

Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden seit 1790 – Methodik und Ergebnisse eines Langzeit-Monitorings

GOTTHARD MEINEL & KATHLEEN NEUMANN, Dresden

Keywords: remote sensing, land use, long-time monitoring, Dresden

Zusammenfassung: Der Verbrauch von Boden durch Siedlungsentwicklung ist ein kumulativer, inzwischen über Jahrhunderte anhaltender meist irreversibler Prozess. Die Wahrnehmung dieses derzeit drängendsten Umweltproblems in Deutschland ist nur in Bodenschutz-Fachkreisen ausgeprägt, nicht aber in der breiten Bevölkerung. Eine Erhebung, Analyse und Visualisierung der schleichenden und damit kaum wahrnehmbaren Entwicklung könnte das Problembewusstsein stärken. Für die Stadtregion Dresden wird deshalb auf Basis historischer Kartenwerke und Fernerkundungsdaten anhand von acht Zeitschnitten zwischen 1790 und 1998 die Flächenentwicklung aufgezeichnet und analysiert. Anschließend wird auf Basis eines Indikatoren-gestützten Analysekonzeptes die Flächennutzungsentwicklung im Zusammenhang mit der Bevölkerungsentwicklung und dem Bodenverbrauch beschrieben und bewertet.

Summary: *Land use development of the Region of Dresden since 1790 – Methods and results of a long-time monitoring.* The consumption of soil caused by the development of settlements is a cumulative process, which has been continuing since centuries and is mostly irreversible. Currently, this environmental problem is one of the most serious in Germany but it's only realized by experts of soil conservation. The data collection, analysis and visualization of this slowly and hardly perceivable process could strengthen the awareness of this problem. For eight time slots between 1790 and 1998 the land use of the region of Dresden has been digitized by means of historical maps and remote sensing data. Adapted on an indicator based data analysis the land use development in correlation with population and soil use is explained and evaluated.

1 Flächeninanspruchnahme durch Siedlungsentwicklung – ein unzureichend wahrgenommenes Umweltproblem

Für eine nachhaltige Entwicklung muss das Wirtschaftswachstum zwingend vom Naturverbrauch und der Umweltbelastung entkoppelt werden. Während es hier in einzelnen Bereichen wie Luft, Wasser und Klima in Deutschland schon Erfolge gibt, ist der Flächenverbrauch unvermindert und ein wirksamer Bodenschutz wird zur Kernaufgabe des Umwelt- und Ressourcenschutzes in den entwickelten Industriestaaten (DOSCH 2002). Dem Ziel, den Flächenverbrauch durch Versiegelung von 120 ha/Tag

in Deutschland im Jahre 1997 auf 30 ha/Tag in 2020 zu senken, ist man mit einem derzeitigen Wert von 131 ha/Tag weiter entfernt denn je (Deutscher Umweltindex DUX 2003).

Flächennutzungsänderungen, insbesondere Siedlungsentwicklungen, sind als Einzelmaßnahme oft kleinräumig. Durch ihre Vielzahl und die schleichende Entwicklung über lange Zeithorizonte sind derartige Prozesse aber nur sehr eingeschränkt sinnlich wahrnehmbar, obwohl sie in Kumulation zu einer erheblichen Umweltbelastung werden (SIEDENTOP 1999). Wenn es gelingt, diese Entwicklung an lokalen Beispielen über lange Zeiträume aufzuzeichnen, zu analysieren, zu bewerten und geeignet zu visualisieren, könnte dem Umweltproblem „Flächenver-

brauch“ zu einer deutlicheren Wahrnehmung verholfen werden.

Diese Überlegungen sind Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt „Langzeituntersuchung von Flächennutzungsänderungen und ihrer Auswirkung auf das Schutzgut Boden und die Landschaftsstruktur“, welches im *Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.* seit 2001 bearbeitet wird. Ein Teil dieses Projektes befasst sich mit der Analyse der Siedlungsentwicklung der Stadtregion Dresden seit 1790. Ausgangspunkt der Forschungsarbeiten war unter anderem das 1998 von der Europäischen Union initiierte Projekt MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics), in dessen Rahmen die Entwicklung der Flächennutzung von inzwischen 25 europäischen Städten bzw. Regionen innerhalb der vergangenen 50 Jahre nach einer einheitlichen Methodik aufgezeichnet wurde (European Environment Agency 2002).

In Erweiterung dieses Ansatzes werden bei dem Langzeitmonitoring neben aktuellen Fernerkundungsdaten auch historische Datenbestände wie topographische Karten und historische Luft- und Satellitenbilddaten

genutzt, GIS-technisch aufbereitet und ausgewertet. Da dieses ein relativ aufwendiger Arbeitsprozess ist, finden sich im Schrifttum bisher nur wenige Arbeiten zur Langzeitanalyse von Flächennutzungsentwicklungen (MEINEL 2001). Damit fehlen den Raum- und Umweltwissenschaften sowie der Planungs- und Umweltverwaltung grundlegende Informationen, die entscheidenden Einfluss auf zukünftige Entwicklungen haben könnten.

2 Das Untersuchungsgebiet Dresden

Das Projekt MURBANDY unterscheidet in den Untersuchungsstädten zwischen Kernraum und Umlandzone. Der Kernraum ergibt sich aus der zusammenhängenden Siedlungsfläche nach CORINE Land Cover (European Environment Agency 1997) ausgehend vom Siedlungsschwerpunkt jeder Stadt. Aufgrund der Ausdehnung des Dresdner Siedlungsraumes entlang des Elbtals und der Verschmelzung mit den anschließenden Städten Pirna, Freital und Radebeul wurde für Dresden der Kernraum zu-

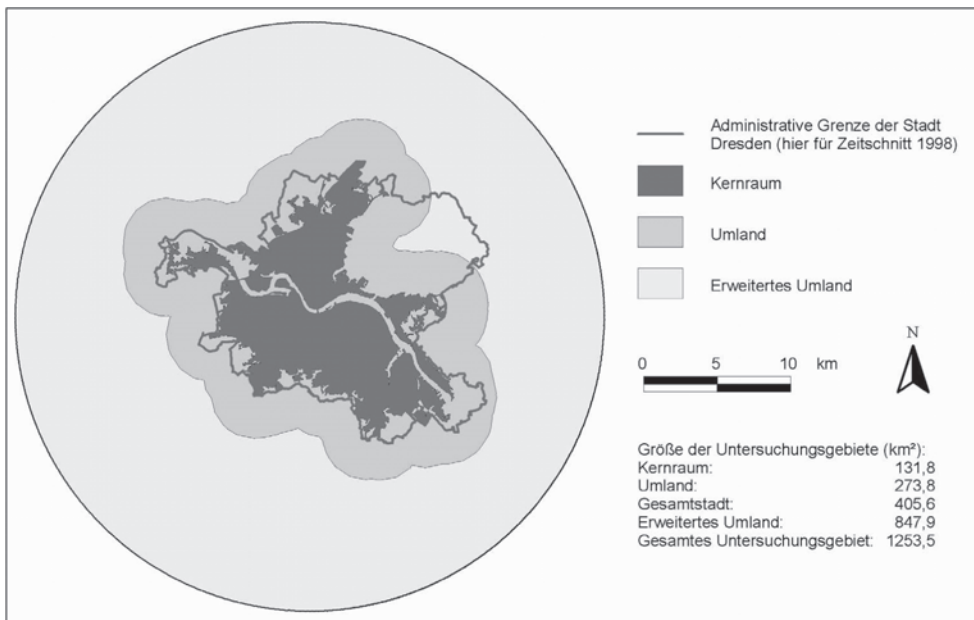


Abb. 1: Gliederung des Untersuchungsgebietes Dresden.

sätzlich durch die administrative Stadtgrenze begrenzt (MEINEL et al. 1999). Das Umland (suburbaner Raum) wird durch eine Pufferzone um den Kernraum begrenzt, dessen Breite r in Abhängigkeit von der Größe des Kernraumes A_k nach

$$r = \frac{\sqrt{A_k}}{4}$$

erfolgt (Space Applications Institute 1998). Die Vereinigung von Kernraum und Umland ergibt die Gesamtstadt.

Für eine vertiefende Flächennutzungsanalyse wurde in Erweiterung des MURBANDY-Ansatzes eine zusätzliche zweite Umlandzone definiert. Sie umschließt die erste Umlandzone vollständig und grenzt das Untersuchungsgebiet in Form eines Kreises mit einem Radius von 20 km ab (Abb. 1). Die Siedlungsdichte in dem so definierten „Erweiterten Umland“ entspricht gut der Raumordnungskategorie „Ländlicher Raum“. Die Größe des Untersuchungsgebietes beträgt 1.254 km².

Neben der Analyse siedlungsräumlicher Zusammenhänge und ihrer Entwicklung sollte die Flächennutzungsentwicklung im Kontext demographischer Veränderungen betrachtet werden. Die hierfür benötigten Bevölkerungszahlen lagen für den über 200-jährigen Betrachtungszeitraum nur für die administrative Stadtfläche Dresdens vor. Somit konnten auch die entsprechenden Analysen nur für die Stadt Dresden durchgeführt werden.

3 Datengrundlagen und Flächennutzungskartierung

Durch die Erhebung im Projekt MURBANDY, die auf Satelliten- und Luftbilddaten beruhen, standen die Flächennutzungsmuster für folgende vier Zeitpunkte zur Verfügung: 1998 (IRS-1C-Satellitenbilder), 1986 (SPOT-Satellitenbilder), 1968 (CORONA-Satellitenbilder) und 1953 (Luftbilder). Für weiter zurückgehende Erhebungen musste auf historisches Kartenmaterial zurückgegriffen werden. Nach sorgfältiger Recherche (WITSCHAS 2002) wurden folgende Kartenwerke zur Erfassung der Flächennutzung benutzt: Messtischblätter (1940 und 1900), Äquidistantenkarten (um 1880) und Sächsische Meilenblätter (um 1790).

Mit diesen Kartenwerken waren für das Untersuchungsgebiet einheitliche Kartengrundlagen für die Flächennutzungserhebung gegeben, wenn auch die einzelnen Kartenblätter zeitlichen Differenzen unterworfen sind (NEUMANN 2002), denn bei dem großen Untersuchungsgebiet musste eine zeitliche Varianz von bis zu 10 Jahren zwischen den Einzelkarten der Kartenserien toleriert werden.

Zur Unterstützung der visuellen Interpretation wurden neben ATKIS DLM25 (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) auch alte Stadtpläne, Luftbilder und Topographische Karten herangezogen. Ausgewählte Beispiele der historischen Kartenwerke und Bilddaten werden in Abb. 2 gegenübergestellt.



Abb. 2: Ausgewählte Kartiergrundlagen (Satelliten- und Luftbilddaten sowie historische Karten).

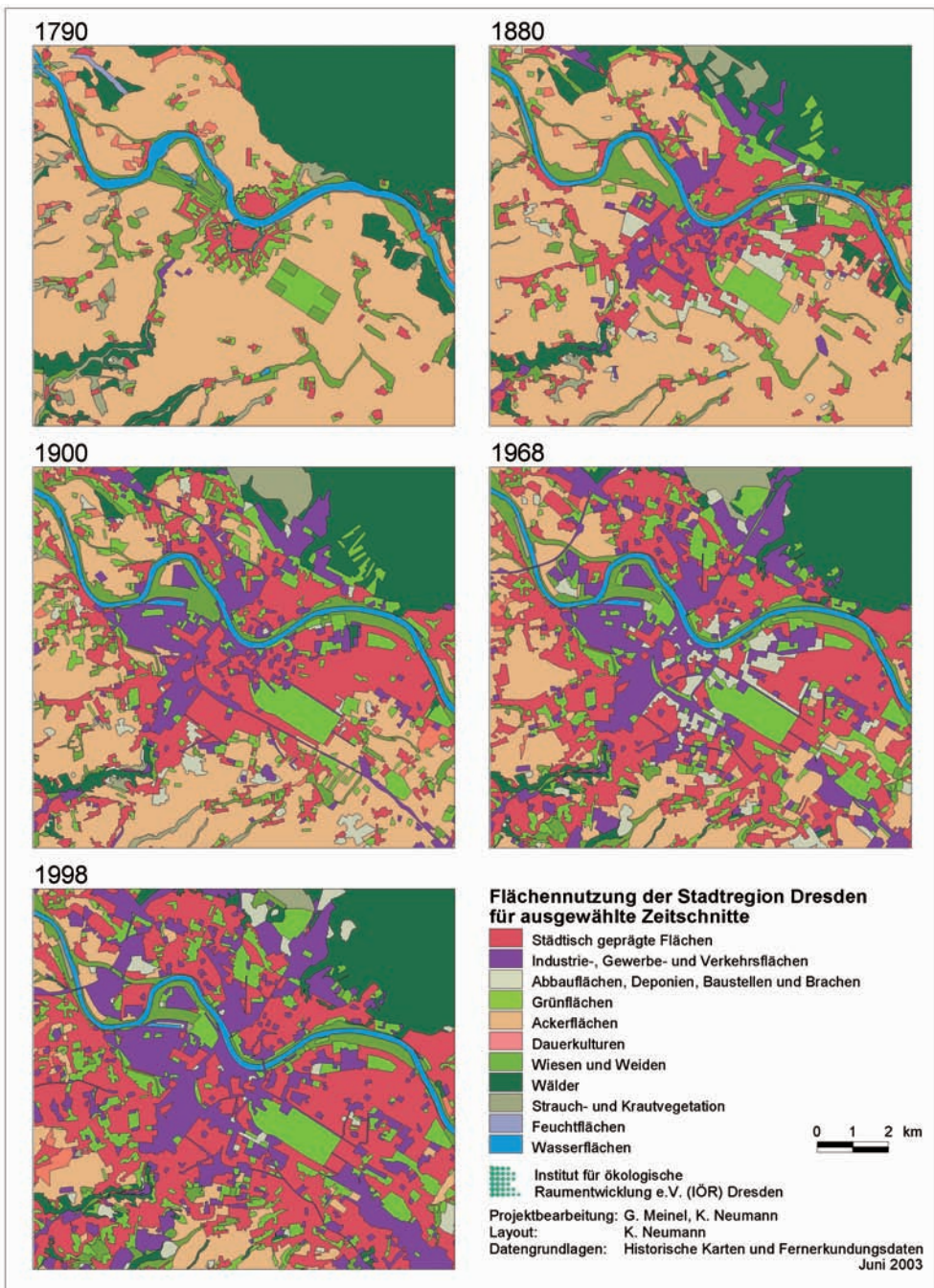


Abb. 3: Flächennutzung der Stadtregion Dresden für ausgewählte Zeitschnitte.

Im Vorfeld der Flächennutzungserfassung wurden die Satellitenbilder und Kartenwerke georeferenziert und mosaikiert.

Spezielle Probleme der Georeferenzierung von historischen Kartenwerken sowie Lösungsansätze zur Erzielung einer hohen La-

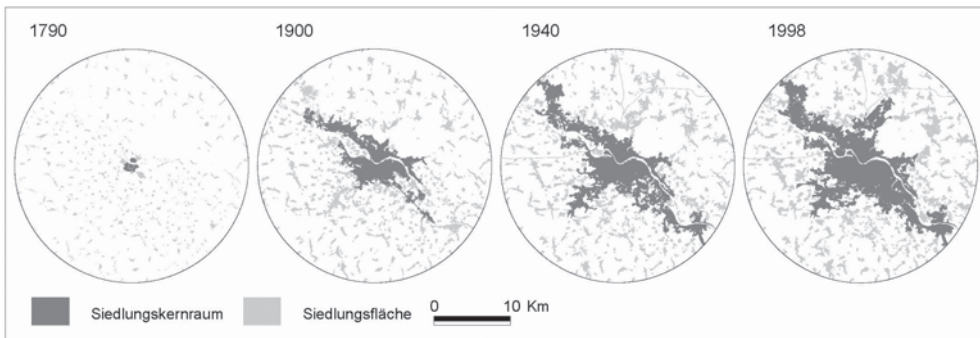


Abb. 4: Entwicklung der Siedlungskernräume, dargestellt an ausgewählten Zeitschnitten.

getreue, wie sie für den zeitlichen Vergleich von Flächennutzungsmustern Voraussetzung sind, werden von WALZ & BERGER (2003) diskutiert.

Die Flächennutzungskartierung erfolgte im Maßstab 1:25.000 nach einem um eine vierte Hierarchieebene erweiterten CORINE-Land-Cover-Klassifikationsschlüssel (Space Applications Institute 1998). Die Mindestgröße für Siedlungsflächen ist hier auf 1 ha, die von Freiflächen auf 3 ha festgelegt. Beispiele für die so gewonnenen Flächennutzungsmuster werden in Abb. 3 gegeben.

Ausgangspunkt der Kartierung war ein GIS-Datensatz der Flächennutzung des Untersuchungsgebietes, erhoben auf Basis eines IRS-1C-Satellitenbildmosaiks von 1998 (MEINEL et al. 1999). Die Flächennutzungsbestimmung der älteren Zeitschnitte erfolgte durch Computer-gestützte, visuelle Bildinterpretation auf Basis der jeweiligen georeferenzierten und mosaikierten Bilder oder Karten. Dabei wurde das jeweilige Flächennutzungsmuster den Bilddaten des nächst älteren Zeitschnittes überlagert und die jeweiligen Nutzungsänderungen rückwärtig editiert. Basierend auf den so gewonnenen acht GIS-Datensätzen wurde die Analyse der Flächennutzung mit den Geoinformationssystemen ArcInfo 8.2 und ArcView 3.2 durchgeführt.

Für die Analyse der Siedlungsstruktur wurde ein Siedlungskernraum generiert. Er stellt den zusammenhängenden Siedlungsraum ausgehend vom Mittelpunkt des Un-

tersuchungsgebietes dar. Der Siedlungskernraum kann somit keine inselartige Siedlungsflächen besitzen, allerdings können innerhalb des Siedlungskernraumes siedlungsfreie Flächen existieren, so z. B. die Elbe mit ihren angrenzenden Wiesen. Ausgewählte Entwicklungsetappen der Siedlungskernräume zeigt Abb. 4. Die Siedlungskernräume stellen keine weitere Untersuchungsgebietsabgrenzung dar, sie dienen ausschließlich als Grundlage für eine vertiefende Raumstrukturanalyse (Kapitel 4.3).

4 Analyse der Flächennutzungsentwicklung

Ziel der Datenanalyse ist die Beschreibung und Visualisierung der Siedlungsentwicklung. Sie umfasst neben klassenspezifischen Bilanzen der Entwicklung der Flächennutzung und daraus abgeleiteten Indikatoren wie dem Verstädterungsgrad auch raumstrukturelle Kenngrößen, die die räumlichen Entwicklungsmuster genauer beschreiben. Dazu gehören die quantitative Beschreibung der Kompaktheit der Siedlungskernräume sowie die Charakterisierung der Lage und des Integrationsgrades neuer Siedlungsflächen.

4.1 Verstädterungsgrad

Die Flächennutzungsentwicklung im Untersuchungsgebiet unterlag einer großen Dynamik. So wuchs die Siedlungsfläche nicht nur im Kernraum, sondern auch im Umland

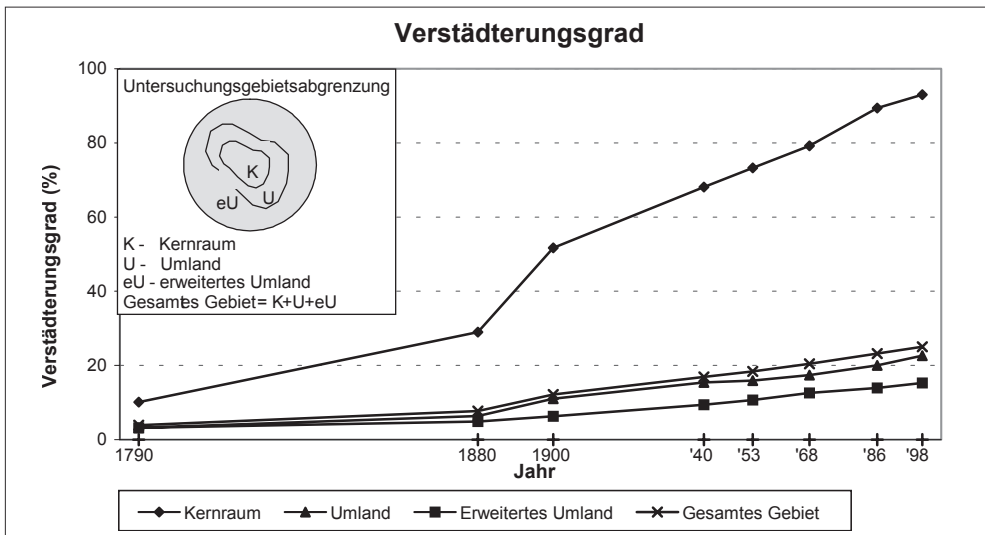


Abb. 5: Entwicklung des Verstdterungsgrades der verschiedenen Einheiten des Untersuchungsgebietes.

und erweiterten Umland während der letzten 200 Jahre ohne Unterbrechung. Als Indikator dafür wird der Verstdterungsgrad gewählt, der den Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche darstellt (Abb. 5). In allen Gebietseinheiten ist eine Zunahme des Verstdterungsgrades zu verzeichnen. Die größte Entwicklungsdynamik wurde, aufgrund des raschen wirtschaftlichen Aufschwungs, während der Gründerzeit am Ende des 19. Jahrhunderts im Kernraum erreicht. Auffallend und Besorgnis erregend ist die nahezu lineare Siedlungsflachenzunahme im erweiterten Umland in den letzten 200 Jahren, die völlig unabhängig von der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen erfolgte.

4.2 Quantitative Flächennutzungsentwicklung

Betrachtet man die Entwicklung der Flachennutzungsarten im Detail, so ergeben sich folgende Tendenzen (Abb. 6): Die starke Zunahme der Siedlungsfläche erfolgte in erster Linie auf Kosten landwirtschaftlicher Nutz- und Waldflächen. Eine differenzierte Betrachtung der Siedlungsflächen zeigt, dass

hier die städtisch geprägten Flächen (dies sind in erster Linie Wohnflächen) sowie die Industrie- und Gewerbeflächen kontinuierlich zugenommen haben. Die stärkste Entwicklung ist während des wirtschaftlichen Aufschwungs Ende des 19. Jh. und nach dem Zweiten Weltkrieg zu verzeichnen. Es können jedoch auch rückläufige Entwicklungstendenzen innerhalb der Siedlungsfläche konstatiert werden. So ist bis Anfang der 50er Jahre die Zunahme städtischer Grün- und Freizeitflächen markant, die im Wesentlichen aus der Kleingartenentwicklung resultiert (ausgedehnte Anlage von Schrebergärten seit der Gründerzeit). In den anschließenden Jahren erfolgte ein zunehmend nach innen gerichteter Verdichtungsprozess, der bis heute zum Verlust derartiger Flächen führt.

Bei der Betrachtung der Verkehrsflachenentwicklung wird deutlich, dass sowohl die Entwicklung der Verkehrsnetzlange als auch der Verkehrsfläche stark mit der Siedlungsflachenentwicklung korreliert. Das heißt, dass die Ausweitung der Siedlungsflächen seit über 200 Jahren auch einen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur bedingen.

Der Freiraum wurde im Laufe der letzten 200 Jahre durch die zunehmende Intensivie-

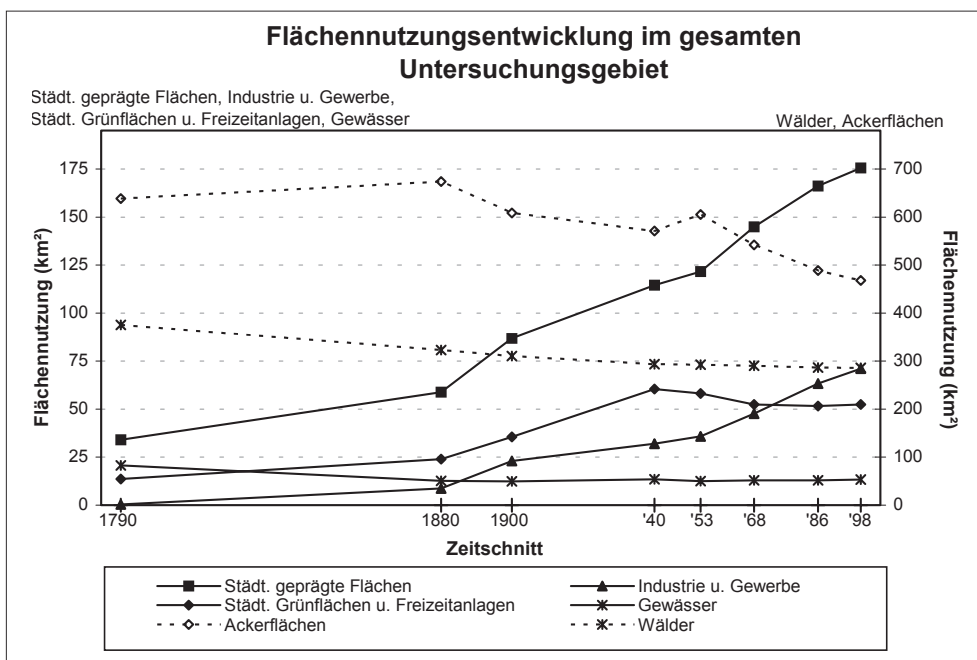


Abb. 6: Entwicklung ausgewählter Flächennutzungsklassen im gesamten Untersuchungsgebiet.

rung der Landwirtschaft geprägt, naturnahe Vegetationsarten, z. B. Feuchtfleichen, Heiden, Moore sowie Strauch- und Übergangsv egetationen wurden dadurch stark zurück gedrängt.

4.3 Raumstrukturelle Kenngrößen der Siedlungsentwicklung

4.3.1 Kompaktheit des Siedlungskernraumes

Der Kompaktheitsgrad charakterisiert die Dichte der Siedlungsfläche auf der Grundlage eines Gravitationsansatzes. Er bestimmt die Kompaktheit des Siedlungsraumes in Abhängigkeit von Siedlungsflächen-größe und -abstand und den daraus resultierenden räumlichen Wechselwirkungen. Je disperser die Siedlungsflächen im Raum verteilt und je kleiner die jeweiligen Siedlungsflächen sind, umso geringer sind die räumlichen Wechselbeziehungen und somit die Kompaktheit des Siedlungsraumes. Der Kompaktheitsgrad wurde ausschließlich für

den Siedlungskernraum anhand einer GIS-basierten Rasteranalyse nach THINH (2002) berechnet (Abb. 7).

1790 war der Siedlungskernraum noch fast kreisförmig und hatte nicht die, durch die Topologie des Elbtales hervorgerufene, für ihn später so charakteristische Bandform (Abb. 4). Die räumliche Ausdehnung innerhalb des Siedlungskernraumes war gering, es existierten kaum eingeschlossene Freiflächen. Die Kompaktheit des Siedlungskernraumes war demzufolge groß. Im Zuge der industriellen Entwicklung, dem Bau der Eisenbahntrassen und der damit einhergehenden Entstehung von Industrie- und Wohngebieten, erfolgte eine verstärkte dezentrale Entwicklung des Siedlungskernraumes.

Die starke Zersiedelung des Freiraumes wurde erst während und nach dem Zweiten Weltkrieg aufgrund der schwächeren Wirtschaftsentwicklung gebremst. Eine verstärkte Inanspruchnahme des Freiraumes durch Siedlungsflächen wurde erst in den letzten Jahrzehnten erneut verzeichnet.

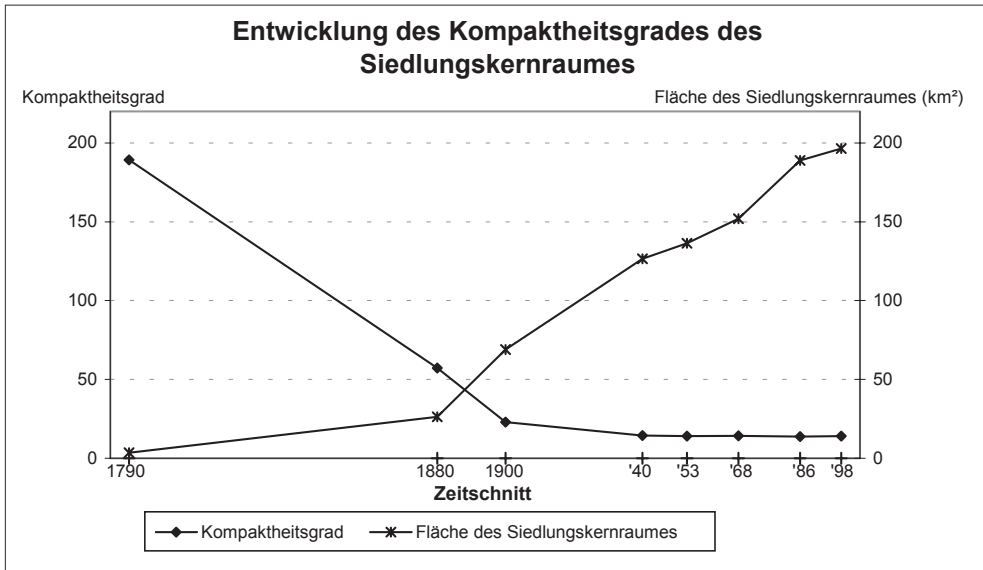


Abb. 7: Entwicklung des Kompaktheitsgrades des Siedlungskernraumes.

4.3.2 Lage neuer Siedlungsflächen

Die nun erfolgende Lagetypisierung kennzeichnet neue Siedlungsflächen in Abhängigkeit ihrer Lage zu den Siedlungskernräumen. Sie ist damit ein Indikator für den Erfolg einer Stadtentwicklungspolitik, eine „Stadt der kurzen Wege“ zu schaffen. Dazu wurden alle neuen Siedlungsflächen, die sich innerhalb von zwei aufeinander folgenden Zeitschnitten entwickelten, in drei Lagetypen unterteilt (Abb. 8). Neue Siedlungsflä-

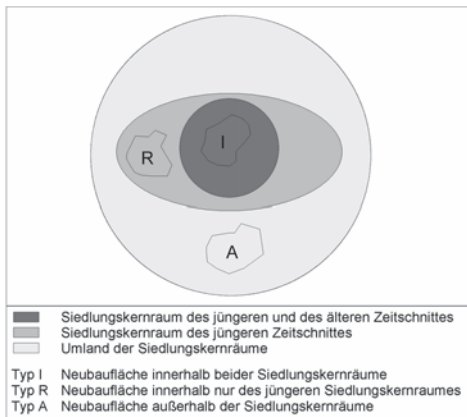


Abb. 8: Lagetypisierung neuer Siedlungsflächen.

chen, die sowohl im alten als auch im neuen Siedlungskernraum enthalten sind, bilden den Typ I (Innenentwicklung). Er spiegelt eine Lücken-schließende Bautätigkeit im Siedlungskernraum wider, die sich damit in gut erschlossenen Lagen vollzieht. Hier erfolgt keine Zersiedelung des Umlandes, so dass dieser Lagetyp I aus ökologischer Sicht positiv bewertet werden kann. Neubaufflächen des Typs R (Randentwicklung) befinden sich innerhalb der Kernwachstumszone, die sich zwischen zwei aufeinander folgenden Zeitschnitten entwickelte. Die Lage dieser Neubaufflächen bedingt eine Inanspruchnahme des Freiraumes, allerdings besteht eine Anbindung der neuen Siedlungsfläche an den gewachsenen Siedlungskernraum. Dieser Lagetyp muss aus ökologischer Sicht kritischer eingeschätzt werden als Typ I. Alle Siedlungsneuf Flächen, die keine Verbindung zu einem der beiden Siedlungskernräume besitzen, bilden Typ A (Außenentwicklung). Neubaufflächen dieses Typs entwickeln sich ohne Anbindung an den Siedlungskernraum, haben wesentlichen Anteil an der Zunahme der Zersiedelung des Freiraumes und bedingen durch ihre größere Entfernung zum Kernraum auch eine verstärkte Verkehrsentwicklung. Typ-A-Siedlungsflächen

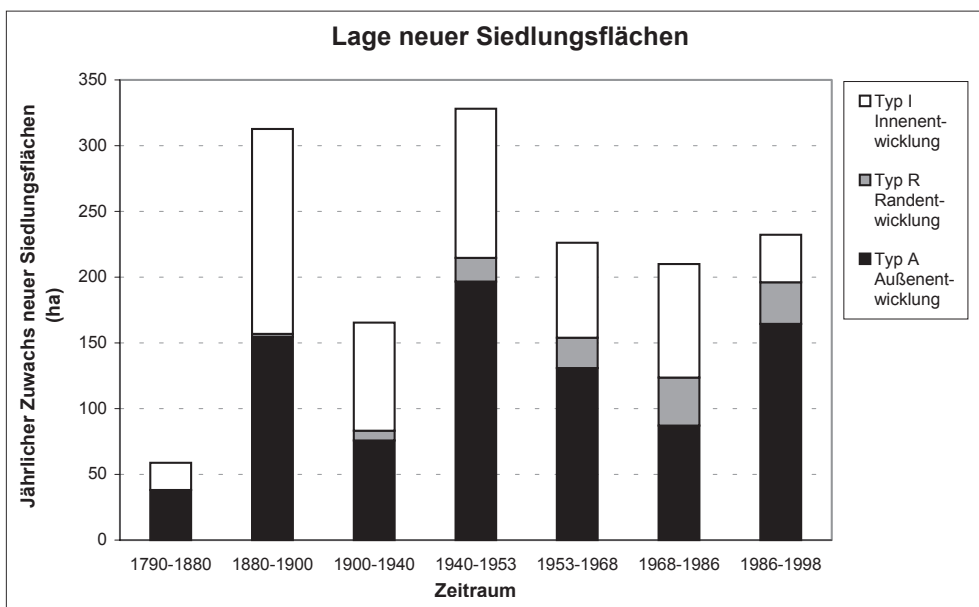


Abb. 9: Bilanz neuer Siedlungsflächen differenziert nach Lagetypen.

sind deshalb aus ökologischen Gründen am kritischsten zu bewerten.

Der Algorithmus zur Berechnung der Lagetypen wurde in AML (Arc Macro Language) programmiert und in ArcInfo integriert.

Die nach Lagetypen differenzierte Bilanz neuer Siedlungsflächen zeigt, dass zwischen 1790 und 1880 eine verstärkte Außenentwicklung stattfand, die kompakte Stadt bot keinen Raum für Innenentwicklungen (Abb. 9). Bis 1940 hielt sich dann der Anteil von Außen- und Innenentwicklung die Waage. Der Zeitraum von 1900–1986 ist geprägt durch eine Zunahme der Randentwicklung. Zwischen 1968 und 1986 war der Anteil von Innen- und Randentwicklungen von allen Untersuchungszeiträumen am größten, Außenentwicklungen spielen unter anderem aufgrund des geringen Motorisierungsgrades der Bevölkerung eine geringe Rolle. Seit

1986 ist sowohl absolut als auch prozentual (69%) eine Dominanz der Außenentwicklung zu beobachten, was aus stadtökologischer Sicht Grund zur Besorgnis gibt (NEUMANN 2002).

4.3.3 Integration neuer Siedlungsflächen

Neben der Bestimmung der Lage neuer Siedlungsflächen zum Siedlungskernraum wurde deren Integration in das bereits bestehende gesamte Siedlungsgefüge (nicht nur in die Siedlungskernräume) ermittelt, denn aus städtebaupolitischen und ökologischen Gründen ist eine starke Integration neuer Siedlungsflächen in den Bestand anzustreben. Als Kriterium für die Integrationstypisierung neuer Siedlungsflächen dient das Verhältnis G von gemeinsamer Grenzlänge zwischen neuer und bestehender

Tab. 1: Integrationstypisierung neuer Siedlungsflächen.

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Grenzlängenverhältnis G	$2/3 < G \leq 1$	$1/3 < G \leq 2/3$	$0 < G \leq 1/3$	0

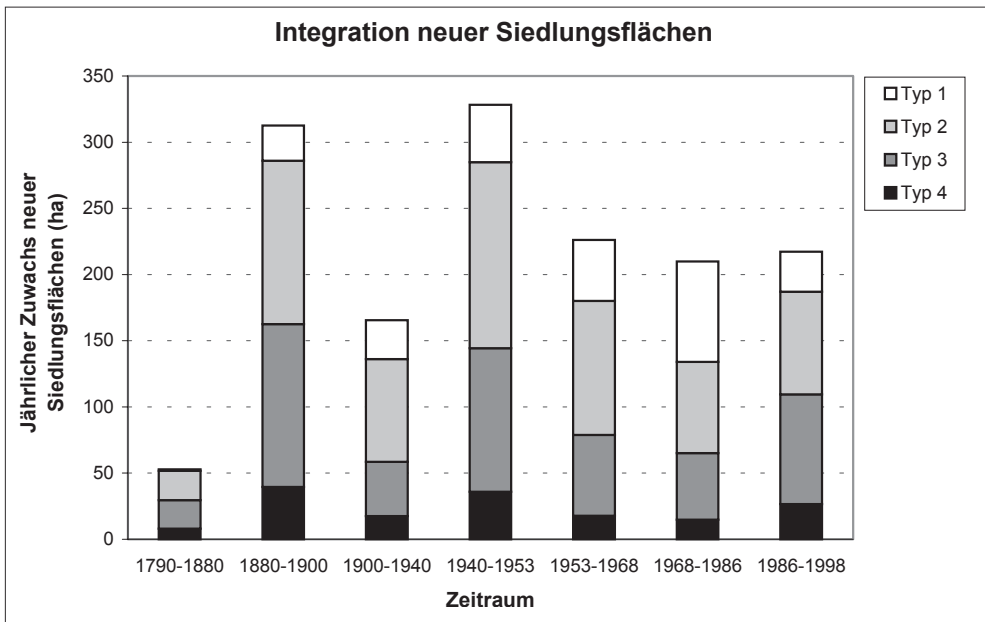


Abb. 10: Bilanz neuer Siedlungsflächen differenziert nach Integrationstypen.

Siedlungsfläche und der Gesamtgrenzlänge der neuen Siedlungsfläche (Tab. 1, WINKLER 2001).

Der Integrationsgrad neuer Siedlungsflächen nimmt vom Typ 1, der (fast) vollständigen Integration von Neubaufächen in den Siedlungsbestand bis zu nicht integrierten Flächen vom Typ 4 ab. Abb. 10 zeigt, dass für die sieben untersuchten Zeiträume jeweils der Anteil der Integrationstypen 2 und 3 überwiegt.

Die Gesamtfläche der Typen 1 und 4, d. h. der vollständig und der nicht integrierten Neubaufächen, ist für alle Zeiträume anteilmäßig am geringsten. Während der ersten Entwicklungsetappe zwischen 1790 und 1880 entstanden 44% der Neubaufächen in schlecht oder gar nicht integrierten Lagen. Unter Berücksichtigung des sehr kompakten Siedlungsraumes von 1790 ist diese Entwicklung verständlich. In den nachfolgenden Entwicklungsetappen hat sich der Anteil der besser integrierten Flächen (Typ 1 und 2) vergrößert. Die im Vorfeld entstandenen Lücken innerhalb des Siedlungsraumes wurden langsam geschlossen. Allerdings war die Erweiterung des Siedlungsraumes

bis 1953 so stark, dass auch weiterhin ein disperses Siedlungsflächenwachstum zu verzeichnen war. Dies verdeutlicht der gesunkene Flächenanteil der beiden Integrationstypen 1 und 2. Die Entwicklung des Siedlungsraumes zwischen 1953 und 1986 kann als stark nach innen verdichtend bzw. arrondierend charakterisiert werden, bevor sie in den vergangenen Jahren erneut verstärkt dispers verlaufen ist.

5 Siedlungsentwicklung im Zusammenhang mit Bevölkerung und Boden

5.1 Entwicklung der Wohndichte

Die Wohndichte gibt die Anzahl der Einwohner auf der gesamtstädtischen Wohngebietsfläche ohne Beachtung der Gebäudeschossigkeit an. Im Unterschied zur Einwohnerdichte (Einwohner/Stadtfläche) spiegelt sie damit in Annäherung den mittleren Wohnflächenbestand wider und somit die Wohnflächennachfrage als Triebkraft der gesamten Siedlungsentwicklung. Entsprechend dem verwendeten Klassifika-

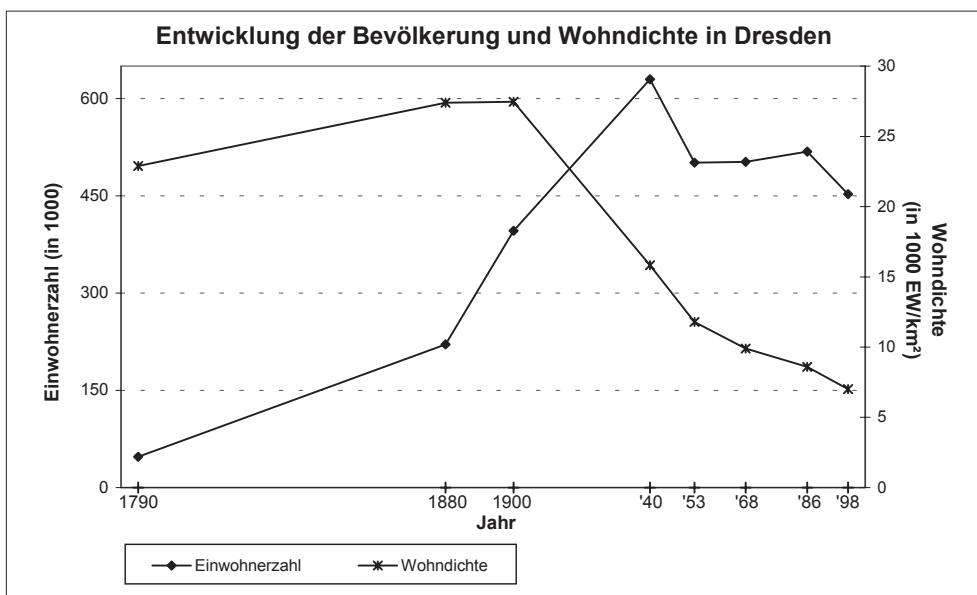


Abb. 11: Entwicklung der Bevölkerung und der Wohndichte in Dresden.

tionsschema sind alle Wohnflächen der Kategorie „städtisch geprägte Flächen“ zugeordnet. Diese Flächen wurden für alle Zeitschnitte mit der jeweiligen Stadtfläche verschnitten, denn nur für diese lagen verlässliche Einwohnerzahlen vor.

Die Wohndichte stieg zwischen 1790 und 1900 (Abb. 11). Zu diesem Zeitpunkt wurde durch die sehr dichte und mehrgeschossige Bauweise der Gründerzeit die höchste Wohndichte erzielt. Seit 1900 nimmt dann die Wohndichte fast linear bis auf einen Wert von 7.000 EW/km² im Jahr 1998 ab.

Dieser Rückgang resultiert weitgehend aus einem deutlich wachsenden Bedarf an Wohnfläche pro Einwohner und der steigenden Anzahl von Einpersonenhaushalten. Untersuchungen für die Einwohnerbezogene Industrie- und Gewerbeflächenentwicklung zeigen ein mit der Wohnflächenentwicklung vergleichbares Bild. Diese Zahlen verdeutlichen die Problematik des ständig zunehmenden Siedlungszuwachses trotz schrumpfender Bevölkerungszahlen.

5.2 Entwicklung der Bodenversiegelung

Eine Folge der Siedlungsentwicklung ist die Versiegelung von Böden, die viele nachteilige Umweltwirkungen hervorruft (HEBER & LEHMAN 1996). Der Bodenversiegelungsgrad spiegelt das Verhältnis von versiegelter zu unversiegelter Bodenfläche wider. Für die Berechnung der Bodenversiegelung wurde für jede Flächennutzungs-kategorie ein mittlerer Versiegelungsgrad festgelegt (Tab. 2). Anschließend wurden die Klassen-bezogenen Flächenbilanzen der Gebietsabgrenzungen für alle acht Untersuchungszeitschnitte mit den Versiegelungsgraden multipliziert und die Positionen addiert. Parallel dazu wurden Bodenversiegelungskarten aller Untersuchungszeitpunkte erstellt.

Die Bodenversiegelung für das gesamte Untersuchungsgebiet hat seit 1790 von 1% auf 11% im Jahr 1998 zugenommen. Die Zunahme erfolgte dabei weitestgehend linear und war bedingt im Wesentlichen durch die Siedlungsentwicklung durch Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen und den stetigen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Die Gesamtfläche hoch versiegelter Böden

Tab. 2: Versiegelungsgrade (VSG) der Flächennutzungsklassen.

VSG (%)	Flächennutzung
0	Freiflächen, Abbauflächen, Deponien
> 0 bis 30	nicht durchgängig städtisch geprägte Flächen (niedrige Versiegelung), städtische Grünflächen
> 30 bis 40	Baustellen
> 40 bis 50	Sport- und Freizeitanlagen, Brachen
> 50 bis 60	Eisenbahnflächen, Häfen, Flughäfen
> 60 bis 70	nicht durchgängig städtisch geprägte Flächen (hohe Versiegelung), Dienstleistungseinrichtungen
> 70 bis 80	Industriegebiete, Gewerbeflächen
> 80 bis 90	durchgängig städtisch geprägte Flächen, Autobahnen
> 90 bis 100	sonstige Straßen

(VSG > 80%) war allerdings 1940 vor der Zerstörung von Dresden am größten.

5.3 Verlust ertragreicher Acker- und Grünlandflächen

Bodenversiegelung entzieht den Boden einer landwirtschaftlichen Nutzung. Dieser Entzug ist dann besonders bedenklich, wenn es sich um hochwertige Böden handelte, die eigentlich der landwirtschaftlichen Nutzung vorbehalten bleiben sollten. Dazu wurden Daten der Bodenschätzung bezüglich des biotischen Ertragspotenzials für die Stadtfläche Dresden mit dem Erhebungsstand 1934 GIS-technisch aufbereitet (Quelle:

Reichsbodenschätzung; Aufarbeitung durch Landeshauptstadt Dresden, Grünflächenamt 1994). Die Acker- und Grünlandflächen wurden in vier Wertstufen eingeteilt und mit den Flächennutzungsdatensätzen der Jahre 1953 bis 1998 verschnitten (Tab. 3).

Auffällig ist, dass auf den Bodenwert zu keinem Zeitpunkt der Siedlungsentwicklung Rücksicht genommen wurde. Zwar wurden bis 1968 vorrangig Böden mit niedriger Bodenwertzahl überbaut, ab 1986 erfolgte aber eine verstärkte Umnutzung von Böden mit hohem bis sehr hohem biotischen Ertragspotenzial für Siedlungszwecke. Drastisch ist vor allem die Inanspruchnahme von Böden

Tab. 3: Bodenverlust durch Siedlungstätigkeit in Abhängigkeit vom biotischen Ertragspotenzial für die Stadtfläche Dresden (1996).

Wertstufe	Bodenwertzahl	Biotisches Ertragspotenzial	Fläche insgesamt (ha)	Bodeninanspruchnahme durch Siedlungstätigkeit							
				1934–53		1934–68		1934–86		1934–98	
				ha	%*	ha	%*	ha	%*	ha	%*
IV	10–29	gering	420	129	31	172	41	202	48	231	55
III	30–59	mittel	2009	400	20	575	29	795	40	915	46
II	60–69	hoch	813	155	19	223	27	385	47	424	52
I	70–97	sehr hoch	1899	381	20	499	26	992	52	1085	57

*) Flächenanteil an dem jeweiligen Bodenwert

mit sehr hohem biotischen Ertragspotenzial, sie hat sich zwischen 1953 und 1998 von 20% auf 57% fast verdreifacht. Da die Bodenwertdaten nur für die administrative Stadtfläche zur Verfügung standen, können keine Aussagen zum Verlust sehr hochwertiger Böden durch die wachsende Suburbanisierung gemacht werden.

6 Schlussfolgerung

Der GIS-Einsatz im Zusammenhang mit erhobenen Flächennutzungsdaten aus Fernerkundungsdaten und historischen Kartenwerken ermöglicht komplexe Analysen sowohl quantitativer als auch qualitativer Flächennutzungsentwicklungen im Langzeitmonitoring. Die Ergebnisse zeigen, dass die Siedlungsfläche für alle betrachteten Untersuchungseinheiten seit 1790 stetig zugenommen hat. Dabei konnte auch eine starke positive Korrelation zwischen Siedlungsflächen- und Bevölkerungsentwicklung bis 1940 nachgewiesen werden. Seit diesem Zeitpunkt wächst die Siedlungsfläche trotz schrumpfender Bevölkerungszahlen besorgniserregend. Letztlich ist dieses ein Indiz dafür, wie wichtig eine gezielte, vehemente, politische Gegensteuerung beim Flächenverbrauch ist. Negative Umweltwirkungen sind unter anderem die ständig zunehmende Bodenversiegelung und der Verbrauch ertragreicher Böden. Diese Entwicklung kann in keiner Weise als nachhaltig betrachtet werden, beschneidet sie doch die natürlichen Lebensgrundlagen nachfolgender Generationen.

Derartige Langzeituntersuchungen zur Flächennutzungsentwicklung bedingen Informationen und Erkenntnisse, die Grundlage für politische Leitlinien der Siedlungsentwicklung und damit eine wichtige Voraussetzung für eine zukünftige, nachhaltig gestaltete Siedlungsentwicklung sein könnten.

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei Herrn Dr. N. THINH (IÖR) für die Berechnung der Kompaktheit der Siedlungskernräume und

bei Herrn Dipl.-Vw. J. HENNERSDORF (IÖR), der die Analyse des Verbrauchs ertragreicher Böden übernahm.

Literatur

- Deutscher Umweltindex dux, 2003: www.umweltbundesamt.de/dux
- DOSCH, F., 2002: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Flächennutzung. – Informationen zur Raumentwicklung, **2002** (1): 31–45.
- European Environment Agency 2002: Towards an urban atlas. Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas. – Environmental issue report, No. 30 – European Environment Agency, Copenhagen.
- European Environment Agency 1997: CORINE Land Cover, Technical Guide. – Copenhagen.
- HEBER, B. & LEHMANN, I., 1996: Beschreibung und Bewertung der Bodenversiegelung in Städten. – IÖR-Schriften, Band 15, Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden, Grünflächenamt (Hrsg.), 1994: Landschaftsplanentwurf. – Dresden.
- MEINEL, G., 2001: Langzeituntersuchung kumulativer Umweltwirkungen durch Flächennutzungsänderungen am Beispiel der Suburbanisierung stadtnaher ländlicher Regionen und neuer Verkehrskorridore. – IÖR-Forschungsprojek Dresden. (unveröff.)
- MEINEL, G., COLDITZ, U., GÖSSEL, J., HEBER, B., HENNERSDORF, J., SCHUMACHER, U. & SIEDENTOP, S., 1999: Monitoring Urban Dynamics (Murbandy) – Change Dresden. Die Entwicklung der Flächennutzung und der Transportinfrastruktur seit den 50er Jahren in Dresden und Umland. – Abschlussbericht des EU-Projektes ‚Monitoring Urban Dynamics (Murbandy) – Change Dresden.‘, Dresden. (unveröff.)
- NEUMANN, K., 2002: GIS-basierte Aufnahme und Analyse der Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden von 1880 bis 1998. – Diplomarbeit, TU Dresden. (unveröff.)
- SIEDENTOP, S., 1999: Kumulative Landschaftsbelastung durch Verstädterung – Methodik und Ergebnisse einer vergleichenden Bestandsaufnahme in sechs deutschen Großstädten. – Natur und Landschaft, **1999** (76): 146–155.
- Space Applications Institute, 1998: Invitation to Tender. Murbandy-Change: Development of land use data bases for selected European cities/regions. – Ausschreibungsunterlagen für den Projektteil Murbandy-Change, Ispra.
- THINH, N.X., 2002: Entwicklung von AML-Programmen zur räumlichen Analyse der Flächen-

- nutzungsmuster von 116 kreisfreien Städten in Deutschland. – Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, **2002** (6): 409–422.
- WALZ, U. & BERGER, A., 2003: Georeferenzierung und Mosaikerstellung historischer Kartenwerke – Grundlage für digitale Zeitreihen zur Landschaftsanalyse. – Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, **2003** (3): 213–219
- WINKLER, M., 2001: GIS-basierte Flächenentwicklungsanalyse von fünf europäischen Großstädten (Bilbao, Bratislava, Dresden, Lyon, Palermo) und deren Visualisierung auf der Basis digitaler Datenbestände. – Diplomarbeit, TU Dresden. (unveröff.)
- WITSCHAS, S., 2002: Erinnerung an die Zukunft – sächsische historische Kartenwerke zeigen den Landschaftswandel. – Kartographische Nachrichten 3/2002: 111–117, Bonn-Bad Godesberg.
- Anschrift der Verfasser:
- Dr.-Ing. GOTTHARD MEINEL
Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
e. V., Dresden
Weberplatz 1
D-01217 Dresden
e-mail: G.Meinel@ioer.de
- Dipl.-Geogr. KATHLEEN NEUMANN
Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
e. V., Dresden
Weberplatz 1
D-01217 Dresden
e-mail: kath.neumann@web.de
- Manuskript eingereicht: Juni 2003
Angenommen: Juli 2003