möglich, Landsat TM Daten auf kommunaler Ebene einzusetzen. Dabei kommt die von der Stadtplanung ebenso wie in der Umweltforschung vielfach geforderte Rasterdarstellung dem eingeschränkten räumlichen Auflösungsvermögen des TM entscheidend entgegen. Die Einspielung des Ergebnisses in ein Informationssystem auf der Grundlage eines Gauß-Krüger-Meßnetzes ist ebenfalls problemlos möglich, da Gauß-Krüger-Entzerrungen inzwischen zu den grundlegenden Arbeitsschritten der digitalen Bildverarbeitung gerechnet werden können.

3. Landnutzungsklassifikation

Landnutzungsklassifikationen zählen zu den klassischen Anwendungen der Fernerkundung. Bei der hier vorgestellten Maximum-Likelihood-Klassifikation (Abb. 5) wird die Gesamtfläche nach den 4 Hauptnutzungsklassen Wald, Gewässer, Besiedlung und Agrarfläche bilanziert. Innerhalb dieser Klassen wird dann nach Siedlungsdichten (Abb. 5), Waldarten und auf der agraren Nutzfläche nach Anbauprodukt, Stand der Bodenbearbeitung und phänologischer Phase unterschieden. Um einen der Auswertung angemessenen Generalisierungseffekt zu erhalten, wurde das Ausgabebild mit dem Median-Filter bearbeitet. Den jeweils zugehörigen Prozentanteil der einzelnen Klassen kann man aus Abb. 6 entnehmen.

3.1. Beurteilung des Ergebnisses

Das vorliegende Ergebnis entspricht was den quantitativen Aspekt betrifft einer in Abb. 1 dargestellten Auswertung. Es konnten in dieser Auswertung aber weit weniger Klassen ausgewiesen werden, als es z.B. DECH (1987) in der Sommeraufnahme des vergleichbaren Gebietes gelang. Als Hauptgrund muß der frühe Aufnahmezeitpunkt dieser Aufnahme (April) genannt werden. Auf der Agrarfläche war zu diesem Zeitpunkt zu wenig differenzierbare Vegetation bzw. registrierbare Chlorophyllanteile vorhanden. DECH erreichte seine höhere Klassenzahl im wesentlichen durch eine hohe Klassenzahl der Anbauprodukte. Es bleibt festzuhalten, daß die Klassenzahl stark von diesen saisonalen Aspekten abhängen. Im Idealfall sollte man für derartige Verarbeitungen multitemporale Datensätze verwenden. Mit derartigen Datensätzen ließen sich auch die vorhandenen Fehlklassifizierungen mindern. Eine weitere Möglichkeit, die zu einem erheblichen Anteil auf expositionsbedingten Einfluß zurückzuführenden

Name	Formula	Example
Simple subtraction	$IR-R$	Pearson <i>et al.</i> (1976)
Simple division	$\frac{IR}{R}$	Kanemasu (1974)
Complex division	$\frac{IR}{R + \text{other wavelengths}}$	Carter and Gardner (1977)
Simple multiratio (vegetation index)	$\frac{IR - R}{IR + R}$	Ashley and Rea (1975)
Complex multiratio (transformed vegetation index)	$\sqrt{\frac{IR - R}{IR + R}} + 0.5$	Rouse <i>et al.</i> (1973)
Perpendicular vegetation index (vegetation reflectance departure from soil background)	$\sqrt{(R_{soil} - R_{veg})^2 + (IR_{soil} - IR_{veg})^2}$	Richardson and Wiegand (1977)
Green vegetation index (for use with Landsat wavebands)	$-0.29(G) - 0.56(R) + 0.60(IR) + 0.49(IR)$	Kauth and Thomas (1976)

Abbildung 4
Ratiobildungen aus den Rot- und Infrarotkanälen



Abbildung 5

Maximum Likelihood Klassifikation von Würzburg und Umgebung aus Landsat 5 TM Daten

Ausgewählte Spektralkanäle: 2 3 4 5 7
Anzahl der Klassen: 10
Sigma (Vielfaches der Standardabweichung): 3.5
Anzahl maximal mögl. Funktionsaufrufe: 2621440
Anzahl benötigter Funktionsaufrufe: 1301783 (49.7%)

Klasse	Identifizierung	Grauwert	Prozent
1	Gewässer	0	1.0
2	Nadelwald	40	3.6
3	Mischwald	70	10.2
4	Laubwald	90	13.3
5	Landwirtschaft.Nutzfl. I	110	7.7
6	Landwirtschaft.Nutzfl. II	130	13.2
7	Landwirtschaft.Nutzfl.III	150	26.7
8	Dichtbebaut	180	3.1
9	Lockerbebaut	200	3.9
10	Durchgrünt	220	17.2
	Zurückweisung	255	0.2

Abbildung 6

Ergebnis der Flächenbilanz aus einer Maximum-Likelihood Klassifikation von Würzburg und Umgebung in % Flächenanteile; Grundlage Landsat 5 TM

Fehlzuweisungen zu verringern, ist die Verwendung von digitalen Geländemodellen. Allgemein kann man sagen, daß flächenhafte Information ab einer bestimmten Mindestgröße gut erfaßt wird, – z.T. können einzelne Pixel zugeordnet werden – daß aber linienhafte Information nur partiell zu gewinnen ist.

3.2. Visuelle Nachführung der digital vorverarbeiteten Bilddaten

In einem weiteren Arbeitsschritt war versucht worden, über eine visuelle Nachbearbeitung des Klassifikationsergebnisses in Verbindung mit den Falschfarbenkompositen die Klassenzahl zu erhöhen und

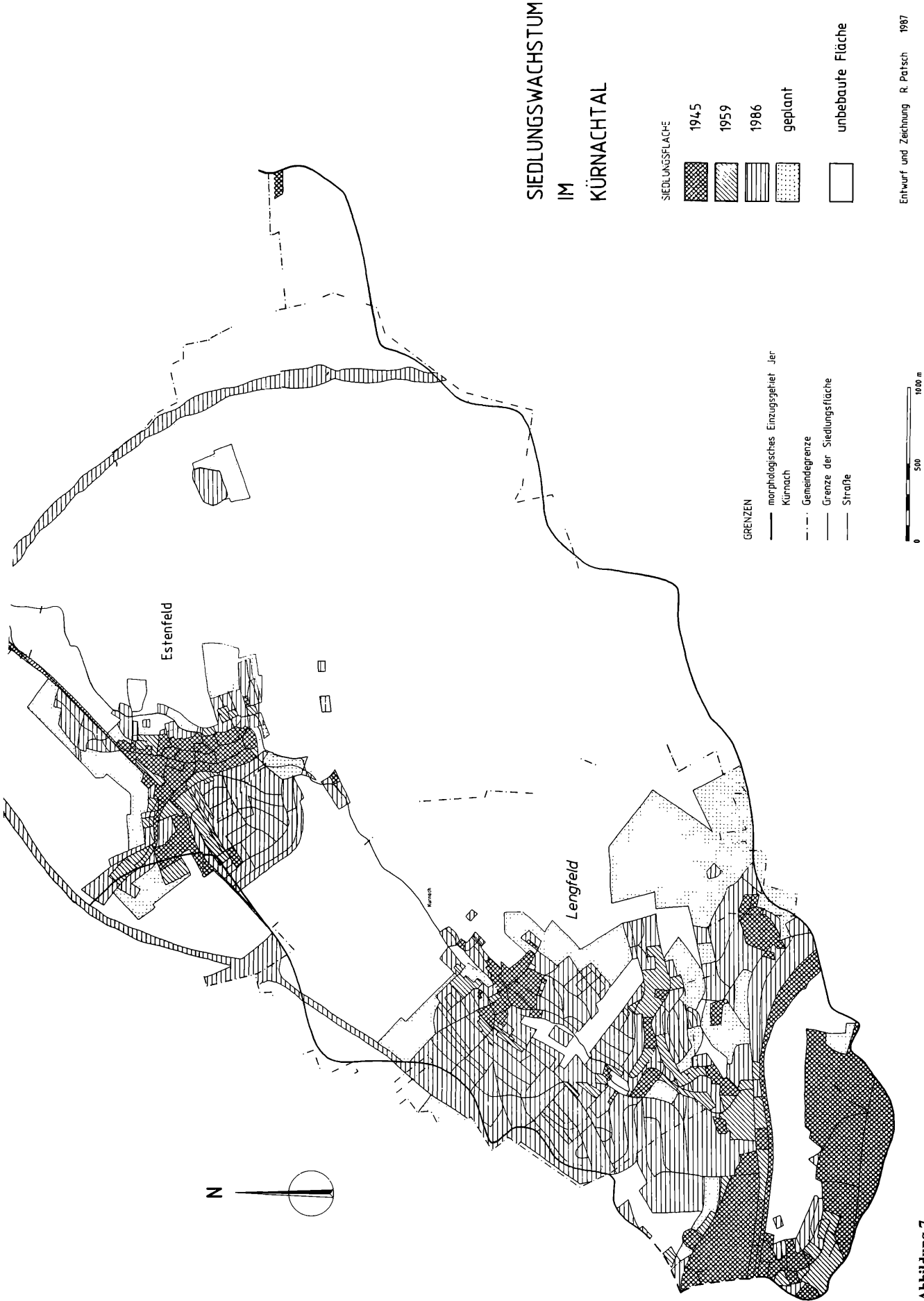


Abbildung 7

gleichzeitig die vorhandenen Fehlzuweisungen zu verringern.

Es war versucht worden, die im Flächennutzungsplan vorhandenen Klassen zu erfassen. Insgesamt konnten 25 Klassen auskartiert und die Genauigkeit deutlich verbessert werden. Als wesentliche Parameter für diese Verbesserung sind die erweiterten Bestimmungsgrößen v.a. Regionalkennntnis des Interpreten, Einbeziehung der Textur und Integration logischer Lagebeziehungen zu nennen.

Als negativ hat sich bei diesem Verarbeitungsschritt die Subjektivität des Interpreten und die aus der allgemeinen Farbenlehre bekannten Phänomene wie das Problem der Umfeldfarben und des bunten Simultankontrastes (vergl. KÜPPERS 1986) erwiesen.

Trotzdem hat sich die visuelle Nachführung digital vorverarbeiteter Bilddaten als sinnvolle Alternative an diesem regionalen Beispiel bewährt.

3.3. Diskussion qualitativer Aussagen

Für viele Fragestellungen des Umweltschutzes ist es wichtig, neben der rein quantitativen Bilanzierung, die ja zu einem bestimmten Teil bereits von den Statistischen Landesämtern vorgenommen wird, qualitative Aussagen zu erarbeiten. Zu diesen qualitativen Aspekten gehört die Darstellung des räumlichen Beziehungsgefüges umweltrelevanter Sachverhalte. Die Verortung von Phänomenen kann nur durch aufwendige Kartierung oder mit Methoden der Fernerkundung erreicht werden. Durch die Verknüpfung von Zeitschnitten (multitemporaler Aspekt) wird es darüberhinaus möglich, die diesen Erscheinungen innewohnende Raumdynamik zu dokumentieren. In Verbindung mit weiteren Informationen gelangt man zu abgelei-

teten Planungsgrundlagen. Im nächsten Abschnitt sollen diese Aussagen verifiziert werden.

3.3.1. Raum-Zeit-Darstellung der Siedlungsentwicklung

Da keine multitemporalen Landsat-Aufnahmen vorlagen, wurde die hier vorgestellte Verarbeitung mit Luftbildern durchgeführt.

Es sei noch einmal ausdrücklich betont, daß eine derartige Verarbeitung mit TM-Daten mit einer etwas höheren Fehlerquote möglich ist.

Die Ausarbeitung Abb. 7 (PATSCHE 1987) zeigt die Siedlungsentwicklung in einem Würzburger Seitental (Kürnachtal). Bei den Aufnahmen von 1945 handelt es sich um Kriegsaufnahmen der Alliierten, die vom historischen Luftbildarchiv, Fa. Stereodata in Würzburg zur Verfügung gestellt wurden.

Aus der Darstellung ist der dramatische Flächenverbrauch zu ersehen (quantitativer Aspekt). Daneben wird deutlich, daß dadurch der Talausgang zunehmend abgeriegelt wurde (qualitativer Aspekt). In dem nachfolgenden dritten Beispiel wird deutlich, welche weitreichenden Konsequenzen diese Bebauung für das Regionalklima hat (abgeleitete Information).

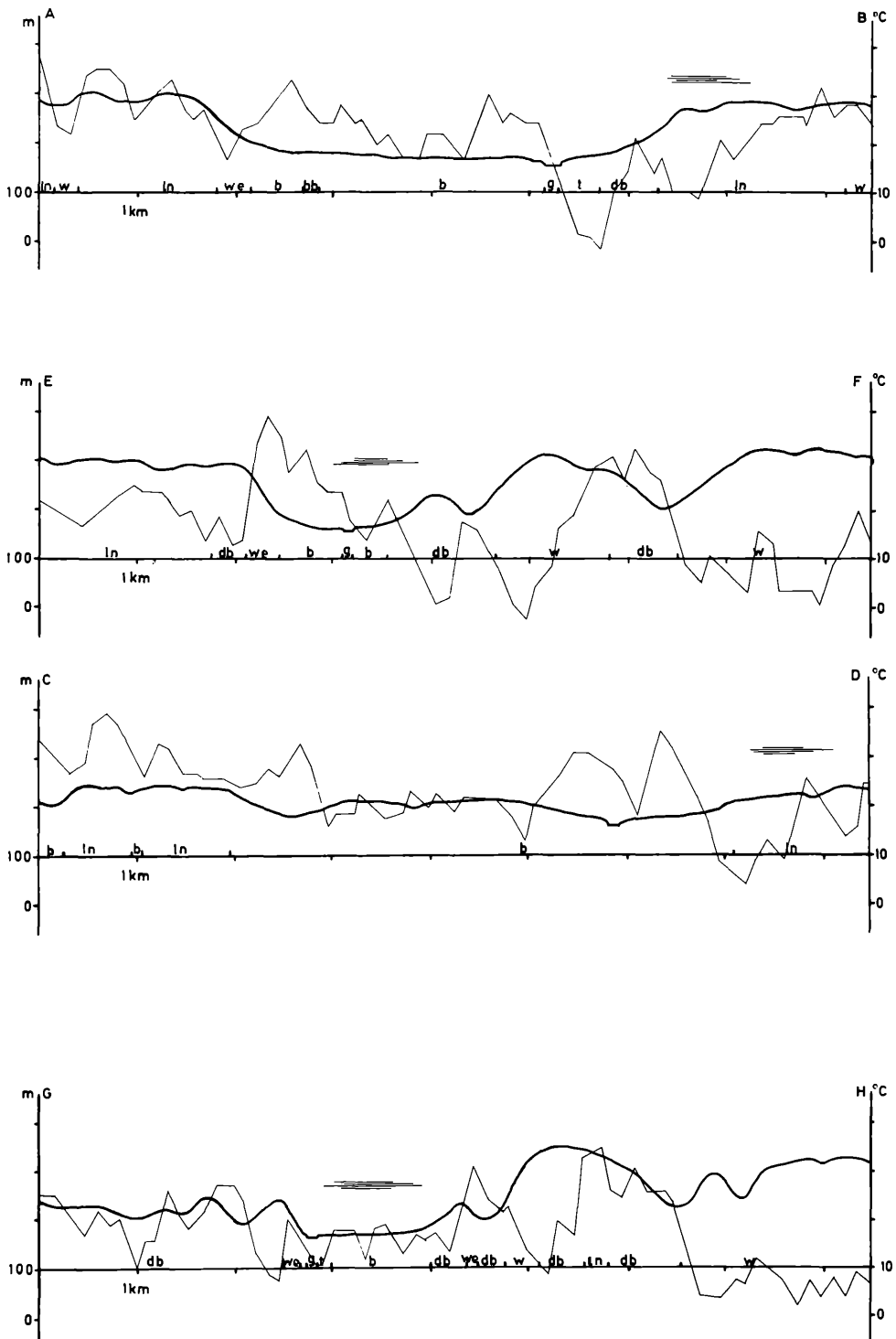
4. Verwendung von Landsat TM Daten zur Darstellung der Oberflächentemperatur

Das dritte Beispiel soll verdeutlichen, wie Landsat Daten für klimatologische Untersuchungen herangezogen werden können. Weiterhin wird aufgezeigt, daß die Verknüpfung mit anderen Daten für komplexe Aussagen sinnvoll ist.



Abbildung 8

Oberflächentemperaturen von Würzburg und Umgebung aus Landsat 5 TM Daten, Kanal 6



ZEICHN. U. ENTW.: R. GLASER '85

b	Bebauung	ln	Landw. Nutzfläche
bb	Bundesbahn	w	Wald
db	durchgrünte Bebauung	we	Weinberg
g	Gewässer	t	Wiese

Parallelschraffur = Wolken - keine absolute Höhenangabe

Abbildung 9

Strahlungstemperaturprofile von Würzburg aus Landsat 5 TM, Kanal 6

4.1. Beschreibung von Systemparametern, Einflußgrößen und Verarbeitung

Kanal 6 des TM registriert elektromagnetische Strahlung im Bereich des thermischen Infrarots. Unter Berücksichtigung systemspezifischer und physikalischer Einflußgrößen ist es möglich, aus den Digitalwerten (Strahlungstemperaturen) Oberflächentemperaturen zu bestimmen. Zu diesen Einflußgrößen gehören u.a. die Emissivität der Oberflächen, atmosphärische Beeinflussung u. a. m. Aus der in Abb. 8 ausgegebenen Äquidensitendarstellung, die darüberhinaus mit einem Textoverlay versehen wurde, lassen sich nun nach Grauwerten abgestuft die Oberflächentemperaturen der Region Würzburg in einer Rastergröße von 120 x 120 m erkennen.

4.2. Interpretation des Ergebnisses

Das vorliegende Ergebnis ist als Relativkarte der Oberflächentemperaturen zu verstehen.

Hohe Temperaturen sind im Bereich hoher Siedlungsdichten v.a. auch in Industrie- und Eisenbahngebieten festzustellen. Kühl erscheinen die Waldgebiete und Gewässer. Als Abflußleitlinien bzw. -flächen dienen v.a. die Talhänge und Seitentälchen, als Hauptkaltluftsammlinien die größeren Täler. Diese starken Temperaturkontraste zwischen warmen Siedlungsflächen und kühlen Ausgleichsflächen können gerade bei der Talkessellage des Stadtgebietes für die klimatischen Verhältnisse sehr wichtig sein. Nur Methoden der Fernerkundung können derartige flächendeckende Information liefern.

Um die Abhängigkeit der Oberflächentemperaturen von Bodenbedeckungsart und Relief zu verdeutlichen, wurden in Abb. 9 diese drei Komponenten in mehreren Profillinien miteinander in Beziehung gesetzt.

4.3. Verknüpfung der TM Daten mit weiteren Informationen

Um zu einer abgeleiteten Klimabeurteilung der Region Würzburg zu kommen, wurden weitere Daten herangezogen. Zum einen waren das Ergebnisse einer Klimauntersuchung, die von TEICHTWEIER (1983) mittels Temperaturmeßfahrten durchgeführt wurden, zum anderen konnten Daten des Deutschen Wetterdienstes verwendet werden. Der Vergleich der Ergebnisse mit denen von Teichtweier zeigt eine hohe Übereinstimmung.

Mit aus Daten des DWD abgeleiteten Windrosen konnte die Wirksamkeit der einzelnen Kaltluftstränge für das Stadtgebiet beurteilt werden. Man erkannte deutlich, daß auf der Fläche mit ganzjährig wechselnden Windrichtungen gerechnet werden muß, daß aber am Talboden eine starke Abhängigkeit von der Talformung festzustellen ist.

In der Synopsis mit den Ergebnissen aus der Flächenbebauung läßt sich nun auch ableiten, daß die Abriegelung des Talausganges offenbar dazu geführt hat, die eigentlich zu erwartende Kaltluftversorgung aus diesem Talbereich erheblich zu mindern! Hier könnte man der Planung konkrete Hinweise auf zukünftige Maßnahmen geben.

Fazit: Es kann nach den bisherigen Erfahrungen festgestellt werden, daß Landsat TM Daten auch

auf kommunaler Ebene eingesetzt werden können. Dabei müssen hinsichtlich der räumlichen Auflösung Restriktionen hingenommen werden, die aber durch die vielfach von der Umweltforschung für ausreichend befundenen Rasterdarstellungen nicht in dem Maße ins Gewicht fallen.

Die visuelle Nachführung hat sich als hilfreich erwiesen. Darüberhinaus konnte festgestellt werden, daß gerade aus der Zusammenschau von Satellitendaten und sonstigen Planungsinformationen abgeleitete und neue Erkenntnisse gewonnen werden können.

5. Zusammenfassung

An drei Beispielen (Landnutzung, Flächenversiegelung und Relativkarte der Oberflächentemperatur) wird an einer Subszene von Würzburg und Umgebung dargestellt, wie Landsat TM Daten zu Fragen der Flächenbilanzierung herangezogen werden können. Hierbei wird deutlich, daß in der gerade für qualitative Aspekte des Umweltschutzes notwendigen flächenhaften Registrierung des Raumgefüges ein unschätzbarer Vorteil dieser Daten liegt. Restriktionen treten hingegen aufgrund der räumlichen Auflösung der Scanner auf. Häufig fallen diese Restriktionen aber deshalb nicht ins Gewicht, weil die Umweltforschung in der Darstellung von räumlichen Sachverhalten vermehrt auf Rasterwerte übergeht. Die Nutzenanwendung dieser Daten kann v.a. durch die Integration weiterer Planungsinformation gesteigert werden.

Eine visuelle Nachführung der digital vorverarbeiteten Bilddaten hat sich auf der hier bearbeiteten regionalen und kommunalen Ebene als äußerst hilfreich erwiesen. Es kann nach den bisherigen Erfahrungen festgestellt werden, daß TM-Daten auch auf kommunaler Ebene sinnvoll eingesetzt werden können.

6. Literatur

- CURRAN, P. (1980):
Multispektral Remote Sensing of Vegetation Amount. - Progr. i. Physic. Geogr. 4 (3): 315-341.
- DECH, S. W. (1987):
Erfassung der Landnutzungsstrukturen nordwestlich von Würzburg anhand digitaler, multispektraler LANDSAT-5-Thematic-Mapper-Daten. DFVLR-FB 87-37, 180 S.
- GLASER, R. (1986):
Fernerkundung mit Landsat-5-Thematic-Mapper. Anwendungsmöglichkeiten am Beispiel von Würzburg und Umgebung, auch unter Berücksichtigung verschiedener Planungsebenen. - DFVLR-FB 86-62, 128 S.
- KÜPPERS, H. (1986):
Das Grundgesetz der Farbenlehre, 216 S.
- PATSCH, R. (1987):
Anthropogen bedingte Bodenversiegelung am Beispiel des Kürnachteles. - Univ. Würzburg, Geogr. Inst., Diplomarbeit.
- STADLER, R. (1983):
Trendwende beim Landschaftsverbrauch? Baden-Württemberg in Wort und Zahl 31: 207-216.
- STADTPLANUNGSAMT WÜRZBURG (1983):
Stadtökologische Untersuchungen; Heft 1.
- TEICHTWEIER, C. (1983):
Ausgewählte Aspekte zum Stadtklima. Die thermischen und lufthygienischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Würzburg. - Univ. Würzburg, Geogr. Inst., Diplomarbeit.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Rüdiger Glaser
Geographisches Institut
Am Hubland
D-8700 Würzburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Glaser Rüdiger

Artikel/Article: [Flächenbilanzierungen aus Landsat 5 Thematic Mapper Daten 57-64](#)