

EIN UMWELTINDIKATORENANSATZ FÜR DIE BAULEITPLANUNG
- DARGESTELLT AM BEISPIEL DER STADT HAMBURG -

Heiner Hautau
Jens H.Fischer

<u>Gliederung:</u>	<u>Seite:</u>
1. Vorbemerkungen	226
2. Operationalisierungsprobleme einer belastungsorientierten Bauleitplanung	227
3. Probleme der Indikatorenbildung und Datenerfassung	230
4. Belastungseffekte nach faktoren- analytischer Aggregation	237
5. Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Bauleitplanung	253
6. Schlußbetrachtung	254

EIN UMWELTINDIKATORENANSATZ FÜR DIE BAULEITPLANUNG -
DARGESTELLT AM BEISPIEL DER STADT HAMBURG

1. Vorbemerkungen

Umweltplanung im kommunalen Bereich hat die Aufgabe, die aus den konkurrierenden Ansprüchen an die Ressourcen resultierenden negativen Wirkungen auf die natürliche und soziale Umwelt des Menschen zu mindern. Im Rahmen der kommunalen Planungskompetenz kommt dabei der Bauleitplanung die besondere Bedeutung zu, einer weiteren Verschlechterung der oftmals bereits problematischen Umweltqualität entgegenzuwirken.

Bauleitpläne bilden generell den Gesamtrahmen der städtischen Allokationsentscheidungen, die hinsichtlich der Anordnung, Dimensionierung und Verdichtung der Siedlungselemente zur Förderung emissionsarmer städtischer Strukturen zu optimieren sind.

Die Realisierung einer effektiven Umweltpolitik im Rahmen der Bauleitplanung ist jedoch durch normative Ziele und indifferente Vorgaben erschwert, die in dem politisch empfindlichen Umweltbereich zusammenfallen mit einer oftmals organisatorisch administrativ unzureichenden Struktur¹. Als Ursachenbereiche sind für das bisherige Ausbleiben einer effektiven Umweltpolitik erstens immanente Lösbarkeitsprobleme zu nennen. Wegen der Kompliziertheit der Umweltvorgänge und ihrer Fülle gerade in städtischen Gebieten klafft z.Zt. noch eine Lücke in entsprechendem Fachwissen sowohl auf Seiten der Planer als auch auf Seiten der Betroffenen. Zweitens bestehen Defizite in der Programmentwicklung. Nur vereinzelt wird der Versuch unternommen, Konzepte auf städtischer Ebene auszuarbeiten, die weder zu "grobmaschig" für einzelne Stadtteile noch zu sehr an Problemen des Details verhaftet bleiben. Darüber hinaus gibt es Implementationsprobleme der Art, daß Defizite im Vollzug der Umweltgesetzgebung und in der Umsetzung der angesammelten Erkenntnisse wegen der zu unbestimmten Rechtsbegriffe, der zu weit gefaßten Ermessensspielräume und wegen der mangelnden Handhabbarkeit sowie der räumlichen Gültigkeit des umweltpolitischen Instrumentariums bestehen².

¹ Vgl. J. HUCKE, A. MÜLLER, P. WASSEN, Implementation kommunaler Umweltpolitik, Frankfurt 1980, S. 3.

² Vgl. P. STAMER, Orientierungslinien der Umweltpolitik, Göttingen 1977, S. 136 ff.

2. Operationalisierungsprobleme einer belastungsorientierten Bauleitplanung

Das komplexe Problem der Integration der Umweltaspekte in die Bauleitplanung unter Berücksichtigung der Stadtentwicklung läßt sich theoretisch entweder mit Hilfe eines entscheidungslogischen oder eines systemtheoretischen Ansatzes bewerkstelligen¹, um die Abschnitte der Analyse, Diagnose und Therapie sinnvoll zu verknüpfen.

In entscheidungslogischen Ansätzen wird auf der Basis eines formalen Konstrukts (z.B. des Kosten-Nutzen-Quotienten) vorgegangen, welcher für effiziente Ziel-Mittel-Kombinationen maximale Werte aufweist. Diese Art von Ansätzen täuschen mit der Reduzierung der Entscheidungssituation auf ein einziges formales Konstrukt häufig eine Rationalität der im Umweltbereich besonders interessierenden sozialen Kostenelemente vor, die aufgrund des diesbezüglich mangelhaften Datenbestandes und Kenntnisstandes nicht besteht².

Systemtheoretische Ansätze stellen dagegen die Vernetzung der (städtischen) Elemente mit Umweltphänomenen in den Vordergrund und leiten Analyseergebnisse und Entscheidungen unter Verwendung der allgemeinen Systemtheorie und Kybernetik ab³. Dies setzt jedoch komplexe Modellkonstruktionen voraus, deren Bestimmung von Einflußgrößen und ihrer funktionalen Abhängigkeiten sich vielfach empirisch noch nicht auffüllen lassen.

Die hier aufgezeigte Vorgehensweise orientiert sich daher zunächst pragmatisch an empirisch nachweisbaren Verhaltensweisen und Merkmalen, die mit Hilfe von Indikatoren dargestellt werden können. Diese dienen zur Kennzeichnung der ortsteilspezifischen Belastungssituation, welches dadurch erreicht werden kann, daß die Beziehungen, die zwischen den Indikatoren und der städtischen Umweltsituation bestehen, sachlogisch nachweisbar und überprüfbar sind⁴.

¹ Vgl. J. MEISE, A. VOWAHSEN, Stadt- und Regionalplanung, ein Methodenhandbuch, Braunschweig 1980, S. 3 ff.

² Vgl. R. SELLNOW, Kosten-Nutzenanalyse und Stadtentwicklungsplanung, Berlin 1974, S. 36.

³ Vgl. F. VESTER, Ballungsgebiete in der Krise, Stuttgart 1976, S. 24.

⁴ Vgl. D.F.W. v. BORRIS, Zur Konstruktion von Umweltindizes, in: Allgemeines Statistisches Archiv Nr. 59/1, 1975, S. 545.

Der Operationalisierung der Umweltbezüge innerhalb der Bauleitplanung ist das Fehlen von subjektiven Indikatoren oder -bewertungen dienlich, so daß die Indikatorenwerte jedes Umweltbereichs und jedes Ortsteils in ihrer relativen Belastungshöhe ablesbar sind. Die indikative Emissionsanalyse wird durchgeführt auf der Basis der regionalen Verteilung ihrer Konzentrationsmaße, also der auf eine gemeinsame räumliche Einheit bezogenen Emissionstatbestände¹.

Die Erfassung aller als "relevant" eingestuft Beschreibungstatbestände war wegen des hohen Aufwandes nicht durchführbar. Der hohe Abstraktionsgrad machte es notwendig, die als wesentlich erachteten Bereiche auf meßtechnisch zugängliche Komponenten der produktions- und konsumbedingten Effekte der Wohnungs-, Wirtschafts- und Verkehrsaktivitäten zu reduzieren, die die natürlichen und sozialen Verhältnisse beeinträchtigen². Der Wirkungszusammenhang zwischen den konkreten Schäden der Umwelt und den Emissionsindikatoren ist in Übersicht 1 verdeutlicht.

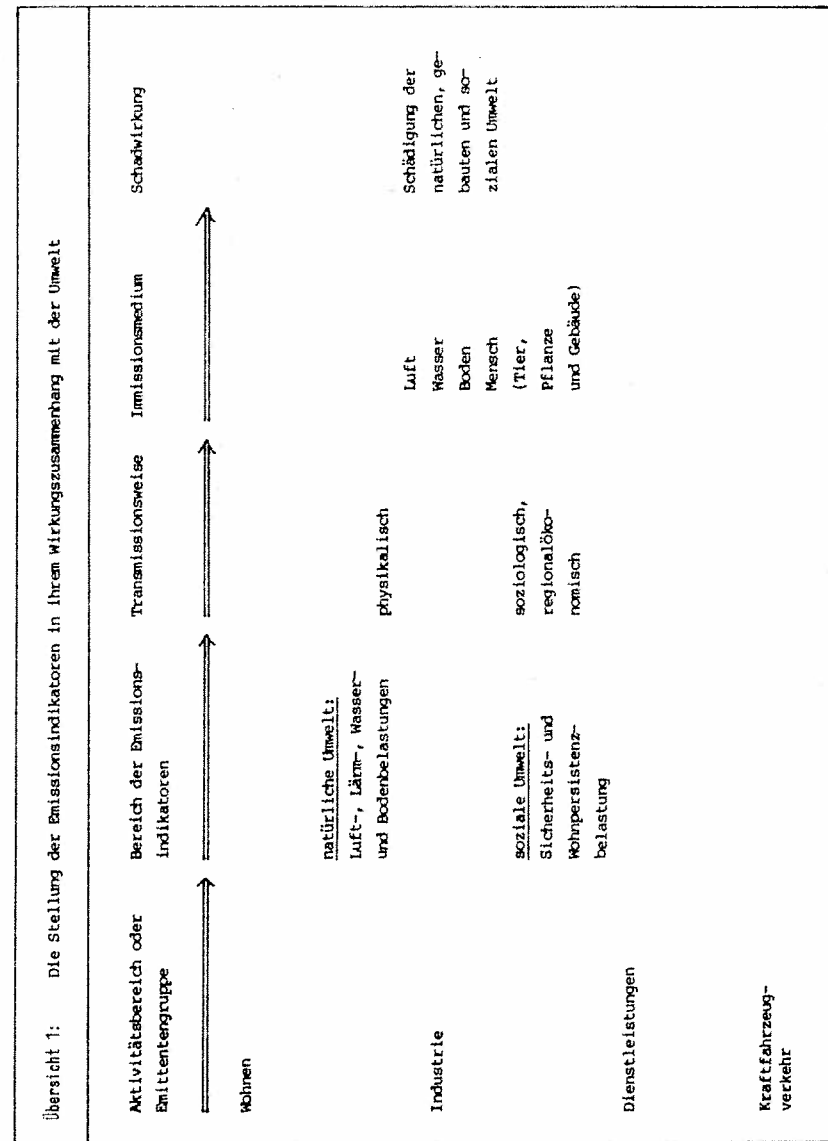
Zwei wesentlich zu beachtende Problembereiche der raumbezogenen Emissionsindikatoren sind das der Diffusion von im Stadtgebiet emittierten Schadstoffen und das der gegebenen Vorbelastung durch Quellen außerhalb des Planungsraumes. Ursache dieser Probleme ist das Mißverhältnis zwischen Schadstoffausstoß und Assimilationsfähigkeit in ihrer räumlichen Verteilung.

Die Probleme der Diffusion und Transmission³ von Schadstoffen konnten in der hier dargelegten Untersuchung nicht erschöpfend behandelt werden. Es läßt sich jedoch nachweisen, daß die Dimensionen der Hamburger Ortsteile vertretbare Gebietsgrößen aufweisen, um bei Bedarf die Emissionen zumindest aus den üblichen Quellhöhen des Hausbrands, der verkehrsbedingten Emissionen der Luft und des Lärms als Quasi-Immissionsbelastung anzusehen.

¹ Vgl. D. STORBECK, Zur Methodik und Problematik von Maßstäben der regionalen Konzentration, in: Raumforschung und Raumordnung, Heft 5/6, Jhg. 27, Hannover 1969, S. 216 ff.

² Vgl. G. WERNER, Zur Funktion von Umweltindikatoren und Umweltmodellen, in: Beiträge zur Umweltgestaltung Bd. 11, Dortmund 1977, S. 10 ff.

³ Einen Überblick über die Determinanten der Diffusion und Transmission geben B.J.L. BERRY und F.E. HORTEN, Urban environmental management, London 1978.



Zu Plausibilitätszwecken wurden im Bereich der Luft Korrelationsrechnungen zwischen Emissions- und Immissionswerten durchgeführt, die diese Annahme hinreichend bestätigen.

Das Problem der Vorbelastung des Untersuchungsraumes durch Schadstoffimport ist unter der vorliegenden Frage nach innerstädtischen Belastungsunterschieden von untergeordneter Bedeutung. Es ist gerechtfertigt anzunehmen, daß die Vorbelastung im Hamburger Stadtgebiet gleichverteilt auftritt, weil sich die nächsten Emissionsstandorte in einer Entfernung befinden, innerhalb der sich ein breiter Luftstrom ergibt. Dies gilt nicht für die Vorbelastung der Fließwässer.

Der Geltungsbereich des Ansatzes ist durch seine Intention determiniert, zunächst im Hamburger Zuständigkeitsgebiet der Bauleitpläne zu analysieren, wo und welche Emissionsmengen in wie hohen Konzentrationen auftreten und dort nach Kräften Emissionsreduktionsmaßnahmen einzuleiten. Darüber hinaus läßt sich ein innerstädtischer Vergleich dahingehend durchführen, ob und in welcher Weise Emissionsphänomene abhängig von siedlungsstrukturellen Merkmalen sind.

3. Probleme der Indikatorenbildung und Datenerfassung

Für die Umweltbereiche Luft, Lärm, Wasser, Boden sowie Sicherheit und Wohnpersistenz werden in der folgenden Übersicht 2 die Indikatoren vorgestellt, die auf Ortsteilebene die Emissionssituation Hamburgs beschreiben. Hauptemittentengruppen bilden die Einwohner aufgrund der Wohnungsaktivitäten, die gewerblichen Produktionsstätten, Dienstleistungsunternehmen und der Kraftfahrzeugverkehr. Emissionen aus Kraftwerken werden in der vorliegenden Untersuchung nicht mit Hilfe von Indikatoren beschrieben.

Die zu den Emittentengruppen und Umweltbereichen entwickelten Indikatoren müssen sich jeweils, um vergleichbar zu sein, auf eine bestimmte Einheit wie z.B. die Fläche eines Ortsteils oder seine Bevölkerung beziehen. Für die meisten der in dieser Untersuchung vorkommenden Umweltbelastungstatbestände eignen sich flächenhafte Bezugsgrößen. Als solche dienen die Gesamtflächen der Ortsteile oder ihre bebauten Flächen, welches bei siedlungsbezogenen Aussagen sinnvoll ist. Zur Veranschaulichung der Sachverhalte und zur Ergänzung können zusätzlich die Anzahl der Betriebe,

Übersicht 2: Indikatoren der Umweltbelastung für die Ortsteile Hamburg

Emissionsbereich	Luftverunreinigung	Lärm-situation	Abwasser-aufkommen	Abfall-aufkommen	Sicherheit und Wohnpersistenz
Emittentengruppe Wohnen	Schwefeldioxid in Tonnen je Hektar bebauter Fläche jährlich	unbebaute u. Erholungsfläche in Hektar je Einwohner	häusliches Abwasser in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	häusliche Abfälle in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	Körperverletzungen je 100 Einwohner jährlich
industrielle Güterproduktion	Schwefeldioxid in Tonnen je Hektar bebauter Fläche jährlich	Anteil be-lärmter Ge-werbetfläche an der Gesamtfläche	industrielles Abwasser in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	gewerblicher Sondermüll in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	Brutowerbeschöpfung je Hektar bebauter Fläche jährlich
Dienstleistungs-aktivitäten	Schwefeldioxid in Tonnen je Hektar bebauter Fläche jährlich	Bürobeschäftigte je Arbeit-stätte	häusliches Abwasser in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	hausmüllartige Abfälle in cbm je Hektar bebauter Fläche jährlich	Brutowerbeschöpfung je Hektar bebauter Fläche jährlich
Kraftfahrzeugverkehr	Kohlenmonoxid in Tonnen je Hektar bebauter Fläche jährlich	Kraftfahr-zeugver-kehrslärm in db(A), werktage	abgeschwemmter Reifenabrieb in t je Hektar Ge-samtfläche	abgestellte Kraftfahr-zeuge je Straßenkilo-meter	Verletzte Per-sonen je Straßen-kilometer jäh-rlich

der Beschäftigten oder der Straßenkilometer als Bezugsgrößen¹ herangezogen werden.

Die Größen der 179 Hamburger Ortsteile sind insofern differenziert, als die Untergliederung der Stadtfläche in den geschlossenen bebauten Gebieten wesentlich enghmaschiger als in den meist dünner besiedelten Randgebieten ist. Die innerstädtische Ortsteilgliederung erlaubt jedoch, die Belastungstatbestände räumlich zu differenzieren. Es ist allerdings zu bedenken, daß mit sehr kleinen Bezugsflächen die Aussagekraft eines funktionalen Emissionsindikators sinkt. Die Grenzen der Aussagefähigkeit der auf die Ortsteilflächen bzw. auf ihre Flächennutzungsartenanteile bezogenen Indikatoren sind, was ihren Raumbezug angeht, zusätzlich durch die Homogenität der Ortsteile hinsichtlich ihrer internen Siedlungsstruktur determiniert. Eine weitere Differenzierung bzw. eine Überprüfung der Homogenität² der Ortsteile wäre jedoch nur auf der nächst niedrigeren Ebene der Raumeinheiten, den Baublöcken, möglich.

Die Darstellung der Indikatorenwerte kann sowohl tabellarisch als auch kartographisch erfolgen. Da die tabellarische Darstellung von 179 Belastungswerten (der 179 Ortsteile) unübersichtlich ist, werden für die Werte eines Merkmals oder Indikators entsprechend bestimmter Gruppen von Ortsteilen gemeinsame Angaben gemacht. Für 18 nach unterschiedlichen Kriterien zusammengefaßte Gebietstypen werden jeweils Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Varianzen berechnet.

Die erste Gruppenbildung, die nach dem Kriterium der Entfernung zum Stadtmittelpunkt erfolgt, nimmt Bezug auf die Distanzabhängigkeit der verschiedenen Aktivitäten ausgehend vom Stadtzentrum. Mit Hilfe einer angenommenen

¹ Vgl. G. ABELE, Methoden zur Analyse von Stadtstrukturen, Karlsruher Studien zur Regionalwissenschaft, Heft 2, Karlsruhe 1959, S. 46 ff.

² Vgl. M. MANHART, Die Abgrenzung homogener städtischer Teilgebiete, in: Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 3, Hamburg 1980, S. 52. Diese im Rahmen der soziologischen Stadtforschung für Hamburg durchgeführte Studie beantwortet die Frage der Brauchbarkeit der Ortsteilgliederung mit Hilfe der ihre Homogenität anzeigenden Standardabweichungen damit, daß Ortsteile "trotz z.T. beachtlicher Heterogenität" die wesentlichen Zusammenhänge - zumindest für die betrachteten Merkmale der Wohnsituation - wiedergeben.

Ringstruktur können Nutzungsverteilungen und deren Umwelteffekte dargestellt werden. Diese Ringstrukturierung erfolgt in fünf Gebietstypen bzw. (Entfernungs-)Zonen¹.

Das zweite Kriterium, nach welchem die Gruppierung der Ortsteile erfolgt, bezieht sich auf die Standortorientierungen der Akteure. Demnach gibt es Zonen, in denen städtische Konzentrations- und Dekonzentrationsphänomene in einer typischen, auch in anderen Verdichtungsgebieten strukturbildenden Funktion auftreten². Es sind dies die folgenden vier, innerhalb der administrativen Stadtfläche Hamburgs vorkommenden Gebietstypen der City, der Übergangszone zwischen City und anschließenden Nutzungen, der suburbanen und der ländlichen Gebiete.

Das dritte Gruppierungskriterium der Ortsteile Hamburgs ergibt sich aus den Erfordernissen der Integration der Belastungstatbestände in die Bauleitplanung. Den in dem Flächennutzungsplan darzustellenden Bauflächen und in den Bebauungsplänen darzustellenden Baugebieten werden die Ortsteilgruppen so zugeordnet, daß diese den in den Plänen festzusetzenden Arten der baulichen Nutzung in ihrer tatsächlich vorhandenen und dominanten Flächennutzungsart möglichst entsprechen³ (s. Übersicht 3).

Die Indikatorbildung wurde generell noch dadurch erschwert, daß im Bereich des Umweltschutzes die statistische Daten- und Informationslage trotz zahlreicher Bemühungen in den letzten Jahren allgemein noch recht unvollkommen ist. Vergrößerungen und Vereinfachungen mußten daher noch in Kauf genommen werden. Das gewünschte Material für Hamburg lag teilweise nicht flächendeckend oder nicht in der notwendigen, ortsteilmäßigen Differenzierung vor. Diese beiden Umstände zwangen im Einzelfall zu zusätzlichen Annahmen und Pauschalierungen, deren Effekte auf das Ergebnis zu berücksichtigen sind. Eine zentralisierte Umweltdatenbank mit den zur Kennzeichnung

¹ 1. Zone: 0 - 2,5 km Ring, 2. Zone: 2,5 - 5 km Ring, 3. Zone: 5 - 7,5 km Ring, 4. Zone: 7,5 - 10 km Ring

² Vgl. D.I. SCARGILL, The Form of Cities, London 1979, S. 34 ff.

³ Die Festlegung der dominanten Nutzungsart eines Ortsteils orientiert sich an dem Verfahren zur Bestimmung der "Art der Flächennutzung" mit Hilfe sozioökonomischer Merkmale von O. BOUSTEDT, Analyse und Gliederung des Stadtgebietes nach sozioökonomischen Merkmalen, in Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Raumordnung, Bd. 42, Hannover 1968, S. 160 ff.; zusätzlich wurden die Ergebnisse der Grundstückerhebung verwandt, vgl. H.-E. SCHNURR, Die bauliche Nutzung in den Hamburger Ortsteilen, in: Hamburg in Zahlen, Heft 3, Hamburg 1974, S. 59, und eigene Berechnungen zur Gruppenbildung angestellt.

Übersicht 3: Die semantische Zuordnung von Bauflächen, Baugebieten und Bautypen

Bautypen der vorliegenden Untersuchung	Anzahl der Ortsteile	Baugebiete des Bebauungsplans	Bauflächen des Flächennutzungsplans
offene Wohnbebauung	20	keine Wohngebiete (WR)	Wohnbauflächen (W)
geschlossene Wohnbebauung	32		
Wohn- und Dienstl.-Bebauung	62	allgem. Wohngebiete (WA)	
Wohn- u. Produktionsbebauung	14	Mischgebiete (MI)	
Wohn- u. Landwirtschaftliche Bauung	17		
Dienstleistungsbebauung	19	Dorfgebiete (DO)	gemischte Bauflächen (M)
Produktionsbebauung	6	Kerngebiete (KR)	gewerbliche Bauflächen (G)
Hafenbebauung	4	Industriegebiete (II)	Sonderbauflächen (S)
	5	Sondergebiete (SO)	

Bemerkung: Den Kleinsiedlungsgebieten (KS) des Bebauungsplans entspricht mit dominanter Nutzung keiner der Hamburger Ortsteile

der Umweltbereiche notwendigen und räumlich differenzierten Informationen ist z.Zt. in Hamburg noch nicht realisiert. Die hier dargestellte Untersuchung leistet dafür auch methodische Vorarbeiten und legt auf der Ebene des Ortsteils den empirischen Test vor.

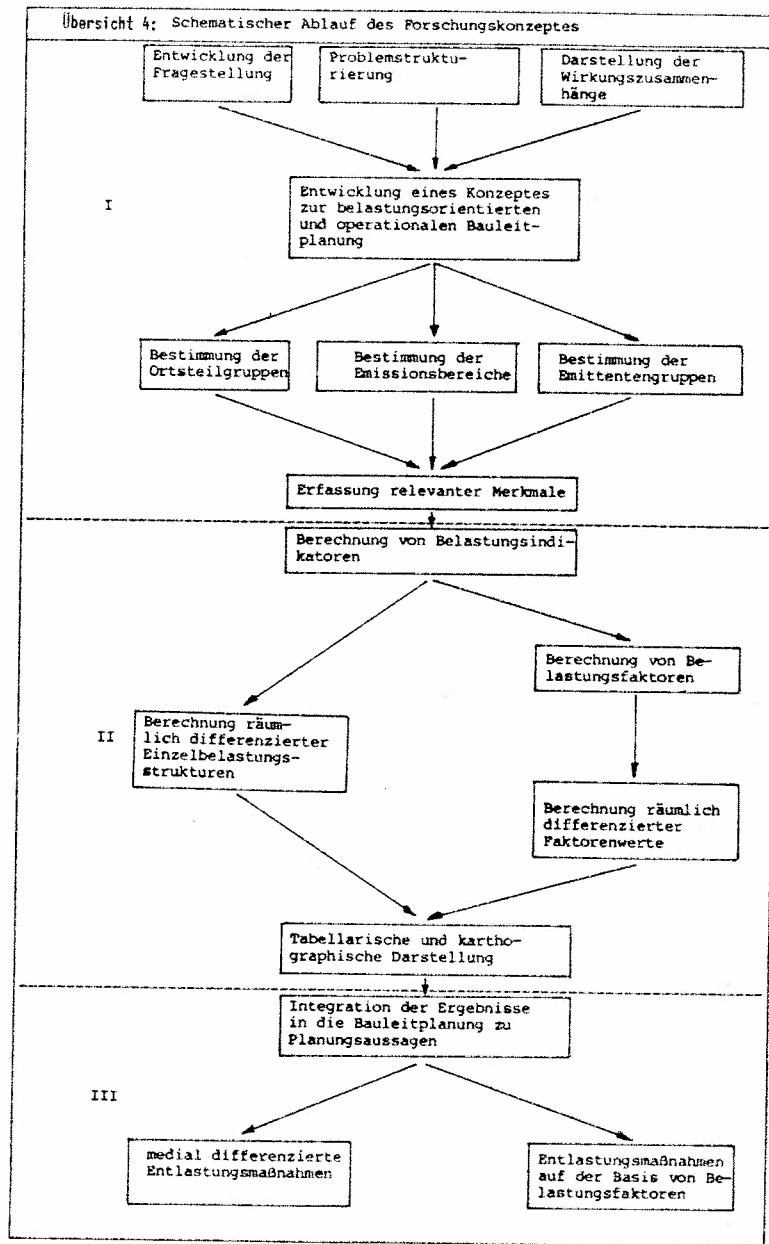
Für die Durchführung der Analyse wurden ab 1980 bei Hamburger Behörden¹, Instituten, privaten Organisationen und sonstigen Einrichtungen Auskünfte über Emissions-, Immissions- und allgemeine Umwelttatbestände eingeholt. Diese Informationen wurden im Laufe der Jahre 1981 bis 1982 nach Möglichkeit aktualisiert, mindestens jedoch auf den Stand von Ende 1979 gebracht.

Die Informationen liegen als Urmaterial überwiegend tabellarisch und kartographisch vor. Für die 179 Hamburger Ortsteile wurden insgesamt 312 Merkmale, die die Umweltsituation indizieren können, erhoben und EDV-gerecht gespeichert. Diese Merkmale wurden durch Rechenoperationen zu Indikatoren verknüpft und weiterverarbeitet.

Die vorherige Bestimmung der relevanten Emittentengruppen, Emissionsbereiche und Ortsteiltypen verhindert dabei sowohl die ungezielte Sammlung von Merkmalen als auch die überflüssige Kombination von Merkmalen zu Indikatoren.

Die einzelnen Schritte des Forschungsprojektes sind in der schematischen Übersicht 4 noch einmal verdeutlicht, wobei hier nur die faktorenanalytische Aggregation der Belastungsindikatoren dargestellt wird und somit auch keine Aussagen hinsichtlich medial differenzierter Entlastungsmaßnahmen erfolgen.

¹ Vgl. UMWELTBUNDESAMT, Umlis, Informations- und Dokumentationssystem Umwelt, Behördenverzeichnis Umwelt 1977, Berlin 1978, S. 281 ff.



4. Belastungseffekte nach faktorenanalytischer Aggregation

4.1 Die zunächst getrennt nach den Emissionen der Verursachergruppen und belasteten Medien berechneten Einzelindikatoren sollen im folgenden für die simultane Betrachtung der Belastungsmerkmale zusammengefaßt werden. Mit Hilfe einer Faktorenanalyse wird daher angestrebt, die Indikatoren der Emissionskonzentration verschiedener Umweltbereiche - aber möglicherweise gleicher Umweltdeterminanten - in eine geringere Zahl unabhängiger, neuer Größen, sogenannter Faktoren, zu überführen und für diese multidimensionalen Phänomene komplexe Indikatoren zu formulieren. Aus den Faktoren sind sogenannte Faktorenwerte zu entwickeln, die aufgrund ihrer gegenüber sonstigen Indexkonstruktionen wertfreien Berechnung in der Lage sind, die Belastungssituation der einzelnen Ortsteile mit Hilfe kombinierter Emissionsatbestände zu kennzeichnen¹.

Das Auswahlverfahren der Eingabevariablen der vollständig durchgerechneten Faktorenanalyse bedient sich des bereits entwickelten Rasters zu den Indikatoren umweltbelastender Aktivitätsbereiche (vgl. Übersicht 2). Dort werden für jeden der vier Emissionsbereiche Wohnen, Produktion, Dienstleistungen und Verkehr jeweils fünf Belastungsarten - Luft, Lärm, Wasser, Boden und Sicherheit bzw. Wohnpersistenz - definiert. Die sich daraus ergebenden zwanzig Indikatoren wurden hinsichtlich ihres Erklärungswertes analysiert und auf ihre sachliche, zeitliche und räumliche Gültigkeit hin geprüft. Mit der Verwendung der o.a. Übersicht für die Auswahl der Eingabedaten wird u.a. verhindert, daß die Indikatoren inhaltlich zu eng miteinander verbunden sind und daß im Hinblick auf eine umfassende Analyse der städtischen Belastungstat-

¹ Zur Anwendung der Faktorenanalyse in der Regionalforschung vgl. A. ALTMANN, Faktorenanalytische Untersuchungen zur regionalwirtschaftlichen Situation und Entwicklung in Niedersachsen, in: Raumforschung und Raumordnung, 31. Jahrg. 1973, S. 259; S. GEISENBERGER, Faktorenanalytische Untersuchungen der Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs im Hinblick auf ihren Entwicklungsstand 1966, in: Raumforschung und Raumordnung, 30 Jahrg. 1972, S. 251-256; H. HAUTAU, Urbanisierung und städtisches Belastungsniveau in der Bundesrepublik Deutschland, Göttingen 1979, S. 179 ff.; P. KLEMMER, Die Faktorenanalyse als Instrument der empirischen Strukturforchung, in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Forschungs- und Sitzungsberichte 87, Hannover 1973, S. 139 ff.

Übersicht 5: Die Eingabevariablen der vollständig durchgeführten Faktorenanalyse: 20 Indikatoren der umweltbelastenden Aktivitätsbereiche

Aktivitätsbereich:	Indikator(-quotient)	Indikator (-name)
Siedlungstätigkeit	SO ₂ -E je ha Nettowohnbaufläche unbebaute Fläche je Einwohner Abwasser je ha bebaute Fläche häusliche Abfälle je ha bebaute Fläche Körperverletzungen je 100 Einwohner	Hausbrand Siedlungs-lärm Haushalts-abwasser Haushalts-abfälle Kriminalität
Produktionstätigkeit	SO ₂ -E je ha Gewerbefläche lärmgewichtete Gew.fläche je ha Gesamtfläche industrielle Abwasser je ha bebaute Fläche gewerblicher Müll je ha bebauter Fläche Wertschöpfung des Prod.Gewerbes je ha Gesamtfläche	Industrie-abgase Industrie-lärm Industrie-abwasser Industrie-abfall industrielle Flächenproduktivität
Dienstleistungstätigkeit	SO ₂ -E je ha bebaute Fläche Dienstleistungsbeschäftigte je Arbeitsstätte Abwasseremission je ha bebaute Fläche t hausmüllartige Abfälle je ha bebauter Fläche p.a. Wertschöpfung je ha Gesamtfläche	Büroheizungs-abgase Dienstleistungs-lärm Dienstleistungsabwasser Dienstleistungsabfälle Dienstleistungsflächenproduktivität
Verkehrstätigkeit	CO-E je km Straßenlänge je Werktag Kfz. je km Straßenlänge je Werktag abgeschwemmter Reifenabrieb je ha Gesamtfläche abgestellte Kfz. je km Straßenlänge Verletzte Personen je km Straßenlänge	Kraftfahrzeugverkehrsabgase Kraftfahrzeugverkehrslärm Reifenabrieb des Kraftfahrzeugverkehrs abgestellte Kraftfahrzeuge Kraftfahrzeugverkehrsunfälle

bestände Lücken im Variablenkatalog bleiben¹. Die semantische Zuordnung der Indikatoren zu den Aktivitätsbereichen sowie die Bezeichnungen der Indikatoren geht aus der Übersicht 5 hervor.

Aus den Bezeichnungen der Indikatoren geht hervor, daß in der Faktorenanalyse weder mit Absolutzahlen noch mit Nominal- oder Intervallskalen gerechnet wurde, sondern ausschließlich mit stetigen Konzentrationswerten², die in gesonderten Berechnungsverfahren ermittelt wurden und nunmehr weiter verarbeitet werden. Zum Zweck der Vergleichbarkeit werden die in ihrer jeweiligen Maßeinheit vorliegenden Belastungsindikatoren in standardisierte Werte mit dem Mittelwert 0 und der Standardabweichung 1 transformiert.

4.2 Die zwischen den Variablen bestehenden paarweisen Abhängigkeiten werden mit Hilfe ihrer Korrelationskoeffizienten in der folgenden Matrix der Tabelle 1 dargestellt. Die über die Diagonalachse gespiegelten Koeffizienten lassen offen, wodurch die indizierten Zusammenhänge entstehen und in welcher Richtung eine Abhängigkeit zwischen den Variablen besteht. Rein rechnerische oder technische Abhängigkeiten scheiden jedoch aus, da die verwendeten Indikatoren semantisch aus den Emittentengruppen und Emissionsbereichen entwickelt wurden. Wenn die Zusammenhänge oder Matrix inhaltlich analysiert werden, so sind grundsätzlich Zusatzinformationen hinzuzuziehen.

Die Korrelationskoeffizienten der Matrix der vollständigen Variablenliste und Raumeinheiten weisen bereichsweise hohe Werte von $r = 0,6$ und darüber auf, welche sowohl innerhalb einer Emittentengruppe bestehen als auch zwischen diesen Gruppen. Innerhalb der Emittentengruppen bestehen Interkorrelationen mit Ausnahme des produzierenden Sektors, wo branchenbedingte Abwasser- und

¹ Vgl. H.-F. ECKEY, Zwei Methoden zur Abgrenzung und Unterteilung funktionaler Regionen: Die Faktoren- und die Input-Output-Analyse, in: Raumforschung Raumordnung, 24. Jahrg. 1976, S. 40.

² Zur Anwendung der Faktorenanalyse auf qualitativ und quantitativ unterschiedliches Urmaterial vgl. H. NUHN, Regionalisierung und Entwicklungsplanung in Costa Rica, ein Beitrag zur angewandten Geographie und Regionalplanung unter Einsatz von EDV, Hamburg 1978.

Tabelle 2 : Faktoreigenwerte, erklärte Gesamtvarianzanteile in v.H. und kumuliert.

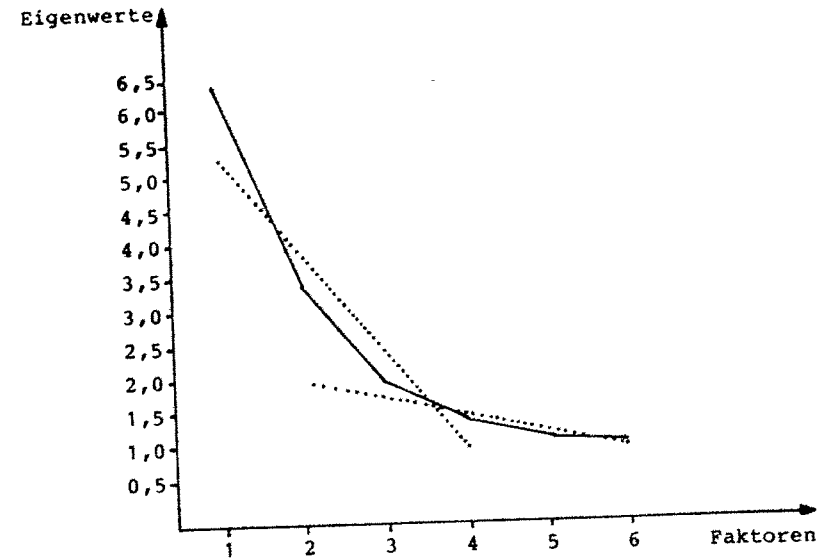
Faktor	Eigenwert	Gesamtvarianzanteil	
		in v.H.	kumuliert
1	6,49771	32,5	32,5
2	3,47848	17,4	49,9
3	2,00562	10,0	59,9
4	1,32694	6,6	66,5
5	1,11944	5,6	72,1
6	1,00003	5,0	77,1
7	0,80705	4,0	81,2
8	0,63794	3,2	84,4
9	0,59949	3,0	87,4
10	0,53191	2,7	90,0
11	0,44457	2,2	92,2
12	0,41157	2,1	94,3
13	0,33967	1,7	96,0
14	0,26304	1,3	97,3
15	0,19342	1,0	98,3
16	0,13728	0,7	99,0
17	0,08942	0,4	99,4
18	0,05729	0,3	99,7
19	0,04579	0,2	99,9
20	0,01332	0,1	100,0

Quelle: eigene Berechnungen

Über die Lage der Faktorenvektoren in dem gemeinsamen, vieldimensionalen Variablenraum wird zunächst angenommen, daß diese rechtwinklig zueinander stehen. Die Rechtwinkligkeit gewährleistet zwar, daß die Faktoren unabhängig voneinander sind. Andererseits ließe sich durch Aufgabe der Orthogonalität das Variablengefüge besser abbilden¹.

¹ Vgl. H. HARRMAN, Modern Factor Analysis, 2nd ed., a.a.O., S. 779.

Abbildung 1: Der Verlauf der Eigenwerte der Faktoren (SCREE-TEST)



Die Extraktion dreier Faktoren und deren anschließende Rotation zur Erzeugung schiefwinklig zueinander stehender Faktorvektoren führt zu einem Faktorensystem, welches als fast unabhängig voneinander bestehendes Faktorensystem bezeichnet werden kann¹. Die Faktorenkorrelationen weisen niedrige Werte auf und bestätigen diese Annahme:

Tabelle 3: Faktorenkorrelationsmatrix nach Rotation

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Faktor 1	1,00000	0,17375	0,13442
Faktor 2	0,27475	1,00000	0,02947
Faktor 3	0,13442	0,02947	1,00000

Quelle: eigene Berechnungen

¹ Vgl. P.R. HOFSTÄTTER u. D. WENDT, Quantitative Methoden der Psychologie, München 1967, S. 211.

Die Interpretation der drei extrahierten Faktoren ergibt sich aus dem Beziehungssystem zwischen den Faktoren und den eingegebenen Variablen. Durch die unterschiedlich hohen Faktorladungen (der Variablen auf die Faktoren) wird angezeigt, in welchem Maße und welcher Richtung (positiv oder negativ) die Variablen an der Bildung des betreffenden Faktors beteiligt sind. In Tabelle 4 ist zusätzlich die Höhe der Kommunalität der Variablen angegeben. Diese besagt, wie groß der durch die Faktoren aufgeklärte Varianzanteil der Variablen ist, was ebenfalls bei der Interpretation der Faktoren zu beachten ist. Die drei extrahierten Faktoren sind somit folgendermaßen zu interpretieren:

Faktor I: Tertiäre Aktivitätsbelastung

Die Variablen, die den ersten und 57,8 v.H. der extrahierten Varianz erklärenden Faktor hochladen (s. Tabelle 4), stammen überwiegend aus den Emissionsgruppen Dienstleistungen und Verkehr. Diese Hauptkomponenten des vorliegenden Ladungsmusters bedeuten, daß die innerstädtische Umweltbelastungsstruktur eine entscheidende Prägung aufgrund der Konzentrationsverteilung der Dienstleistungsstandorte des Einzelhandels und der Verwaltungstätigkeit sowie der dadurch bedingten Verkehrsaktivitäten erfährt. Ergänzt wird der durch Faktor I repräsentierte Tatbestand durch die hohen Ladungen der Variablen "Kriminalität" und "industrielle (Flächen-)Produktivität". Die Kriminalitätsbelastung ist im wesentlichen durch die in überwiegend tagsüber und gewerblich genutzten Gebäudekonzentrationen entstandenen anonymen Zonen bedingt, in welchen entsprechende Entwicklungen gefördert werden. Die Produktivitätsbelastung des industriellen Sektors spiegelt die bedeutende Rolle der innerstädtischen Verwaltungssitze von Firmen wider, die im produktiven Bereich tätig sind, deren Geschäftsbereiche Produktion und Management aber räumlich getrennt sind. Es handelt sich hierbei also um einen Tatbestand, der nach funktionalen Gesichtspunkten ebenfalls der tertiären Aktivitätsbelastung zuzuordnen ist.

Faktor II: Wohnungsbelastung

Besonders markant wird der zweite Faktor durch die Variablen der Emissionen im Bereich Haushalte (Hausbrand, Abwasser und Abfälle) sowie durch die Bodenbelastung aufgrund der abgestellten Kraftfahrzeuge geladen. Fast ebenso deutlich ist der Indikator der Unfalldichte an der Extraktion dieses Faktors beteiligt (s. Tabelle 4). Hohe Bevölkerungskonzentration in Verbindung mit einer Gefährdung

Tabelle 4: Faktorgefügematrix mit Kommunalitäten, Eigenwerten und erklärten Varianzanteilen (Oblique-Rotation mit 20 Variablen und drei Faktoren)

Variable	Faktor I	Faktor II	Faktor III	Kommunalität
Hausbrand	0,05916	0,70609	0,16928	0,52780
Siedungsärm	-0,09164	-0,27667	0,12294	0,09759
Haushaltsabwasser	0,04940	0,91321	-0,17381	0,88155
Haushaltsabfälle	0,05802	0,88327	-0,17976	0,82753
Kriminalität	0,71473	0,00080	0,10479	0,52663
Industrieabgase	-0,01654	0,10009	0,12890	0,02854
Industrieärm	0,08625	-0,06251	0,76827	0,59749
Industrieabwasser	0,03714	0,00755	0,26607	0,07080
Industrieabfall	-0,00076	-0,13697	0,55639	0,33569
Industrielle Produktivität	0,46248	0,38720	0,35554	0,39747
Büroheizungsabgase	0,89964	0,13785	0,11810	0,80971
Dienstleistungsärm	0,43247	-0,18435	0,47358	0,43363
Dienstleistungsabwasser	0,88438	0,20321	0,07488	0,78666
Dienstleistungsabfälle	0,94525	0,17746	-0,03914	0,92184
Dienstleistungsproduktivität	0,90149	0,03083	-0,04933	0,85834
Kraftfahrzeugabgase	0,65241	0,28587	0,29705	0,50050
Kraftfahrzeugärm	0,28457	0,18370	0,23113	0,13712
Reifenabrieb	0,87846	0,38286	0,03792	0,83314
Abgestellte Kraftfahrzeuge	0,39299	0,82632	0,16877	0,75954
Kraftfahrzeugverkehrsunfälle	0,46309	0,65152	0,15488	0,55879
Eigenwerte	6,21697	3,18769	1,48568	
Erklärte Varianz (in v.H.)	57,1	29,3	13,6	
Erklärte Varianz (kumuliert)	57,1	86,4	100,0	

Quelle: eigene Berechnungen nach N. NIE, D. H. BENT und C.H. HULL, Statistikal Package for the Sozial Sciences, 2nd Ed., New York 1975, S. 468 ff.

durch Abgase sowie ein hoher Anteil abgestellter Kraftfahrzeuge und häufigere Verkehrsunfälle sind oft Erkennungszeichen einer großstädtischen Belastungssituation. Das Verhältnis zwischen den Vorteilen des größeren Kommunikationsangebotes und den Nachteilen höherer gesundheitlicher Risiken und optischer Beschränkungen erzwingen jedoch offensichtlich noch keine grundlegenden räumlichen Abwanderungseffekte. Der zweite extrahierte Faktor, welcher eine solche innerstädtische Wohnungsbelastung charakterisiert, ist mit 29,3 v.H. an der erklärten Varianz und mit 17,4 v.H. an der Gesamtvarianz beteiligt.

Faktor III: Industrielle Produktionsbelastung

Die auf den Faktor III hochladenden Belastungsindikatoren gehören ausschließlich der Gruppe der Variablen des Sekundären Sektors an (siehe Tabelle 4). Die industrielle Lärm- und Abfallemissionsverteilung prägt diesen Faktor dabei mehr als die Emissionstatbestände bezüglich der Luft und des Abwassers sowie der Produktivitätsbelastung. Diese Zusammenhangsstruktur kann dahingehend interpretiert werden, daß es sich bei dem Faktor III um die Kennzeichnung rein produktionstechnischer Belastungen handelt. Der niedrige Erklärungsanteil der Luftemissionen ist dadurch bedingt, daß die Berechnungen nur auf getätigte Heizölverbräuche abstellen und damit die Situation gerade in größeren Industriekomplexen mit ihren engen Energieaustauschverflechtungen unberücksichtigt läßt. Entsprechend der aus den Reaktionen der Korrelationsmatrizen auf Eingabedatenvariationen gewonnenen Hinweise zur Interpretation der Zusammenhänge sagt der 13,6-prozentige Anteil an der erklärten Varianz des Faktors III nur etwas über seine Bedeutung bei der Bildung der gesamtstädtischen, räumlichen Belastungsstrukturen aus, jedoch nicht über dessen Belastungsanteil.

- 4.4 Die Faktorenanalyse ermöglichte es, die zwanzig indizierten Belastungstatbestände der Ausgangsmatrix bis auf 40,1 v.H. der Gesamtvarianz durch drei kombinierte Belastungsindikatoren oder Faktoren zu reproduzieren. Mit Hilfe der Berechnung von Faktorenwerten¹ läßt sich unter Verwendung der eingegebenen Variablen der Beitrag jeder räumlichen Grundeinheit, also jedes Ortsteils, für jeden der drei Faktoren ermitteln, indem im Rahmen einer linearen multiplen Regressionsanalyse durch die Bestimmung der Regressionskoeffizienten der standardisierten Variablen auf die standardisierten Faktoren geschätzt wird².

¹ Vgl. K. OBERLA, Faktorenanalyse, a.a.O., S. 241 ff.

² Vgl. H. HARMANN, Modern factor analysis, a.a.O., S. 349 ff.

Die Faktorenwerte der Ortsteile liegen dann ebenfalls dimensionslos mit einem Mittelwert von Null vor.

Die Faktorenwerte werden je Ortsteilgruppe gemittelt und zusammen mit der Standardabweichung in Tabelle 5 angegeben. Ein mit Hilfe der Varianzanteile gewichteter Gesamtfaktor wäre entsprechend seiner Konstruktion aus den drei Faktoren nicht mehr sachlich differenziert interpretierbar und gibt nur diffuse, räumliche Ungleichgewichte der städtischen Siedlungsaktivitäten wieder.

Für die drei in Tabelle 5 räumlich differenziert dargestellten Faktoren gilt, daß Ortsteilgruppen mit hohen positiven Werten eine überdurchschnittliche Bedeutung für den jeweiligen Faktor haben, negative Werte eine entsprechend geringe Bedeutung.

Die Faktorenwerte des Faktors I, der tertiären Aktivitätsbelastung, erreichen ihre Maxima erwartungsgemäß in dem inneren Kreis des Stadtgebietes bis 2,5 km, dem City-Bereich, und den nach Flächennutzungskriterien zusammengefaßten Ortsteilen, in denen Handels- und Verwaltungsfunktionen dominieren. Mit relativ niedrigen Standardabweichungen bilden der City-Bereich zusammen mit hohen positiven Werten und die Einzelhausgebiete mit hohen negativen Werten einen deutlichen Gegensatz.

Die Wohnungsbelastung, die durch den Faktor II zum Ausdruck kommt, ist am höchsten in einer Entfernung von 2,5 bis 5,0 Kilometer vom Stadtmittelpunkt. In der Übergangzone ist die Belastung im Vergleich zu suburbanen Wohngebieten wesentlich höher und erreicht ihren Maximalwert in den geschlossenen bebauten Gebieten. Der Hafen und die naturnahen Gebiete sind für die Konstruktion des Faktors II unerheblich.

Die Faktorenwerte des Faktors III weisen in den fünf Entfernungszonen zwei fast gleichhohe Beträge mit allerdings sehr hohen Standardabweichungen auf. Dies ist dadurch bedingt, daß die räumliche industrielle Produktionsbelastungsstruktur in Hamburg auch nicht annähernd konzentrisch verteilt ist. Die Werte in den Mischgebieten aus Wohn- und industriellen Nutzungen sind erheblich niedriger als in den ausschließlich produktionsorientierten Ortsteilen. Aus dem positiven Wert der industriellen Produktionsbelastung in der Übergangzone zwischen City und angrenzenden Wohngebieten läßt sich schließen, daß die Belastungsprobleme dieser Zone nicht allein aus der Teriärisierung der City und city-naher Bereiche resultieren.

Tabelle 5 : Faktorenwerte der Faktoren I bis III in Hamburg (nach Ortsteilgruppen)

Gruppierungskriterium	Ortsteilgruppe	Anzahl der Ortsteile	Faktor I		Faktor II		Faktor III	
			AM	St.-Abw.	AM	St.-Abw.	AM	St.-Abw.
Entfernung vom Stadtmittelpunkt	0,0 bis 2,5 Kilometer Kreis	23	1,487	2,017	-0,019	0,656	0,506	0,989
	2,5 bis 5,0 Kilometer Ring	62	0,800	0,397	0,836	0,896	-0,033	0,898
	5,0 bis 7,5 Kilometer Ring	29	-0,174	0,281	0,059	0,723	0,563	1,006
	7,5 bis 10,0 Kilometer Ring	21	-0,398	0,253	-0,643	0,465	-0,083	0,707
	10,0 Kilometer bis Stadtgrenze	44	-0,586	0,115	-0,899	0,315	-0,548	0,285
Stadtstruktur-bildende Zonen	Citygebiet	3	6,256	1,564	-0,685	0,289	0,662	0,788
	Übergangsbereich	6	1,283	0,388	0,234	0,170	0,162	0,321
	suburbanes Gebiet	4	-0,263	0,832	-0,665	0,666	-0,385	0,625
	landwirtschaftliches Gebiet	13	-0,664	0,091	-1,202	0,137	-0,756	0,082
Flächennutzungsarten der Bauleitpläne	Wohnen in offener Bauweise	20	-0,562	0,091	-0,795	0,282	-0,540	0,220
	Wohnen in gemischter Bauweise	32	-0,338	0,330	-0,429	0,279	-0,137	0,360
	Wohnen in geschlossener Bauweise	62	0,059	0,389	1,033	0,655	-0,147	0,774
	Mischgebiet:Wohnen und Dienstleistungen	14	0,696	0,660	0,418	0,585	0,160	0,576
	Mischgebiet:Wohnen und Produktion	17	-0,104	0,464	-0,244	0,552	0,806	0,830
	Mischgebiet:Wohnen und Landwirtschaft	19	-0,636	0,107	-1,231	0,137	-0,686	0,167
	Dienstleistungen	6	3,769	2,902	-0,641	0,271	2,152	1,479
Produktion	4	0,037	0,412	-0,665	0,183	2,137	0,969	
Hafen	5	-0,052	0,297	-1,245	0,143	1,968	0,642	
Hamburg insgesamt bzw. im Durchschnitt		179	0,0		0,0		0,0	

AM = Arithmetisches Mittel, St. Abw. = Standardabweichung

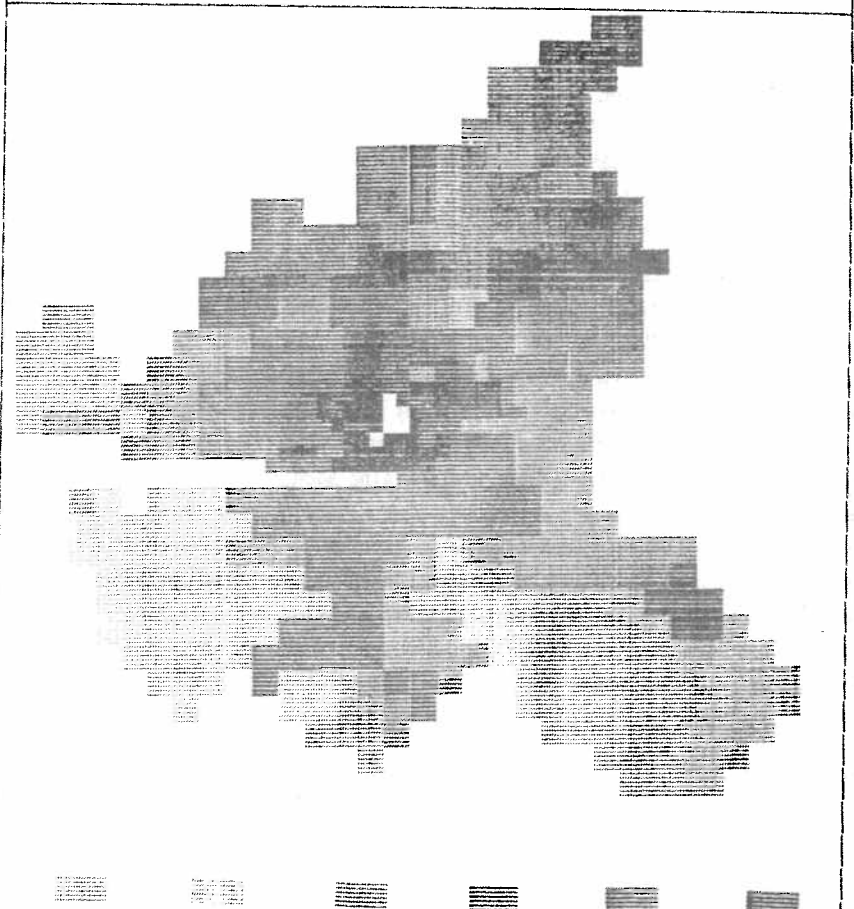
Quelle: eigene Berechnungen

4.5 Die kartographische Darstellung der Faktorenwerte der tertiären Aktivitätsbelastung vereinigt in sich die räumlichen Ausprägungen der Zentrenstruktur der Hansestadt und seiner innerstädtisch bedeutsamen Verkehrsachsen (s. Karte 1). Die Hauptrichtung der von der City ausgehenden Belastungshöchstwerte betrifft die nord-westlich angrenzenden Stadtgebiete. Der Übergang von den durch Faktor I belasteten Stadtteilen verläuft im nördlichen wesentlich ebener als im südlichen Teil der Stadt. Die Baustrukturen der cityangrenzenden Ortsteile ziehen die tertiäre Aktivitätsbelastung förmlich nach sich. Die Belastungsstruktur der Karte repräsentiert die ersten 32,5 v. H. der durch die 20 Variablen indizierten Gesamtbelastung und stellt damit die wichtigste Komponente der Belastungsstruktur Hamburgs dar.

Mit Hilfe der Darstellung der Faktorenwerte des zweiten extrahierten Faktors, der Wohnungsbelastung, in Karte 2 wird im nördlichen Teil der Stadt eine Ringstruktur erkennbar, welche ihre Höchstwerte in einer Entfernung von etwa drei Kilometern vom Zentrum aufweist. Das größte zusammenhängende, durch Wohnungsaktivitäten belastete Gebiet befindet sich westlich der Alster und betrifft den Verbindungszug zwischen dem Altonaer und Eimsbütteler Bezirkskern. Nachteilige Verdichtungsfolgen sind auch in den Randbereichen im Norden und Westen der Stadt erkennbar, ohne allerdings die Belastungsklassifikation der zugehörigen Bezirkskerne zu erreichen. Im südlichen Stadtgebiet stellt nur Harburg in seinem Kern einen überdurchschnittlich belasteten Bereich dar. Die Darstellung der räumlichen Struktur der Belastung aus Wohnungsaktivitäten repräsentiert 17,4 v.H. des mit Hilfe der Emissionsindikatoren ausgewiesenen Gesamtzusammenhangs.

Erwartungsgemäß kommt in der Darstellung der Faktorenwerte des Faktor III (s. Karte 3), der industriellen Produktivitätsbelastung, die durch den Hafen geprägte Standortstruktur der Produktionsunternehmen zum Ausdruck. Sowohl die Freihafengebiete als auch der Harburger Hafen fallen in die oberste der sechs in Karte 3 dargestellten Belastungskategorien. Die Gewerbegebiete im Osten der seeschifftiefen Elbe weisen infolge ihrer branchenmäßigen Zusammensetzung (Chemie, Großhandel, Reparatur) positive Faktorenwerte auf. Eine bandartige Struktur der industriellen Aktivitätsbelastung, die nicht auf den Verlauf von Hafengewässern zurückzuführen ist, wird im Westen der Hansestadt deutlich: vom Kernbereich des Bezirks Altona ausgehend erreicht eine Abfolge von überdurchschnittlich belasteten Ortsteilen die Stadtgrenze im Norden. Im Zentrum des Bergedorfer Bezirks besteht hingegen eine Insellage höherer Belastungswerte. Die Darstellung der Karte repräsentiert 10,0 v.H. des indizierten Gesamtzusammenhangs.

Karte 1: Die Faktorenwerte der tertiären Aktivitätsbelastung in Hamburg



-0,745 -0,6015 -0,6015 -0,4348 -0,4348 -0,1693 -0,1693 -0,0058 0,0058 -0,4032 0,4032 -0,0537

Maßstab 1:250.000

Quelle: eigene Berechnungen

Karte 2: Die Faktorenwerte der Wohnungsbelastung in Hamburg



-1,4327 -0,9640 -0,9640 -0,6013 -0,6013 -0,1855 -0,1855 -0,4356 0,4356 -1,0407 1,0404 -2,9699

Maßstab 1:250.000

Quelle: eigene Berechnungen

Karte 3 : Die Faktorenwerte der industriellen Produktionsbelastung in Hamburg



-1,6214--0,7123 -0,7123--0,4731 -0,4731--0,2232 -0,2232--0,0204 0,0204--0,6790 0,6790--2,7880
Maßstab 1:250.000

Quelle: eigene Berechnungen

5. Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Bauleitplanung

5.1 Die mit Hilfe der Faktorenanalyse ermittelten Faktorenwerte zeigen Kombinationsbelastungstatbestände in den Ortsteilen auf, deren Ursache im wesentlichen auf das dort vorherrschende räumliche Aktivitätsmuster zurückzuführen ist. Bauliche Nutzungsstrukturen mit jeweils dominierenden städtebaulichen Funktionen sind somit durch "typische" Belastungsstrukturen charakterisierbar.

Die ermittelten Faktorenwerte stellen für die Bauleitplanung daher ein Informationssystem dar, in welchen Ortsteilen mit Hilfe einer stärkeren funktionalen Durchmischung eine Belastungsreduktion angestrebt werden sollte.

Ansatzpunkte der Bauleitplanung zur Reduktion der Faktorbelastung aus tertiärer Aktivität liegen z.B. in der Förderung der unterrepräsentierten Funktionen des Wohnens und der Produktion in den entsprechenden Gebieten. Diese Möglichkeiten sind der Bauleitplanung insofern gegeben, als sie sowohl eventuelle Restwohnnutzungen sichern kann, aber auch langfristig eine Intensivierung der Wohnfunktion betreibt. Fallweise kann die Umnutzung vorhandener Bürogebäude für Wohnzwecke gefördert werden und unter besonderen Auflagen auch die Produktionstätigkeiten von Klein- und Mittelbetrieben.

Mit der Förderung von Arbeitsplätzen im Dienstleistungs- und Produktionsbereich kann weiterhin eine Durchmischung der Nutzungen in jenen Ortsteilen erreicht werden, die durch den Faktor "Wohnungsbelastung" charakterisiert sind.

Ein Effekt solcher gemischten Arbeits- und Wohnstrukturen im Ortsteil wird die Reduktion des Verkehrsaufkommens sein, wenn vorzugsweise kleine Betriebsgrößen in räumlich gestreuten Flächenstücken gefördert werden. Dafür lassen die Bebauungspläne die Möglichkeit der Differenzierung nach allgemeinen und reinen Wohngebieten auch innerhalb eines Baublocks zu. Bei der lokalen Ausgestaltung der gewerbefördernden Maßnahmen sind jedoch gegenseitige Störungen zu vermeiden.

Bauleitplanerische Möglichkeiten der Förderung der Wohnnutzung und/oder von Büroaktivitäten in Gebieten mit industrieller Produktivitätsbelastung (Faktor III) sind infolge der z.T. sehr flächenextensiven gewerblichen Aktivitäten sehr begrenzt. Die Auswahl der Maßnahmegebiete zur Reduktion der

Faktorbelastung berücksichtigt a priori nicht die möglichen gegenseitigen Störungen. Sie zielt vielmehr auf eine Minderung der einseitigen Nutzungsstruktur ab, die für das Zustandekommen der überdurchschnittlichen industriellen Produktionsbelastung verantwortlich ist. Die Ausgestaltung der Bebauungspläne sollte somit daran orientiert sein, Störungen der zu fördernden Wohn- und Bürofunktion in diesen Gebieten von vornherein auf ein Minimum zu beschränken. Wenn die Möglichkeiten solcher baulicher Anordnungen erschöpft oder von vornherein nicht gegeben sind, kann die Förderung der baulichen Maßnahmen nur gleichzeitig mit lokalen Emissionsreduktionen im Bereich der industriellen Produktion weiterbetrieben werden.

6. Schlußbetrachtung

Die hier dargestellte Untersuchung stellt einen Versuch dar, Aspekte der Umweltplanung mit Hilfe eines kleinräumigen Informationssystems zu operationalisieren und damit besser in die Bauleitplanung zu integrieren.

Die Aussagefähigkeit der gewonnenen Ergebnisse muß jedoch zwangsläufig eingeschränkt bleiben, solange die zur Charakterisierung der kleinräumigen Belastungssituation verfügbaren Daten die städtische Umweltsituation nur unvollständig abbilden können. Diese Situation ermöglicht es z.Zt. auch noch nicht, eine systemtheoretische Erweiterung der hier dargestellten Vorgehensweise anwendungsorientiert vorzunehmen.

Die aufgezeigten Mängel und methodischen Restriktionen der Untersuchung sind daher im wesentlichen noch in der unzureichenden umweltstatistischen Datenbasis begründet. Ein Weiterarbeiten in diesem Bereich der regionalwissenschaftlichen Forschung sollte daher verstärkt auf den Einsatz der Fernerkundung mit IR- und multispektralen Scannern ausgerichtet sein, da nach Ansicht der Verfasser nur durch Einsatz dieser Techniken die Datenlücke geschlossen werden kann.