

Günter Arlt, Ernst Schöppe und Thomas Klipphahn

Auswirkungen städtischer Verkehrswegenetze auf Flächenversiegelung, Flächenproduktivität und Bodenpreis

Effects of Urban Transport Networks on Land-Take, the Productive Use of Land and on Land Prices

Kurzfassung

Verkehrsinfrastrukturen und städtisches Leistungsvermögen stehen in einem Zusammenhang. In empirischen Untersuchungen werden partielle Wirkungen der Verkehrsinfrastruktur auf Flächenversiegelung, Flächenproduktivität und Bodenpreis – als Schlüsselindikatoren für ökologische und ökonomische Leistungen städtischer Flächen – identifiziert und für ausgewählte Beziehungen messbar gemacht. Im Rahmen wirkungsanalytischer Untersuchungen sind Berechnungsmodelle für Ost-, West- und Gesamtdeutschland entwickelt worden. Als planungspraktisch bedeutsame Kenngrößen der Verkehrsinfrastruktur werden Straßennetzdichte sowie Streckennetz- und Platzkilometerdichte im Schienenverkehr ausgewiesen.

Abstract

A relationship exists between transport infrastructures and the economic productivity of urban centres. Empirical studies have identified partial effects on the take of land for development, on land exploitation (i.e. the productive use of land) and on land prices – the key indicators of the economic and ecological role played by municipal land – as being attributable to the transport infrastructure and have rendered them quantifiable in terms of selected relationships. Within the framework of analytical studies on cause and effect, computational models have been developed for the western and eastern parts of Germany, and for Germany as a whole. The key measures of transport infrastructure of direct relevance to planning practice are identified as the density and coverage of the road and rail networks.

Der Zusammenhang zwischen Flächennutzung und Verkehrsinfrastruktur wurde in den Regionalwissenschaften unter verschiedensten Aspekten untersucht. Hinsichtlich der Formulierung qualitativer Abhängigkeiten besteht dazu im Großen und Ganzen Einmütigkeit. Hinreichend allgemeingültige quantitative Abhängigkeiten jedoch ließen sich immer wieder deshalb

nicht leicht gewinnen, weil ihre Aussagekraft maßgeblich von Güte und Umfang der verfügbaren Datengrundlage abhängt.

In Zusammenarbeit zwischen dem Institut für ökologische Raumentwicklung und dem Lehrstuhl für Verkehrs- und Infrastrukturplanung der Technischen

Universität Dresden wurden empirische Untersuchungen zum Wirkungszusammenhang von ökonomischem und ökologischem Leistungsvermögen der Städte und deren verkehrlicher Infrastruktur auf Grund der guten Datenlage und der verwaltungsrechtlichen Stellung anhand der 116 kreisfreien Städte Deutschlands vorgenommen. Sie bilden die größte Gemeindeeinheit in Deutschland und nehmen in ihrer Verwaltung alle jene Aufgaben wahr, die sonst auf Landkreise und Gemeinden aufgeteilt sind. Der damit vorhandene erweiterte Handlungsspielraum ermöglicht den Städten, städtische Entwicklungsprozesse relativ souverän zu beeinflussen. Erkenntnisse über Auswirkungen städtischer Strukturen können auf kurzem Wege in kommunale Entscheidungen einfließen. Neben Berlin sind 90 westdeutsche und 25 ostdeutsche kreisfreie Städte in die Untersuchungen einbezogen worden.

Statistisch verfügbare Messvariablen für das ökonomische Leistungsvermögen sind die Flächenproduktivität in Form der Bruttowertschöpfung je Flächeneinheit und der als Schlüsselindikator anzusehende gesamtstädtische Bodenpreis. Indikator für das ökologische Leistungsvermögen von Städten ist der gesamtstädtische Versiegelungsgrad.

Ökonomisches Leistungsvermögen ist ein komplexes Phänomen, dessen Ursachen u. a.

- in den höherwertigen Dienstleistungsproduktionen sowohl im tertiären als auch sekundären Sektor und damit in einer überdurchschnittlichen Qualifikation der Arbeitskräfte begründet sind,
- in den betrieblichen Organisationsgrößen zu sehen sind, die bei steigenden Betriebsgrößen die Realisierung zunehmender Skalenerträge vermuten, zugleich auf Grund der geringeren Anpassungsflexibilität auch ökonomische Nachteile erwarten lassen,
- in der Infrastrukturausstattung liegen, die als zentraler Bestimmungsgrund für das städtische Leistungsvermögen gelten kann.

Ökologisches Leistungsvermögen von Städten ist weitgehend von der Erfüllung der Lebensraum-, Regungs-, Nutzungs- und Sozialfunktionen abhängig, die den Flächen im Rahmen der Flächennutzung übertragen werden. Die Flächennutzung führt zur Verdichtung offener Böden mit Veränderung des Bodengefüges und zur Bodenbedeckung mit teilweise durchlässigen bis undurchlässigen Materialien. Bodenverdichtung und Bodenversiegelung erschweren und unterbinden die Austauschvorgänge zwischen Boden und Atmosphäre und führen zur Isolierung des Bodens. Versiegelter Boden kann die ökologischen Funktionen des Bodens nicht mehr oder nur eingeschränkt erfüllen und führt

zur Reduzierung des ökologischen Leistungsvermögens und somit auch zu Verlusten in der städtischen und stadtreionalen Lebensraumqualität.

Ökonomische und ökologische Leistungsvermögen von Städten sind komplexe Phänomene, deren ursachenanalytische Modellierung meist nur unbefriedigende Lösungen mit begrenzten Anwendungsfeldern hervorbringt. Vor diesem Hintergrund legen die empirischen Untersuchungen Schlüsselindikatoren für das Leistungsvermögen von Städten zu Grunde und gehen ausgewählten hypothetischen Zusammenhängen zwischen Struktur und Leistungsvermögen von Städten nach.

Die vorliegenden empirischen Untersuchungen stehen im Kontext wirkungsanalytischer Betrachtungen der Zusammenhänge zwischen Flächennutzungsstruktur, Bodenversiegelung und Bodenpreis.¹ Gegenstand sind ausschließlich die Beziehungen der Verkehrsinfrastrukturausstattung zum städtischen Leistungsvermögen. Die Untersuchungen zielen auf die Beurteilung des verkehrsstrukturellen Einflusses auf Flächenproduktivität, Flächenversiegelung und Bodenpreis sowie die Darstellung und Dimension der Zielkonflikte einer leistungsorientierten Stadtentwicklung durch Erhöhung der Verkehrsinfrastrukturausstattung. Sie bedienen sich folgender regionalstatistischer Methoden:

- bivariate Korrelations- und Regressionsanalyse,
- Faktorenanalyse,
- multiple Regressionsanalyse.

These 1:

Die Flächenproduktivität (flächenspezifische Bruttowertschöpfung) und Verkehrsinfrastrukturausstattung stehen in einer Wirkungsbeziehung.

Die wirkungsanalytischen Untersuchungen nehmen grundsätzlich auf die Bruttowertschöpfung der städtischen Siedlungs- und Verkehrsfläche Bezug. Allerdings weist in den bivariaten Korrelationsanalysen die stadtlächenbezogene Bruttowertschöpfung ein höheres Signifikanzniveau auf. Es werden deshalb im Folgenden die stadtlächenbezogenen Ergebnisse der bivariaten Wirkungsanalyse dargestellt. Sie zeigen den positiven Zusammenhang zwischen städtischen Dichteparametern (Straßennetzdichte, Pkw-Dichte, Streckennetzdichte, Platzkilometerdichte) und der Flächenproduktivität.

Diese Zusammenhänge sind in den kreisfreien Städten Ostdeutschlands deutlicher ausgeprägt als in den kreisfreien Städten Westdeutschlands. Die Signifikanz-

Abbildung 1
Zusammenhang zwischen Flächenproduktivität und Straßennetzdichte in westdeutschen kreisfreien Städten

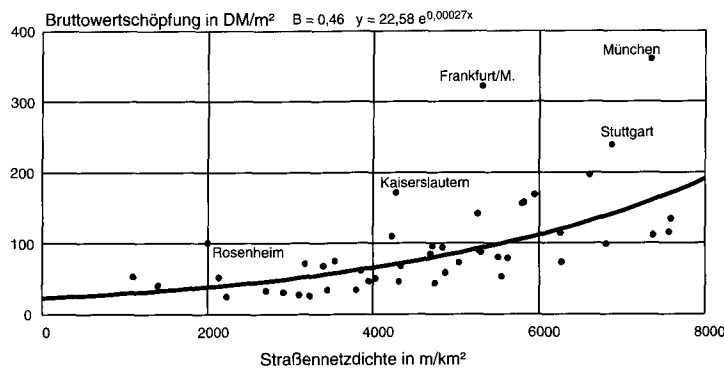


Abbildung 2
Zusammenhang zwischen Flächenproduktivität und Straßennetzdichte in ostdeutschen kreisfreien Städten

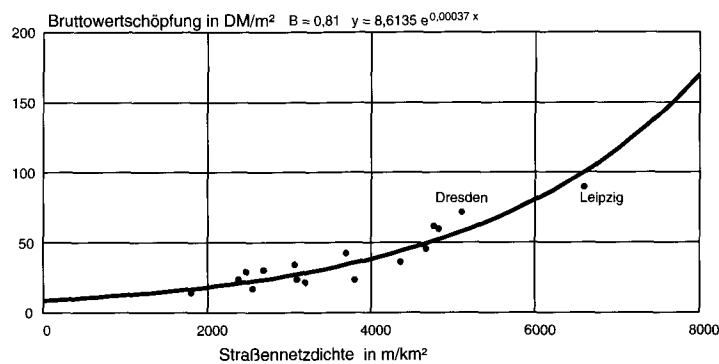


Abbildung 3
Zusammenhang zwischen Flächenproduktivität und Pkw-Dichte

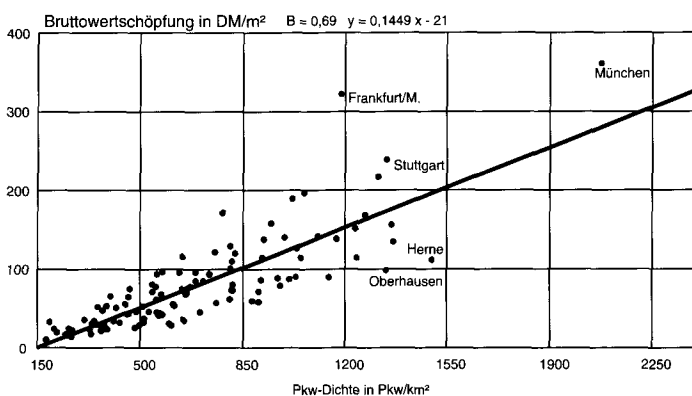
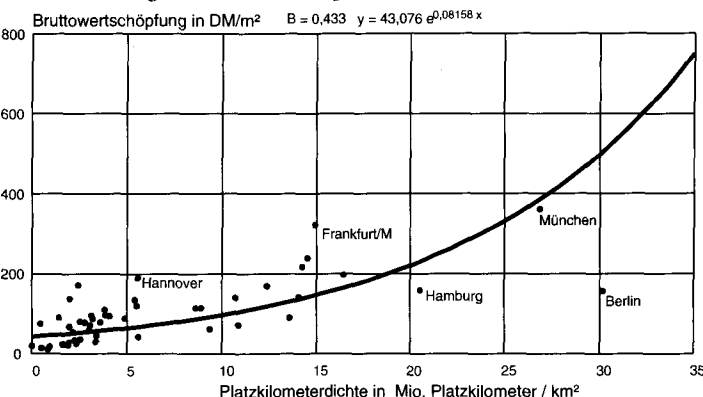


Abbildung 4
Zusammenhang zwischen Flächenproduktivität und Platzkilometerdichte



unterschiede, insbesondere in den Beziehungen der Flächenproduktivität zur Straßennetzdichte (Abb. 1 und 2) verdeutlichen, dass Investitionstätigkeit und Bruttowertschöpfung in Ostdeutschland auf Grund des niedrigeren Ausgangsniveaus nach dem Strukturbruch von 1989 sehr viel enger an die verkehrsstrukturelle Ausstattung gekoppelt sind als in Westdeutschland. Weiterhin ist sichtbar, dass die schon vor 1989 entwickelte hohe Straßennetzdichte in ostdeutschen Städten mit einer „ostdeutschen“ Flächenproduktivität korreliert, die deutlich unter der vergleichbarer westdeutscher Städte liegt.

Die Straßennetzdichte ist planungspraktisch bedeutungsvoll. Sie erklärt die Varianz der Flächenproduktivität aller kreisfreien Städte zu 53 %. Dieser mittlere Wirkungszusammenhang weist auf weitere Struktureinflüsse der Flächenproduktivität hin, die vor allem im Prozess der Tertiärisierung, d.h. im Wandel des Verhältnisses von Warenproduktion zu Dienstleistungen (sektoraler Strukturwandel) und in der Zunahme von Qualifikation der Arbeitskräfte sowie von Tätigkeiten in der Verwaltung, Planung, Steuerung und Kontrolle (funktionaler Strukturwandel), begründet sind.

Beispielsweise sind Frankfurt, München und Stuttgart durch eine überdurchschnittlich hohe Flächenproduktivität gekennzeichnet, die vom Trend der Straßennetzdichte abweicht. Diese Städte weisen aber hohe Beschäftigungsanteile im tertiären Sektor, eine hohes Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte und einen hohen Anteil an höherwertiger Dienstleistungsproduktion im sekundären Sektor (München, Stuttgart) und tertiären Sektor (Frankfurt) auf. Die Flächenproduktivität dieser Städte ist wirtschaftsstrukturell determiniert.

Weiterhin zeigt sich Flächenproduktivität gut mit der Pkw-Dichte (Abb. 3) und mit der Platzkilometerdichte des SPNV (Abb. 4) korreliert. Die Platzkilometerdichte im SPNV ist ein Angebotsparameter, dessen Qualität durch kommunale Subventionen maßgeblich beeinflusst wird und somit auch die städtische Flächenproduktivität reflektiert, die die städtische Haushaltslage und seine Subventionsmöglichkeiten maßgeblich bestimmt.

Neben den bivariaten Untersuchungen erlangt die Faktorenanalyse besondere Bedeutung, weil sie den komplexen Zusammenhängen der Flächenproduktivität besser gerecht wird.

Das faktorenanalytische Modell identifiziert elf Faktoren (Tab. 1), von denen sich vier in einer multiplen Regressionsanalyse als signifikant erweisen (Abb. 5). Von grundlegender Bedeutung für die Flächenproduktivität ist der Faktor „Straßennetzdichte“². Eine hohe Straßennetzdichte ist grundsätzlich Ausdruck für eine schnelle Kfz-Erreichbarkeit städtischer Ziele und effektive Interaktionen und steht somit direkt mit der Flächenproduktivität in Beziehung.

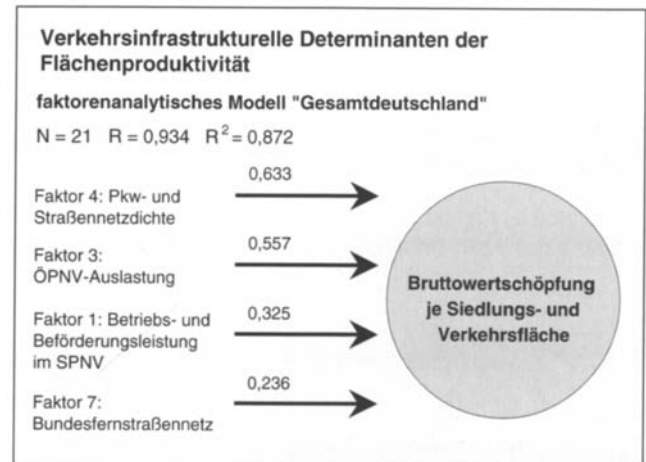
Tabelle 1
Extrahierte Faktoren und Faktorenbezeichnung

Faktorenanalytisches Modell: Extrahierte Faktoren und ihre Bezeichnung		
Faktor	Repräsentanten „hochladender“ Variablen	Bezeichnung
1	Platzkilometer (Bahn) je Strecke	Betriebs- und Beförderungsleistung im ÖPNV
	Fahrten pro Einwohner	
2	Liniennetzichte (Bahn)	Linien- und Streckennetzichte
	Streckennetzichte (Bahn)	
3	Fahrgäste je Platzkilometer (Bus + Bahn)	ÖPNV-Auslastung
	Einnahmen je Nutzwagenkilometer (Bus + Bahn)	
4	Straßennetzichte (gesamtes Netz)	Pkw- und Straßennetzichte
	Pkw-Bestand je Stadtfläche	
5	Länge klassifizierter Straßen je Verkehrsfläche	Straßennetzichte (klassifizierte Straßen und Gemeindestraßen)
	Länge der Gemeindestraßen je Verkehrsfläche	
6	Linienlänge je Einwohner (Bus + Bahn)	ÖPNV-Liniennetzangebot
	Linienlänge je Verkehrsfläche (Bus + Bahn)	
7	Bundesfernstraßenlänge je Einwohner	Bundesfernstraßennetz
	Bundesfernstraßenlänge je Verkehrsfläche	
8	Streckenlänge je Einwohner im Einflussgebiet (Bahn)	einwohner-bezogene SPNV-Betriebsleistung und Infrastruktur
	Linienlänge je Einwohner im Einflussgebiet (Bahn)	
9	Einnahmen je Personenkilometer (Bus + Bahn)	ÖPNV-Beförderungsleistung
	Fahrgäste je Linienkilometer (Bus + Bahn)	
10	Straßenlänge (gesamtes Netz) je Einwohner	einwohner-bezogene Straßennetzlänge
	Gemeindestraßenlänge je Einwohner	
11	Platzkilometer im Einflussgebiet (Bus)	einwohner-bezogene Betriebsleistung im Busverkehr
	Nutzwagenkilometer je Einwohner im Einflussgebiet (Bus)	

Indirekter Einfluss auf die Flächenproduktivität geht von der Straßennetzichte über die Standortwahl und den damit verbundenen selektiven Verdrängungswettbewerb aus. Es folgen Faktoren, die die Beziehung der ÖPNV-Nachfrage zur städtischen Flächenproduktivität aufzeigen.

Die Faktoren „ÖPNV-Auslastung“³ und „Betriebs- und Beförderungsleistung im SPNV“⁴ reflektieren einerseits die Siedlungs- und Arbeitsplatzdichte und damit

Abbildung 5
Faktorenanalytisches Modell der gesamtstädtischen Flächenproduktivität



die Nachfragesituation, andererseits aber auch die Bedienungsqualität im ÖPNV und damit die Angebotssituation. Von vergleichsweise geringer Bedeutung für die Flächenproduktivität einer Stadt ist der Faktor „Bundesfernstraßennetz“⁵. Ein relativ dichtes innerörtliches Bundesfernstraßennetz ist ein wesentlicher Standortfaktor und bietet günstige wirtschaftliche Rahmenbedingungen, die auch in der Bruttowertschöpfung zu Buche schlagen.

Aufbauend auf den faktorenanalytischen Untersuchungen sind kenngrößenanalytische Modelle differenziert nach Westdeutschland und Ostdeutschland entwickelt worden (Abb. 6).

In beiden Modellen ist das „Platzkilometerangebot im SPNV je Einheit Siedlungs- und Verkehrsfläche“ von ausschlaggebender Bedeutung für die Flächenproduktivität. Dieser Zusammenhang bedarf der sachlogischen Interpretation, in der die Wechselbeziehung zwischen Flächenproduktivität und Verkehrsinfrastrukturausstattung zu Grunde gelegt werden muss.

Einerseits kann grundsätzlich von einem Einfluss des Platzkilometerangebotes auf die Flächenproduktivität ausgegangen werden. Andererseits wird aber mit wesentlich stärkerer Wirkung die Flächenproduktivität – als Ausdruck der städtischen Wirtschaftskraft und Haushaltslage – die Bedienungsqualität im ÖPNV beeinflussen. Den letzteren Aspekt der Wechselbeziehung bildet das kenngrößenanalytische Modell deutlich ab und weist das „Platzkilometerangebot“ weniger als Einfluss auf als vielmehr als Folge von Flächenproduktivität aus.

Die hypothetische Beziehung der Flächenproduktivität zur Straßennetzichte weisen die kenngrößenanalytischen Modelle nur schwach nach. Sowohl die auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche bezogenen Straßenlängen insgesamt als auch die Bundesfernstraßenlängen

Abbildung 6

Kenngrößenanalytische Modelle der gesamtstädtischen Flächenproduktivität

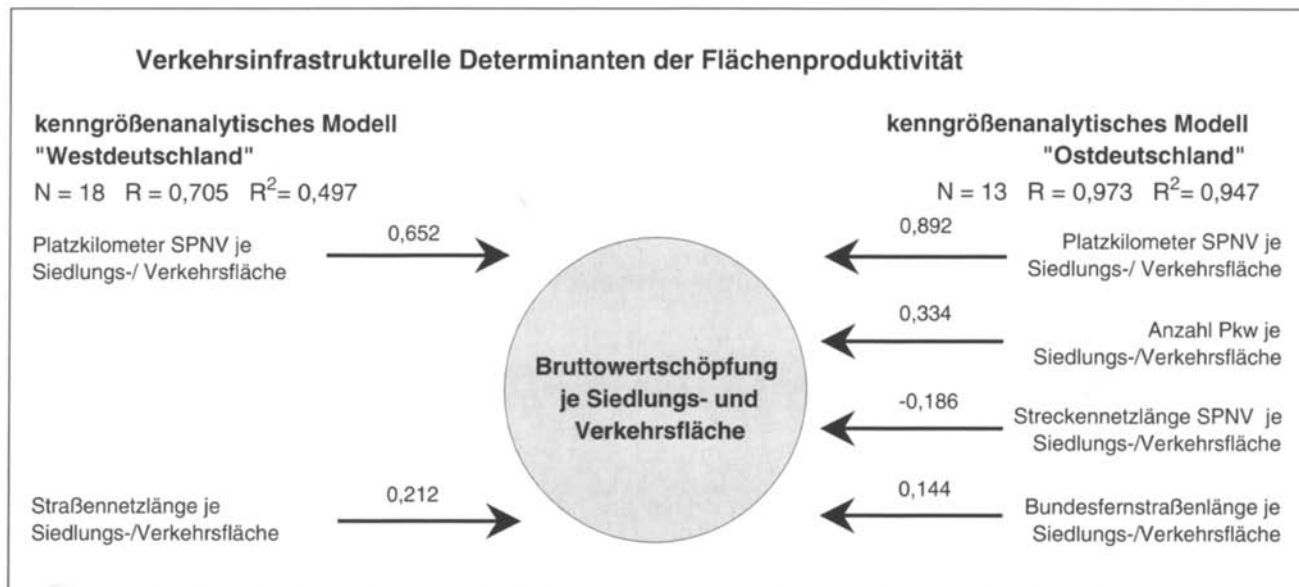
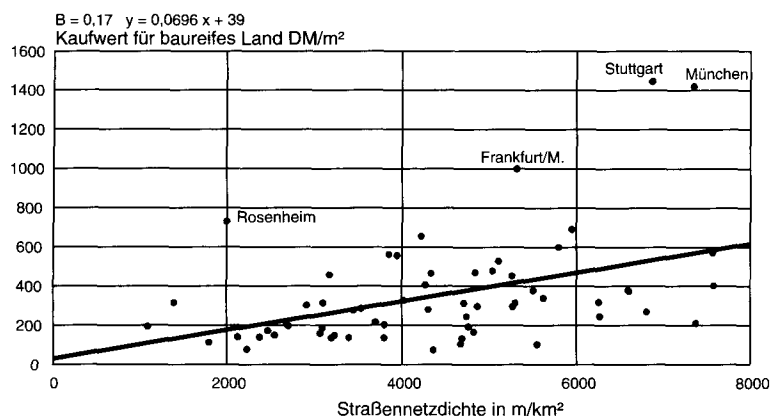


Abbildung 7

Zusammenhang zwischen Bodenpreis und Straßennetzdichte



zeigen mit standardisierten Regressionskoeffizienten von 0,2 und kleiner einen nur geringen Einfluss auf die Flächenproduktivität an. Das kenngrößenanalytische Modell für Ostdeutschland enthält mit der „Pkw-Dichte“ und der negativ auf die Flächenproduktivität wirkenden „Streckennetzdichte im SPNV“ zwei weitere, schwer interpretierbare Kenngrößen.

These 2:

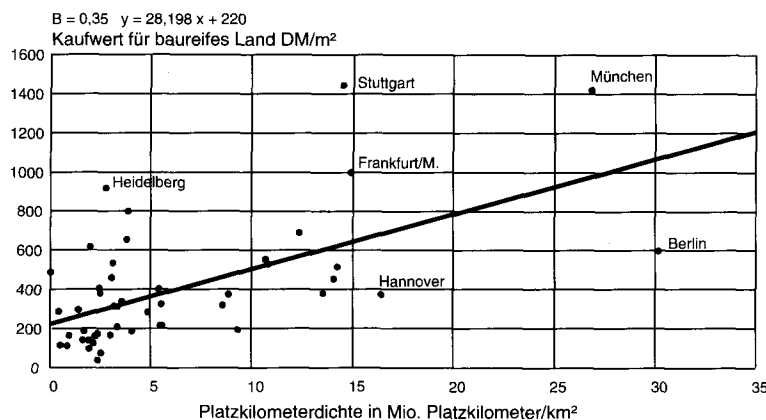
Städtische Verkehrsinfrastrukturausstattung und gesamtstädtischer Bodenpreis (Kaufwerte für baureifes Land) stehen in einer Wirkungsbeziehung

Die bivariate Korrelations- und Regressionsanalyse weist mittlere Korrelationen zwischen gesamtstädtischem Bodenpreis und verkehrsinfrastrukturellen Kenngrößen aus und bestätigt damit die These einer Wirkungsbeziehung. Der Bodenpreis ist Ausdruck eines komplexen Zusammenhangs von grundstücksbezogenen Mikrofaktoren, umgebungsbezogenen Makrofaktoren und staatlichen Regelungen. Es ist deshalb nicht zu erwarten, dass in bivariaten Untersuchungen sehr hohe Korrelationen des Bodenpreises mit verkehrsinfrastrukturellen Ausstattungsmerkmalen sichtbar werden.

Deutliche Beziehungen des Bodenpreises sind zur Straßennetzdichte⁶ und zum „Platzkilometerangebot im SPNV“⁷ erkennbar (Abb. 7 und 8). Das ist insofern bedeutsam, als die boden-

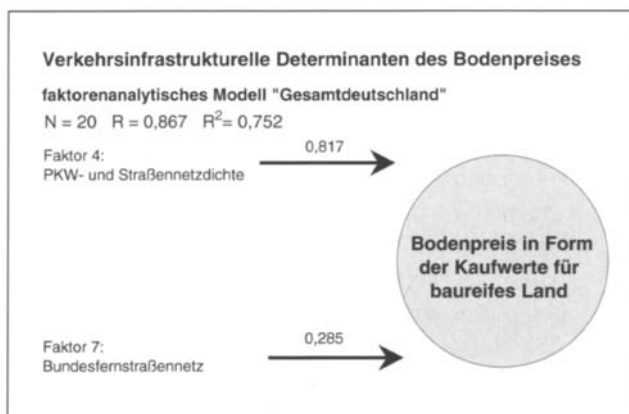
Abbildung 8

Zusammenhang zwischen Bodenpreis und Platzkilometerdichte (SPNV)



preissteigernde Wirkung der Verkehrserschließungsausstattung nicht nur auf die Kfz-Erschließung zurückzuführen ist, sondern auch in der ÖPNV-Erschließung der Flächen begründet ist. Im Ergebnis der Faktorenanalyse steht ein Modell (Abb. 9), in dem der Faktor „Straßennetzdichte“ von grundlegender Bedeutung für den gesamtstädtischen Bodenpreis ist. Auf den Faktor laden die Kenngrößen „Straßennetzdichte“ und „Pkw-Dichte“⁸ hoch.

Abbildung 9
Faktorenanalytisches Modell des gesamtstädtischen Bodenpreises



Der sachlogische Zusammenhang ist gegeben, weil die „Straßennetzdichte“ mit dem Erschließungs- und Bedienungsniveau von Grundstücken und die „Pkw-Dichte“ mit der Siedlungsdichte in Form von Einwohner je ha Siedlungs- und Verkehrsfläche korrespondieren.

Sowohl das Erschließungs- und Bedienungsniveau von Grundstücken als auch die Siedlungsdichte nehmen Einfluss auf den Bodenpreis.

Des Weiteren extrahiert das faktorenanalytische Modell den Faktor „Bundesfernstraßennetz“⁹ und bestätigt den Einfluss von überörtlicher Kfz-Erreichbarkeit, Verkehrsanbindung und Lagegunst auf die gesamtstädtischen Bodenpreise.

In den im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse entwickelten kenngrößenanalytischen Modellen für Westdeutschland und Ostdeutschland spielt das „Platzkilometerangebot je Einheit Siedlungs- und Verkehrsfläche im SPNV“ eine grundlegende Rolle (Abb. 10).

Das „Platzkilometerangebot“ ist ein Kriterium der Erschließungsqualität mit öffentlichen Verkehrsmitteln und somit eine wichtige bodenpreisbeeinflussende infrastrukturelle Kenngröße.¹⁰ Das Modell für Westdeutschland stellt neben das „Platzkilometerangebot“ die „Pkw-Dichte“ als Kenngröße mit grundlegendem Einfluss auf die Bodenpreise. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die „Pkw-Dichte“ in einer Scheinbeziehung zum Bodenpreis steht. Der eigentliche Prädiktor ist die Siedlungsdichte in Einwohner je ha Siedlungs- und Verkehrsfläche, deren Einfluss auf den Bodenpreis das kenngrößenanalytische Modell eigentlich abbildet.¹¹ Eine dritte Kenngröße im Modell für Westdeutschland – allerdings mit weitaus geringerem Einfluss auf die Zielgröße – ist die „Länge des städtischen Straßennetzes je Einheit Siedlungs- und Verkehrsfläche“. Ähnlich wie im faktorenanalytischen Modell wird mit dieser Kenngröße das bodenpreisbeeinflussende Kfz- Bedienungs- und Erschließungsniveau der Grundstücke beschrieben.

Abbildung 10
Kenngrößenanalytische Modelle des gesamtstädtischen Bodenpreises

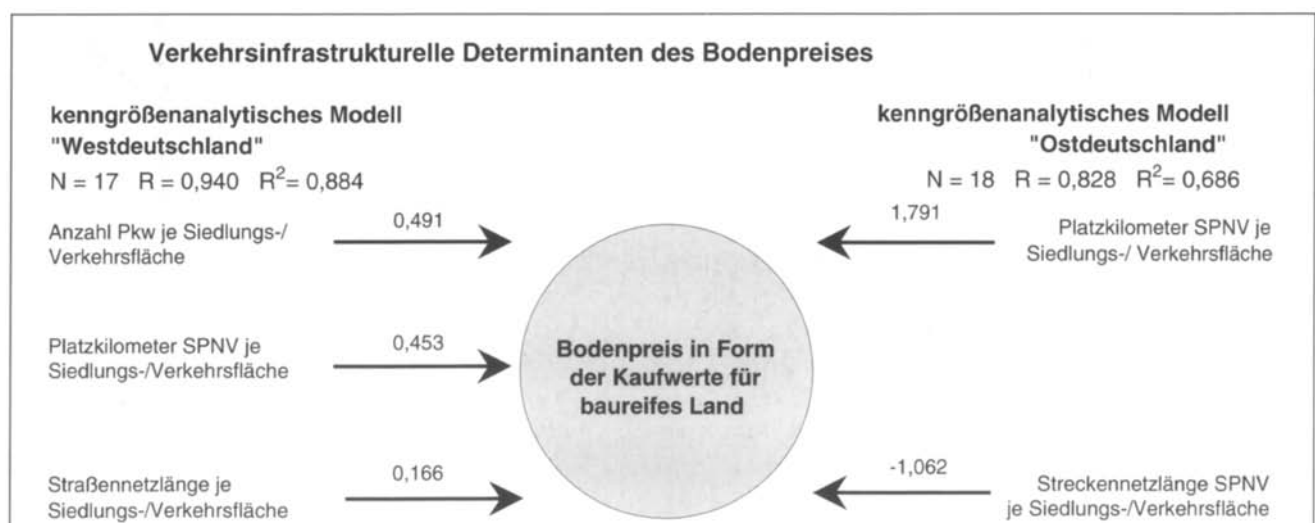


Abbildung 11
Zusammenhang zwischen Flächenversiegelung und
Gemeindestraßennetzdichte

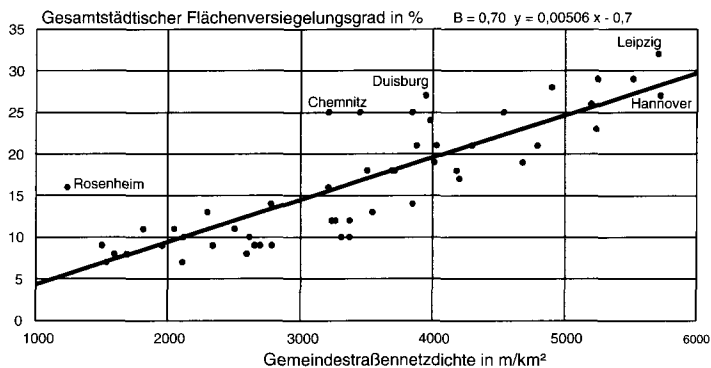


Abbildung 12
Zusammenhang zwischen Flächenversiegelung und Streckennetzdichte (SPNV)

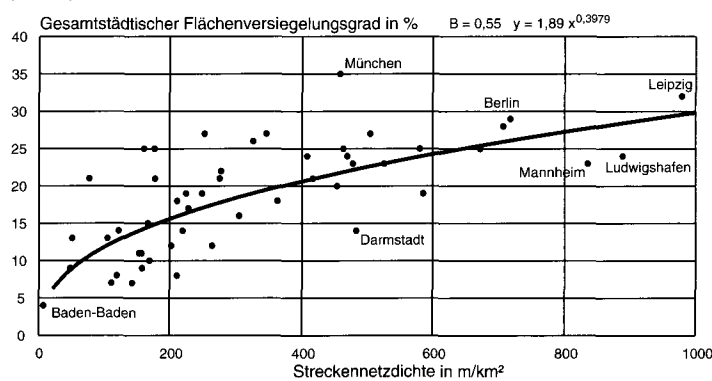


Abbildung 13
Zusammenhang zwischen Flächenversiegelung und
Platzkilometerdichte

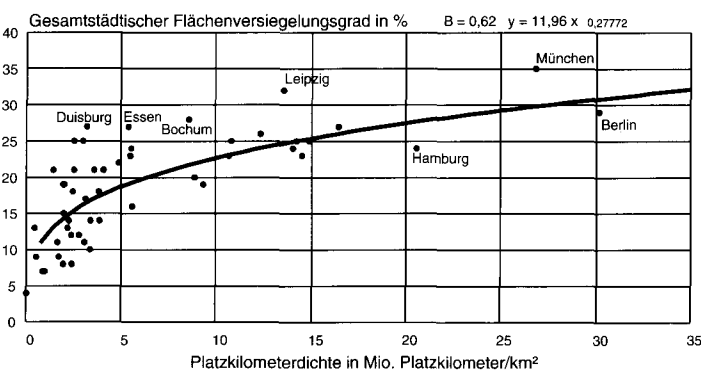
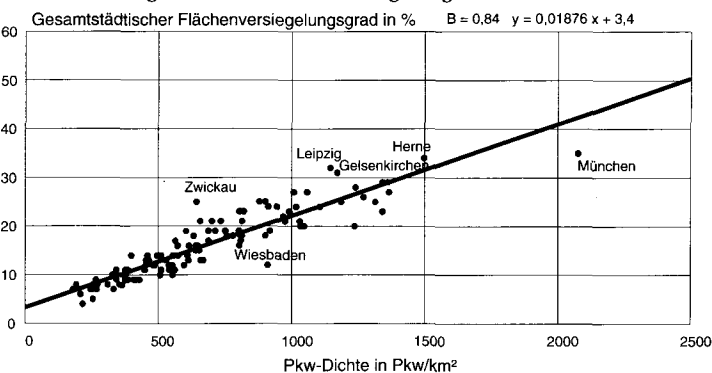


Abbildung 14
Zusammenhang zwischen Flächenversiegelung und Pkw-Dichte



These 3: Städtische Verkehrsinfrastrukturausstattung und gesamtstädtischer Versiegelungsgrad stehen in einer Wirkungsbeziehung

Die städtische Verkehrsinfrastruktur hat direkte und indirekte Versiegelungswirkung.

Die direkte Wirkung geht von den Verkehrsflächen und deren Komplementäranlagen aus, deren undurchlässiger Oberflächenanteil bis zu 100 % betragen kann. Indirekt wirkt die Verkehrsinfrastruktur über die Flächennutzungsstruktur auf den städtischen Versiegelungsgrad, weil durch den Verkehrswegeneubau Wohn-, Gewerbe- und Sondernutzungen induziert werden, deren Gebäude und Erschließungsanlagen zur Flächenversiegelung beitragen.

Die bivariate Korrelations- und Regressionsanalyse weist als Ergebnis hohe bis sehr hohe Korrelationen des Versiegelungsgrades mit der „Gemeindestraßennetzdichte“, der „Streckennetzdichte im SPNV“, der „Pkw-Dichte“ und der „Platzkilometerdichte im SPNV“ aus (Abb. 11 bis 14). Sie bestätigt damit den Wirkungszusammenhang des gesamtstädtischen Versiegelungsgrades mit der Verkehrsinfrastruktur.

Zugleich aber verdeutlicht die ausgeprägte Beziehung des Versiegelungsgrades mit der „Pkw-Dichte“ (Abb. 14) den Einfluss der Flächennutzungsstruktur auf die städtische Flächenversiegelung, weil die „Pkw-Dichte“ Ausdruck der Siedlungsdichte ist und diese die eigentliche versiegelungsrelevante nutzungsstrukturelle Kenngröße ist.

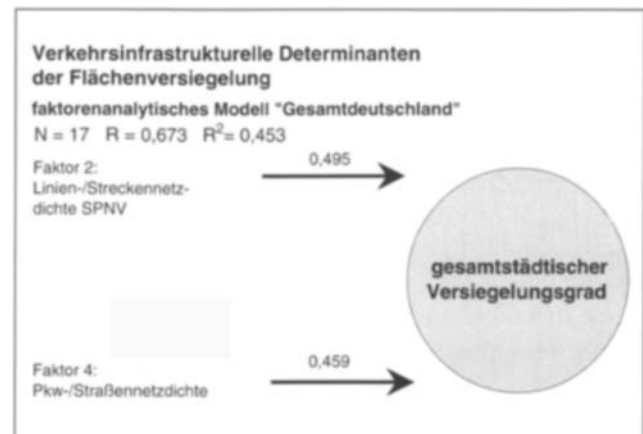
Die bivariaten Regressionsfunktionen des gesamtstädtischen Versiegelungsgrades ermöglichen einen interessanten Vergleich der Versiegelungsauswirkungen bei Erhöhung von Gemeindestraßennetzdichten bzw. von Streckennetzdichten im SPNV. Der Vergleich der Anstiege der Regressionsfunktionen (Abb. 11 und 12) verdeutlicht die lineare Beziehung, in der die versiegelten gesamtstädtischen Flächen mit der Straßennetzdichte stehen. Der Versiegelungszuwachs bei Erhöhung der Straßennetzdichte, beispielsweise durch Straßenneubau, ist unabhängig vom Straßennetzdichteniveau. Auch die Erhöhung der Streckennetzdichte im SPNV bewirkt eine Zunahme in der Flächenversiegelung. Allerdings ist diese Beziehung degressiv, d.h. der Beitrag der Streckennetzerweiterung zur gesamtstädtischen Versiegelungszunahme steht im Zusammenhang mit dem Niveau der Streckennetz-

dichte. In Städten mit Streckennetzdichten unter 400 m Streckenlänge je km² Stadtfläche tragen Streckennetzerweiterungen wesentlich stärker zur Erhöhung des gesamtstädtischen Flächenversiegelungsgrades bei als vergleichbare Erweiterungen in Städten mit Streckennetzdichten über 400 m Streckenlänge je km² Stadtfläche. Die Unterschiede der Versiegelungsauswirkungen sind wesentlich auf hochversiegelte Komplementäranlagen des Schienenverkehrs (beispielsweise Depots, Wendeanlagen) zurückzuführen, deren Bedarfsdeckung in Streckennetzen mit hoher Dichte bereits weitgehend realisiert ist.

Die Faktorenanalyse zum städtischen Versiegelungsgrad vermittelt keinen über die Ergebnisse der bivariaten Untersuchungen hinausgehenden Erkenntnisstand (Abb. 15). Das faktorenanalytische Modell berücksichtigt die Faktoren „Linien- und Streckennetzdichte im SPNV“ und „Pkw-Dichte, Straßennetzdichte“. Die ähnlichen Regressionskoeffizienten deuten auf den nahezu gleichgewichtigen Einfluss der Netzdichten des Straßen- und Schienenverkehrs auf den gesamtstädtischen Versiegelungsgrad hin.

Im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse sind schließlich Modelle für „Gesamtdeutschland“ und „Westdeutschland“ entwickelt worden (Abb. 16). Das Modell „Gesamtdeutschland“ unterstellt der „Gemeindestraßennetzdichte“ den maßgebenden Einfluss auf den städtischen Versiegelungsgrad und weist als zweite Kenngröße – allerdings mit negativer Wirkung – die „Streckenlänge des SPNV je Einheit Siedlungs- und Verkehrsfläche“ aus. Danach wird mit zunehmender

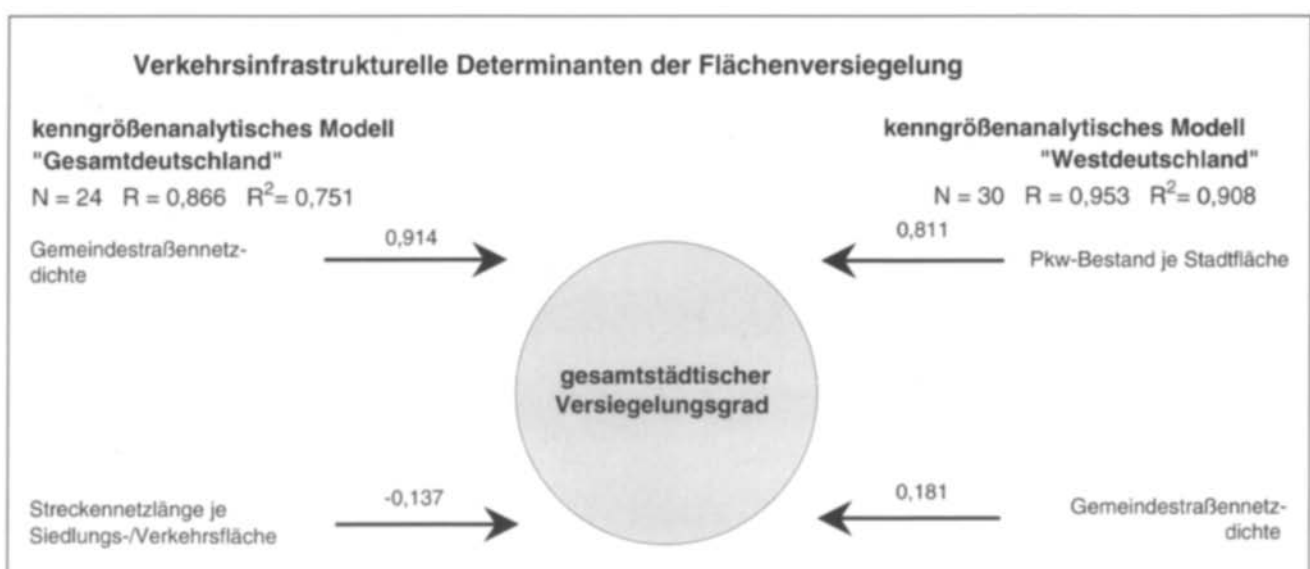
Abbildung 15
Faktorenanalytisches Modell der gesamtstädtischen Flächenversiegelung



„Streckennetzdichte im SPNV“ der städtische Versiegelungsgrad reduziert. Die Interpretation dieses Modells ist aus sachlogischer Sicht problematisch, weil eine Zunahme der „Streckennetzdichte im SPNV“ grundsätzlich auch mit Versiegelung einhergeht und somit auch den städtischen Versiegelungsgrad erhöht.

Allerdings wird mit der Regressionsfunktion ein stochastischer Zusammenhang formuliert, der auf das in den untersuchten Städten vorhandene Verhältnis von Straßennetzdichte zu Streckennetzdichte im SPNV von etwa 10 zu 1 sowie auf die höhere Versiegelung von Straßeninfrastruktur gegenüber Schieneninfrastruktur Bezug nimmt. Die mathematische Formulierung die-

Abbildung 16
Kenngrößenanalytische Modelle der gesamtstädtischen Flächenversiegelung



ses Zusammenhangs berücksichtigt die Streckennetzdichte grundsätzlich mit negativer Wirkung auf den Versiegelungsgrad.

Das Modell „Westdeutschland“ hat ein hohes Bestimmtheitsmaß und sieht die „Pkw-Dichte“ als grundlegende Einflussgröße auf den städtischen Versiegelungsgrad. Die „Gemeindestraßennetzdichte“ – als zweite Einflussgröße – wird mit weitaus geringerer Bedeutung für den Versiegelungsgrad ausgewiesen. Unter Beachtung der Beziehung zwischen „Siedlungsdichte“ als primärer und „Pkw-Dichte“ als sekundärer Kenngröße weist das Modell den Haupteinfluss auf die städtische Versiegelung der Siedlungsdichte und damit einer nutzungsstrukturellen Kenngröße zu. Der Einfluss der verkehrsinfrastrukturellen Ausstattung, die in diesem Modell durch „Gemeindestraßennetzdichte“ repräsentiert wird, ist vergleichsweise gering.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen bestätigen grundsätzlich die in den Thesen formulierten Wirkungszusammenhänge zwischen Verkehrsinfrastrukturausstattung und Flächenproduktivität, Bodenpreis und Flächenversiegelung.

- Die Wirkungsbeziehungen zwischen Verkehrsinfrastrukturausstattung und Flächenproduktivität sowie Bodenpreis weisen eine mittlere Signifikanz auf. Die mittlere Signifikanz deutet auf weitere Einflüsse des sehr komplexen Wirkungszusammenhangs hin, in dem Flächenproduktivität und Bodenpreis stehen (beispielsweise wirtschaftsstrukturelle Einflüsse auf die Flächenproduktivität wie Arbeitsplätze im tertiären Sektor, Betriebsgrößen oder grundstücksbezogene, geographische, sozioökonomische und ordnungsrechtliche Einflüsse auf den Bodenpreis).
 - Die Wirkungsbeziehungen zwischen Verkehrsinfrastrukturausstattung und Flächenversiegelung weisen eine hohe Signifikanz aus. Darin kommt die überragende Bedeutung der Verkehrsinfrastruktur für die Siedlungsentwicklung und die damit einhergehende Flächenversiegelung zum Ausdruck.
 - Die in den regionalstatistischen Untersuchungen eingesetzten bivariaten und multivariaten Verfahren weisen folgende flächenspezifischen Kenngrößen als bedeutungsvoll aus:
 - Straßennetzdichte in Form von Straßenlänge insgesamt in m je km² Stadtfläche bzw. Siedlungs- und Verkehrsfläche
 - Gemeindestraßennetzdichte in m je km² Stadtfläche bzw. Siedlungs- und Verkehrsfläche
 - Bundesfernstraßenlänge in m je km² Stadtfläche bzw. Siedlungs- und Verkehrsfläche
 - Pkw-Dichte in Form von Pkw-Bestand je km² Siedlungs- und Verkehrsfläche
 - Streckennetzdichte SPNV in Form von Streckenlänge in m je km² Stadtfläche
 - Platzkilometerdichte SPNV in Form von Mio. Platzkilometer im SPNV je km² Stadtfläche bzw. Siedlungs- und Verkehrsfläche.
- Damit wird die Bedeutung von städtischen Dichte-Parametern für das Leistungsvermögen von Städten bestätigt. Zu beachten ist, dass die Pkw-Dichte mit der Siedlungsdichte (Einwohner je ha Siedlungs- und Verkehrsfläche) eng korreliert.
- Die ausgewiesenen relevanten Kenngrößen finden sowohl in den bivariaten Beziehungen als auch in den multivariaten faktorenanalytischen und regressionsanalytischen Modellen – hier mit unterschiedlicher Einflussgröße und in unterschiedlicher Kombination – Berücksichtigung.
 - Die Modellentwicklung erfolgte differenziert für Gesamtdeutschland, Westdeutschland und Ostdeutschland. Dieses Vorhaben ist sinnvoll, weil Siedlungs-, Wirtschafts- und Verkehrsentwicklung nach dem Strukturbruch von 1989 zwar grundsätzlich eine strukturelle Angleichung von West- und Ostdeutschland bewirken, in Ostdeutschland aber – insbesondere in Flächenproduktivität, Wirtschafts- und Straßeninfrastruktur – gegenüber Westdeutschland niedrigere Niveaus vorherrschen.
 - Im Wirkungszusammenhang der Flächenproduktivität weist die Untersuchung die Platzkilometerdichte als bedeutendste verkehrsstrukturelle Kenngröße aus. Hierin kommt der Zusammenhang zwischen städtischer Wirtschaftskraft/Haushaltsslage und Bedienungsqualität ÖPNV zum Ausdruck.
 - Im Wirkungszusammenhang des Bodenpreises weist die Untersuchung Gemeindestraßennetzdichte und Platzkilometerdichte als bedeutendste Kenngrößen aus. Es wird bestätigt, dass Erschließung, Bedienung und Erreichbarkeit der Flächen bodenpreisbeeinflussende Faktoren sind.
 - Im Wirkungszusammenhang der Flächenversiegelung weist die Untersuchung Gemeindestraßennetzdichte und Streckennetzdichte im SPNV als bedeutendste Kenngrößen aus. Verkehrsnetzdichten wirken direkt und indirekt auf die Flächenversiegelung.
 - Die Arbeit stellt die partiellen Wirkungen der Verkehrsinfrastruktur auf ausgewählte Kenngrößen bzw. Indikatoren des städtischen Leistungsvermögens vor dem Hintergrund komplexer Wirkungszusammenhänge gut dar. Es werden geeignete

regionalstatistische Methoden gewählt, auf deren Grundlage bivariate Wirkungsbeziehungen und multivariate Wirkungszusammenhänge in Form von faktorenanalytischen und kenngrößenanalytischen Modellen abgeleitet werden.

Ausgewählte Regressionsfunktionen sind planungspraktisch relevant. Sie ermöglichen die Berechnung von Zielgrößen (beispielsweise des gesamtstädtischen Versiegelungsgrades) und können zur Folgenabschätzung verkehrsstruktureller Entwicklungen angewandt werden.

Anmerkungen

(1)

Vgl. Arlt, G. u.a. (2000)

(2)

Repräsentanten „hochladender“ Variablen sind „Straßennetz-dichte“ und „Pkw-Dichte“.

(3)

Repräsentanten „hochladender“ Variablen sind „Fahrgäste je Platzkilometer in Bus und Bahn“ und „Einnahmen je Nutzwagenkilometer“.

(4)

Repräsentanten „hochladender“ Variablen sind „Platzkilometer (Bahn) je Strecke“ und „Fahrten pro Einwohner“.

(5)

Repräsentanten „hochladender“ Variablen sind „Bundesfernstraßenlänge je Einwohner“ und „Bundesfernstraßenlänge je Einheit Verkehrsfläche“.

(6)

Stadtflächenspezifische Länge des gesamten Straßennetzes

(7)

Stadtflächenspezifische Platzkilometer (Bahn)

(8)

Stadtflächenspezifischer Pkw-Bestand

(9)

Repräsentanten „hochladender“ Variablen sind „Bundesfernstraßenlänge je Einwohner“ und „Bundesfernstraßenlänge je Einheit Verkehrsfläche“.

(10)

Vgl. Hennersdorf, J. (1998), S. 46

(11)

Vgl. Städtebaulicher Bericht (1996), S. 70

Literatur

Arlt, G. u.a. (2000): Die Bewertung von Flächennutzungsstrukturen in Stadtregionen unter den Aspekten der Bodenversiegelung und des Bodenpreises. Forschungsbericht IÖR Dresden

Hennersdorf, J. (1998): Strukturelle Determinanten der Bodenpreise in den kreisfreien Städten Deutschlands. Diplomarbeit TU Dresden

Städtebaulicher Bericht (1996): Nachhaltige Stadtentwicklung. Hrsg.: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn

Weber, J. (1998): Anforderungen an Bodenversiegelungserhebungen aus der Sicht der Stadtplanung. München

Dr. Ing.-Günter Arlt

Institut für ökologische

Raumentwicklung e.V. Dresden

Weberplatz 1

01217 Dresden

E-Mail: g.arlt@ioer.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Ernst Schöppe

Technische Universität Dresden

Lehrstuhl Verkehrs- und

Infrastrukturplanung

Mommsenstraße 13

01062 Dresden

Dipl.-Ing. Thomas Klipphahn

Verkehrsplanung Köhler-

Taubmann GmbH

Bernhardstraße 37

01187 Dresden

E-Mail: klipphahn@vkt-gmbh.de