

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 15

Artikel: Berücksichtigung der Luftqualität bei raumplanerischen Entscheiden:
eine Fallstudie in drei Planungsregionen des Kantons Zürich
Autor: Abart-Heriszt, Lore
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78946>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 04.07.2025

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

Lore Abart-Heriszt, Graz

Berücksichtigung der Luftqualität bei raumplanerischen Entscheiden

Eine Fallstudie in drei Planungsregionen des Kantons Zürich

Eine in drei Planungsregionen des Kantons Zürich getestete Methode zielt auf die stärkere Integration ökologischer Grundlagen in die Raumplanung ab. Erarbeitet werden quantitative Aussagen über die Wirkungen, die von bestehenden Nutzungen sowie künftig möglichen räumlichen Entwicklungen auf die Luftqualität ausgehen und zu Belastungen der Bevölkerung sowie naturnaher Ökosysteme führen. Diese Erkenntnisse dienen als Grundlage für konkrete raumordnungspolitische Handlungsanweisungen.

Die Aufgabe der Raumplanung besteht in der Koordination raumwirksamer Tätigkeiten, wobei stets auch der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen berücksichtigt werden soll (Art. I Raumplanungsgesetz). Bislang ist die Raumplanung jedoch dadurch gekennzeichnet, dass zwar die Zielsetzungen durch ökolo-

gische Elemente angereichert werden, diese aber bei konkreten raumbezogenen Entscheiden in Konkurrenz zu sozialen und ökonomischen Anliegen oft eine untergeordnete Rolle spielen. Aus diesem Grund fehlen häufig klare Grenzen für die flächenhafte Entwicklung der Siedlungsgebiete, und die übermässige Erschliessung für den Individualverkehr konkurrenziert den Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel. Damit wird einem weiteren quantitativen Wachstum von Siedlung und Verkehr - verbunden mit einer Zunahme der Schadstoffemissionen - Vorschub geleistet.

Diese Entwicklung widerspricht allerdings den Zielen des bundesrätlichen Luftreinhaltekonzeptes, das eine deutliche Reduktion der Schadstoffemissionen anstrebt. Aus diesem Grund werden auch die in der Luftreinhalte-Verordnung festgeschriebenen Umweltqualitätsziele nicht vollumfänglich erreicht. Die Sanierungsdefizite in der Luftreinhaltung resultieren insbesondere aus der weitgehenden Beschränkung auf die Ausnützung techni-

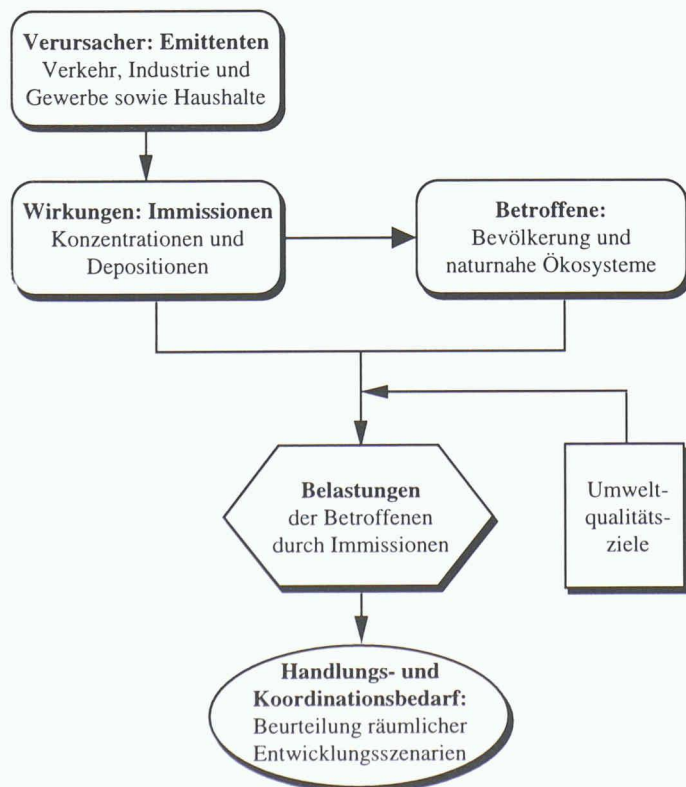
scher Einsparpotentiale durch kurzfristig wirksame Instrumente; raum-zeitliche Entwicklungsvorgänge werden bisher nur unzureichend einbezogen. Der Erfolg bisheriger Massnahmen wird deshalb durch die räumliche Dynamik (insbesondere die Verkehrszunahme) wieder kompensiert. Soll ein Wiederanstieg der Emissionen nach Ausschöpfen technischer Möglichkeiten verhindert werden, dann ist die Raumplanung gefordert, längerfristige Mitverantwortung für eine umweltverträgliche Mobilität zu übernehmen und raumordnungspolitische Bestrebungen frühzeitig mit den Belastungsgrenzwerten für die Luftqualität in Einklang zu bringen. Hier setzt das methodische Vorgehen an, das Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen ist und am Beispiel von drei Planungsregionen des Kantons Zürich erläutert wird [1]. Einen Überblick über die in der Fallstudie verwendeten Datengrundlagen vermittelt der gleichnamige Kasten.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die 58 Gemeinden der Planungsregionen Pfannenstiel, Zürcher Oberland sowie Winterthur und Umgebung und weist rund 725 km² bzw. 362 000 Einwohner auf. Es reicht von den bevorzugten Wohnlagen am rechten Zürichseeufer und den Anhöhen des Pfannenstiels über das landschaftlich reizvolle Zürcher Oberland mit dem Pfäffikersee, das wirtschaftlich benachteiligte Tössstal und das walddreiche Tössbergland bis zum Industriestandort Winterthur und zum landwirtschaftlich geprägten Zürcher Weinland. Im Untersuchungsgebiet nimmt die landwirtschaftliche Nutzung knapp die Hälfte der Fläche ein, der Anteil des Waldes an der Gesamtfläche beträgt etwa ein Drittel, rund ein Zehntel der Fläche entfällt auf Siedlungsgebiete, 5% sind den Verkehrsanlagen zugeordnet und die restlichen Flächen fallen auf Gewässer und sonstige Nutzungen.

Methodisches Vorgehen

Auf regionaler Ebene werden die Wirkungszusammenhänge zwischen den Verursachern und den Betroffenen von Luftschadstoffen untersucht (1). Als Verursacher werden die Emittenten von Schadstoffen (Verkehr, Industrie und Gewerbe sowie Haushalte) betrachtet. Die hiervon ausgehenden Wirkungen umfassen die Emissionen, die Transmission (Ausbreitung und chemische Umwandlung) sowie die Immissionen, wobei sowohl den Kon-



zentrationen von Schadgasen in der Umgebungsluft als auch den Depositionen, d.h. den auf der Erdoberfläche abgelagerten Schadstofffrachten, grosse Bedeutung beigemessen wird. Zu den von den Immissionen Betroffenen werden die Bevölkerung sowie naturnahe Ökosysteme gezählt.

Ein besonderes Anliegen ist die Gegenüberstellung der Schadstoffimmissionen mit den für die Betroffenen festzulegenden Umweltqualitätszielen. Sie erlaubt räumlich differenzierte Aussagen über die durch Konzentrationen und Depositionen hervorgerufenen Umweltbelastungen. Vor diesem Hintergrund werden künftig mögliche räumliche Entwicklungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Schadstoffemissionen beurteilt; daraus wird der raumplanerische Handlungs- und Koordinationsbedarf abgeleitet.

Modellierung der Schadstoffimmissionen

Als Grundlage für die Modellierung der Schadstoffimmissionen wird ein Emissionskataster auf Basis des Hektarrasters erarbeitet, der Punktquellen (Grossanlagen), Linienquellen (Verkehrsachsen) und Flächenquellen (Hausfeuerungen und diffuser Verkehr) von Stickoxidemissionen enthält (2). Die Emissionsdaten beziehen sich im wesentlichen auf das Jahr 1990. Die Gesamtemissionen von Stickoxiden (NO_x) im Untersuchungsgebiet belaufen sich auf 6081 Tonnen pro Jahr. Den weitest grössten Anteil nimmt der Verkehr mit 75% ein, wohingegen sich das verbleibende Viertel zu etwa gleichen Teilen auf die anderen beiden Emittentengruppen (Hausfeuerungen und Grossanlagen) verteilt (3).

Ausgehend von den NO_x-Emissionen, die getrennt nach Stickstoffmonoxid (NO: 85%) und Stickstoffdioxid (NO₂: 15%) berücksichtigt werden, erfolgt eine Simulation der Schadstoffausbreitung. Hierfür kommt ein numerisches Modell zur Anwendung, das auf folgendem (deterministischem) Ansatz beruht: Die emittierten Schadstoffe werden unter Berücksichtigung der durch Wind- und Turbulenzverhältnisse charakterisierten Strömungsfelder in der Atmosphäre verteilt; hierbei wird auch die (fast vollständige) Umwandlung von NO zu NO₂ berücksichtigt.

Neben diesen Konzentrationen, die direkt den Emittenten im Untersuchungsgebiet zugeordnet werden können, spielt auch die Hintergrundbelastung eine bedeutende Rolle. Für die Festlegung der Hintergrundkonzentrationen wird die Abhängigkeit der NO₂-Konzentrationen von der Geländehöhe herangezogen; sie kann an Messstationen ausserhalb des Einflussbereiches von Emittenten beobachtet werden. Die Hintergrundbelastung be-

trägt demnach bis zu 20 Mikrogramm pro Kubikmeter.

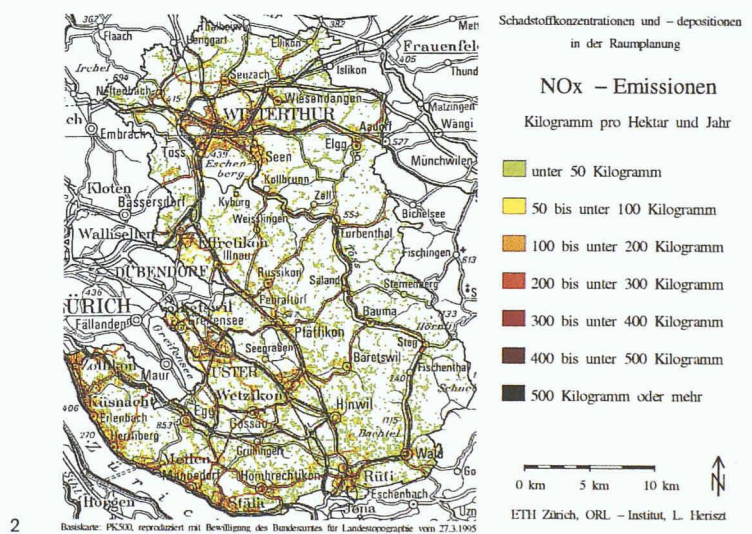
Die Hintergrundbelastung wird zu den mit «Polytox» ermittelten Konzentrationen addiert, so dass schliesslich Informationen über die NO₂-Konzentrationen im Hektarraster zur Verfügung stehen (3). Mittels Kalibration des Modells anhand gemessener Schadstoffkonzentrationen (Jahresmittelwerte) an 83 Standorten im Untersuchungsgebiet kann die mittlere Abweichung zwischen Modell und Messung auf ±18% oder ±6 µg/m³ beschränkt werden.

Die Modellierung der NO₂-Konzentrationen zeigt, dass etwa 543 km² (75% des Untersuchungsgebietes) deutlich unter dem Grenzwert der Luftreinhalte-Verordnung (30 µg/m³) liegende Konzentrationen aufweisen. In der Höhe des Grenzwertes (25 bis unter 35 µg/m³) befinden sich ca. 143 km² oder 20% der Fläche. Die Gebiete mit deutlich erhöhten Konzentrationen erstrecken sich über 38 km² und nehmen einen Anteil von 5% an der Gesamtfläche ein (2). Für die Abschätzung

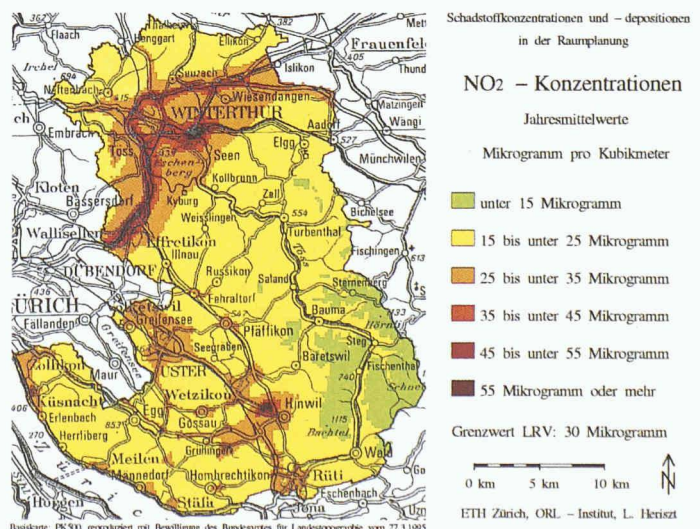
2 und 3
NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet

4
NO₂-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet

	in t/a	in %
Hausfeuerungen	855	14,1
Grossanlagen	694	11,4
Verkehrsachsen	3994	65,7
Diffuser Verkehr	538	8,8
insgesamt	6081	100,0



2



4

3

der Stickstoffdepositionen ist der Einbezug sämtlicher Formen der Deposition und aller relevanten Stickstoffverbindungen erforderlich. Berücksichtigung finden die trockene, nasse und okkulte Deposition der Primärschadstoffe Stickoxide (NO_x) und Ammoniak (NH_3) ebenso wie der Sekundärschadstoffe Nitrat (NO_3^-), Salpetersäure (HNO_3) und Ammonium (NH_4^+), die im Laufe der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre entstehen. Somit werden sowohl die wichtigsten oxidierten Stickstoffverbindungen (NO_x , NO_3^- , HNO_3), deren Hauptverursacher der Verkehr ist, als auch die bedeutendsten reduzierten Stickstoffsubstanzen (NH_3 und NH_4^+), die hauptsächlich aus der Landwirtschaft stammen, in die Depositionsberechnung einbezogen.

Die trockene Deposition umfasst neben der Sedimentation und dem Auskämmen von Partikeln auch die Adsorption, d.h. die Anlagerung von Gasen an der Pflanzenoberfläche. Die trocken deponierte Stickstofffracht wird als das Produkt der betreffenden Konzentrationen in der Luft und experimentell bestimmter Depositionsgeschwindigkeiten (differenziert nach den Nutzungskategorien Wald, Landwirtschaft sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen) beschrieben.

Die nasse Deposition umfasst den Niederschlag stickstoffhaltiger Substanzen in Form von Regen, Schnee und Hagel. Sie ergibt sich aus dem Produkt der Niederschläge und der Konzentration der beteiligten Substanzen Nitrat und Ammonium in der flüssigen Phase.

Die okkulte Deposition umfasst den Eintrag von feuchten Nitrat- und Ammoniumaerosolen, die sich an Nebel- und Tauwassertropfen anlagern und mit diesen an die Erdoberfläche gelangen. Der Stellenwert der okkulten Deposition gemessen an der Gesamtdosition ist klein; sie wird als Anteil an der nassen Deposition ermittelt.

Die Summe aus trockener, nasser und okkulter Stickstofffracht erlaubt Aussagen über die atmosphärischen Stickstoffdepositionen im Untersuchungsgebiet (6). Der Gesamteintrag beträgt durchschnittlich 34 kg Stickstoff (N) pro Hektar (ha) und Jahr (a). Da die trockene Deposition (mit einem Anteil von 61% am gesamten Stickstoffeintrag) nach Nutzungskategorien differenziert ist, resultieren folgende durchschnittliche Frachten: Die Stickstoffdeposition ist auf Siedlungs- und Verkehrsflächen mit 19 kg N/ha a wesentlich niedriger als die Fracht auf Landwirtschaftsflächen in der Höhe von 26 kg N/ha a und insbesondere der Stickstoffeintrag in Waldökosysteme mit 53 kg N/ha a (7). Auf reduzierte Stickstoffverbindungen entfallen 62% der Stickstoffdepositionen, 38% gehen auf Stickstoffdioxid und seine Folgeprodukte zurück.

Belastung der Bevölkerung sowie naturnaher Ökosysteme

Von den Schadstoffmissionen betroffen ist einerseits die Wohnbevölkerung (8). Sie wird als besonders sensibel gegenüber den Konzentrationen von Stickstoffdioxid, einem Reizgas für Schleimhäute und Atemwege, erachtet. Ihre Empfindlichkeit wird beurteilt an Hand des Jahresmittelwertes der Luftreinhalte-Verordnung für NO_2 -Konzentrationen ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Eine Überlagerung der NO_2 -Konzentrationen (4) mit den Einwohnern (8) zeigt, dass rund 141 000 Personen (39% der Bevölkerung im Untersuchungsgebiet) in Gebieten mit deutlich unter dem Grenzwert gelegenen Konzentrationen leben. 155 000 Personen (43% der Bevölkerung) sind von Konzentrationen in der Höhe des Grenzwertes betroffen. 67 000 Personen (18% der Bevölkerung) sind Konzentrationen deutlich über dem Grenzwert ausgesetzt (9, 10).

Neben der Wohnbevölkerung werden naturnahe Ökosysteme (Wälder, Hoch- und Flachmoore sowie Trockenrasen) als Betroffene erachtet (11). Sie weisen eine hohe Sensibilität gegenüber den N-Depositionen auf; ihre Empfindlichkeit wird gemessen an den sogenannten «Critical Loads» für Stickstoff. Diese wurden von der UN-ECE (United Nations - Economic Commission for Europe) festgelegt, um langfristig den Schutz naturnaher Ökosysteme vor Eutrophierung zu gewährleisten; im Auftrag des Buwal [2] wurden sie für die in der Schweiz auftretenden Pflanzengesellschaften adaptiert. Die höchste Empfindlichkeit gegenüber dem Eintrag von Stickstoff weisen mit 7 kg N/ha a die Hochmoore auf. Dahingegen sind Flachmoore mit 25 kg N/ha a als deutlich weniger empfindlich einzustufen. Die Trockenrasen sind durch eine Empfindlichkeit gegenüber dem Eintrag von Stickstoff in der Höhe von 19 kg N/ha a gekennzeichnet. Wäldern können Critical Loads im Ausmass von 15 bis 20 kg N/ha a zugeordnet werden (13).

Eine Überlagerung der Depositionen (6) mit den naturnahen Ökosystemen (11) erlaubt Aussagen über die Überschreitung der Critical Loads (12). In den Flachmooren, die einen mittleren Stickstoffeintrag von 26 kg N/ha a aufweisen, werden die Critical Loads nur wenig überschritten. Die Trockenrasen sind durch einen durchschnittlichen Stickstoffeintrag von 28 kg N/ha a gekennzeichnet; es tritt also ein gegenüber den Critical Loads um etwa 50% überhöhter Stickstoffeintrag auf. Die Stickstoffdepositionen in Waldflächen betragen im Mittel 53 kg N/ha a; somit werden die Critical Loads um etwa das Dreifache überschritten. In Hochmoore werden durchschnittlich 36 kg N/ha a eingetragen; dies bedeutet eine Überschreitung der Critical Loads um etwa das Fünffache (13).

5

NO_2 -Konzentrationen im Untersuchungsgebiet

NO_2 -Konzentrationen	Fläche	
	in ha	in %
unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	54 319	75,0
25 bis unter $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	14 324	19,8
$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mehr	3 803	5,2
insgesamt	72 446	100,0

7

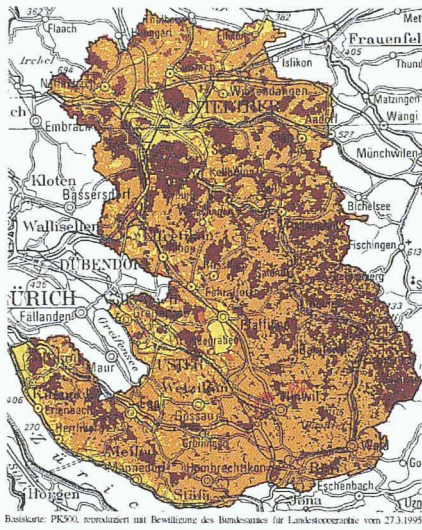
N-Depositionen im Untersuchungsgebiet (Mittelwerte)

	kgN/ha-a
Waldflächen	53,4
Landwirtschaftsflächen	25,6
Siedlungs-/Verkehrsflächen	19,3
durchschnittlich	33,8

10

Von NO_2 -Konzentrationen betroffene Einwohner im Untersuchungsgebiet

NO_2 -Konzentrationen	Einwohner	
	absolut	in %
unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	140 659	38,8
25 bis unter $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	154 930	42,8
$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mehr	66 589	18,4
insgesamt	362 178	100,0



Schadstoffkonzentrationen und -depositionen in der Raumplanung

N - Depositionen

Kilogramm pro Hektar und Jahr

- unter 10 Kilogramm
- 10 bis unter 20 Kilogramm
- 20 bis unter 30 Kilogramm
- 30 bis unter 40 Kilogramm
- 40 bis unter 50 Kilogramm
- 50 Kilogramm oder mehr



ETH Zürich, ORL - Institut, L. Herzig

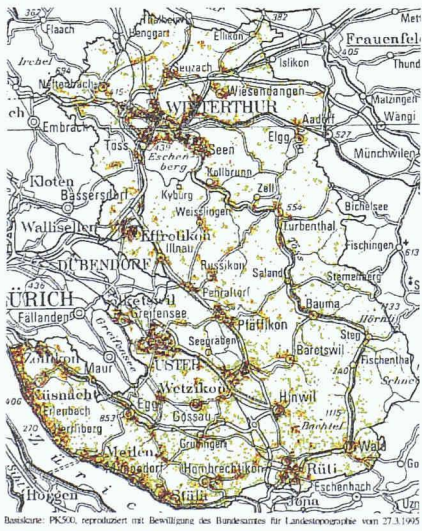
6

Künftige räumliche Entwicklungsszenarien

Angesichts der gegenwärtigen Umweltbelastungen besteht ein beträchtlicher Handlungs- und Koordinationsbedarf. Aus Sicht der Raumplanung wird er durch die quantitative Beurteilung räumlicher Entwicklungsszenarien hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Schadstoffemissionen konkretisiert. Die zu vergleichenden Szenarien wurden vom Amt für Raumplanung des Kantons Zürich erarbeitet [3]. Das Hauptaugenmerk bei der Formulierung der Szenarien lag auf der künftigen Verteilung der Einwohner und Beschäftigten auf die beiden Städte Zürich und Winterthur, das Umfeld von gut bedienten S-Bahn-Stationen bzw. die Gemeinden ohne S-Bahn-Anschluss.

Ausgangspunkt für die Szenarien ist jeweils der Ist-Zustand 1990 mit seiner Einwohner- und Beschäftigtenverteilung. Gemäss Volkszählung 1990 beträgt die Einwohnerzahl des Kantons Zürich 1 179 044. Die Betriebszählung 1991 weist für den Kanton Zürich (Vollzeit-) Beschäftigte (ohne Beschäftigte des primären Sektors) in der Höhe von 557 728 Personen aus. Die Szenarien beruhen auf Prognosedaten über die Entwicklung der Arbeitsplätze in den Raumplanungsregionen des Kantons Zürich [4] sowie auf der kantonalen Bevölkerungsprognose [5]. Der Zuwachs der Einwohnerzahlen im Zeitraum 1990 bis 2010 wurde auf 2,3% geschätzt, die Beschäftigtenzahlen verzeichnen voraussichtlich eine Zunahme von 6,9%.

Da die Prognosen auf regionaler Ebene erarbeitet wurden, lieferten sie wichtige Hinweise für die trendgemässe regionale Verteilung: Während in den Städten und in den S-Bahn-Gemeinden die Einwohnerzahlen stagnieren und die Beschäftigtenzahlen nur leicht zunehmen, verzeichnen die Gemeinden ohne S-Bahn-Anschluss einen deutlichen Einwohner- und Beschäftigtenzuwachs (Trendszenario). Für die übrigen Szenarien wurden vom Trend abweichende Annahmen über die künftige räumliche Verteilung der Einwohner und Beschäftigten getroffen. Im folgenden werden neben dem Trend-



Schadstoffkonzentrationen und -depositionen in der Raumplanung

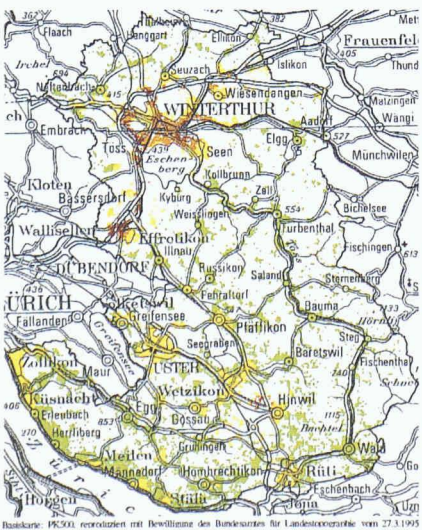
Einwohner pro ha

- unter 10 Einwohner
- 10 bis unter 20 Einwohner
- 20 bis unter 30 Einwohner
- 30 bis unter 40 Einwohner
- 40 bis unter 60 Einwohner
- 60 bis unter 80 Einwohner
- 80 Einwohner oder mehr



ETH Zürich, ORL - Institut, L. Herzig

8



Schadstoffkonzentrationen und -depositionen in der Raumplanung

Von NO₂ - Konzentrationen betroffene Einwohner

- unter dem Grenzwert
- in der Höhe des Grenzwertes
- bis unter 50 % über dem Grenzwert
- 50 % oder mehr über dem Grenzwert

Grenzwert LRV:
30 Mikrogramm pro Kubikmeter



ETH Zürich, ORL - Institut, L. Herzig

9

6
N-Depositionen im Untersuchungsgebiet

8
Einwohner im Untersuchungsgebiet

9
Von NO₂-Konzentrationen betroffene Einwohner im Untersuchungsgebiet

11
 Naturnahe Ökosysteme im Untersuchungsgebiet

12
 Überschreitung der Empfindlichkeit der naturnahen Ökosysteme (gemessen an Critical Loads) durch Stickstoffdepositionen im Untersuchungsgebiet

szenario sowohl das durchaus realistische Szenario «S-Bahn-Zentren» als auch die beiden Extremszenarien «Zurück zur Stadt» und «Disperse Verteilung» untersucht.

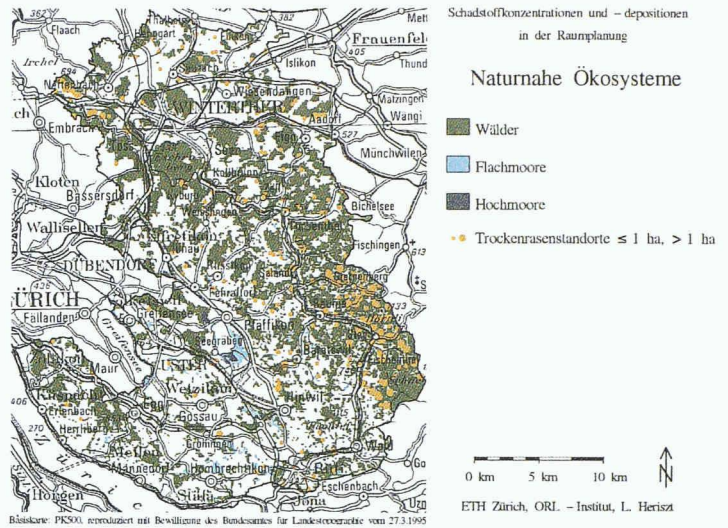
Das Szenario «Neue S-Bahn-Zentren im Umland» (kurz: «S-Bahn-Zentren») weist auf eine deutliche Einwohner- und Beschäftigtenzunahme im Umfeld der S-Bahn-Stationen hin, während die Entwicklung in den Städten und in den Gemeinden ohne S-Bahn-Anschluss stagniert. Hinsichtlich der Entwicklungsdynamik im Umland entspricht dieses Szenario einer verstärkten Trendentwicklung, die Allokation auf die S-Bahn-Gemeinden stellt hingegen eine klare Trendwende dar. Das Szenario «Zurück zur Stadt» geht von einer möglichst starken Konzentration der zusätzlichen Einwohner und Beschäftigten in den bestehenden Siedlungsgebieten aus, insbesondere in den Städten Zürich und Winterthur, und veranschaulicht daher eine massive Trendumkehr. Das Szenario «Disperses Arbeiten und Wohnen im Umland» (kurz: «Disperse Verteilung») vertritt die Idee, den Grossteil der zusätzlichen Einwohner und Beschäftigten im Umland, hauptsächlich in den Gemeinden ohne S-Bahn-Anschluss, anzuordnen; dieses Szenario überzeichnet die Trendentwicklung.

Im Zuge der Beurteilung interessiert die mit den Szenarien einhergehende, unterschiedliche Verkehrsentwicklung, insbesondere jene des PW-Verkehrs, bzw. die Höhe der damit verbundenen Stickoxidemissionen. Aus diesem Grund erweist sich die Abbildung des derzeitigen und künftigen Verkehrsgeschehens als notwendig; hierfür kommt ein aggregiertes Direkt-Nachfrage-Verkehrsmodell zur

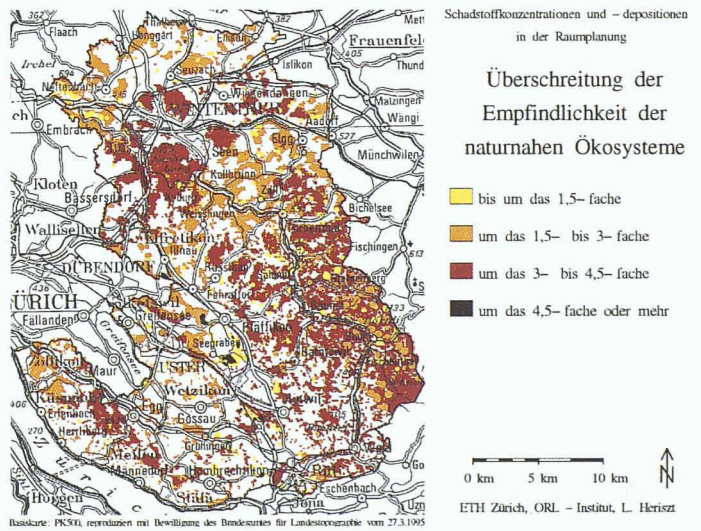
Anwendung. Berücksichtigung findet ausschliesslich der Verkehr als Linienquelle (Linkverkehr).

Die Modellierung basiert auf der Beschreibung der Verkehrsnachfrage in Form einer Wunschlinienmatrix, die alle PW-Fahrtenströme zwischen verschiedenen Quell- und Zielorten beinhaltet, sowie auf der Umlegung dieser Wunschlinien auf ein vorgängig definiertes Verkehrsnetz nach

dem Bestweg-Kriterium (definiert als Kombination aus Zeit und Distanz im Verhältnis 2:1). Nach der Kalibration des Modells an Hand gezählter Querschnittsbelastungen (durchschnittliche Abweichung 0,5%) werden unter Heranziehung geschwindigkeitsabhängiger Emissionsfaktoren die Stickoxidemissionen ermittelt. Daraus resultieren für das Jahr 1990 Emissionen für den PW-Linkverkehr im



11



12

	Deposition kgN/ha-a	Critical Loads kgN/ha-a	Überschreitung
Wälder	53,4	17,5	3,1-fach
Hochmoore	35,5	7,0	5,1-fach
Flachmoore	26,3	25,0	1,1-fach
Trockenrasen	28,4	19,0	1,5-fach

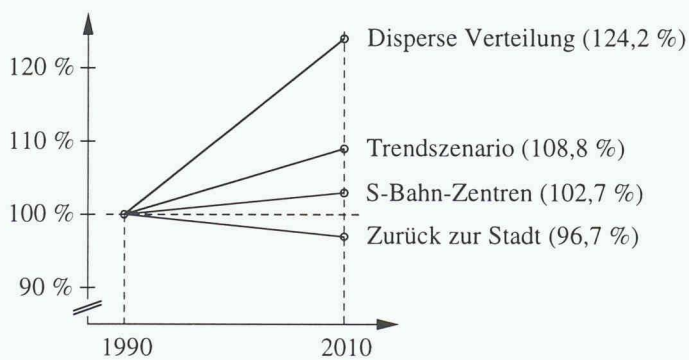
13
 Überschreitung der Empfindlichkeit der naturnahen Ökosysteme (gemessen an Critical Loads) durch Stickstoffdepositionen im Untersuchungsgebiet

Untersuchungsgebiet in der Höhe von 2584 t NO_x.

Die Beurteilung der Szenarien basiert auf einer Modifikation der Verkehrsnachfrage in Abhängigkeit von der unterschiedlichen räumlichen Allokation des Einwohner- und Beschäftigtenzuwachses und soll in zwei Varianten erläutert werden: Die erste Variante («unter Beibehaltung des Modal-split») verzichtet auf eine Berücksichtigung von Sekundäreffekten, d.h. von Effekten, die mit der unterschiedlichen Siedlungsentwicklung einhergehen. Damit wird insbesondere auf eine Veränderung des Modal-split verzichtet, d.h. auf eine Veränderung der Anteile von Individualverkehr (IV) und öffent-

lichem Verkehr (öV) an den Personenfahrten insgesamt. Unter diesen Rahmenbedingungen sind die Unterschiede zwischen den Szenarien als relativ gering zu erachten (2,6%-Punkte): Die Einwohner- und Beschäftigtenentwicklung im Zeitraum 1990 bis 2010 lässt eine Erhöhung der Schadstoffemissionen auf 2740 t bis 2805 t jährlich (+6,0% bis +8,6%) erwarten (14).

Die zweite Variante («mit Veränderung des Modal-split») zieht eine Veränderung des Modal-split in Betracht: Der Anteil des PW-Verkehrs an allen Personenfahrten im Kanton Zürich beträgt im Ist-Zustand 48,4% [6]. Für das Szenario «Zurück zur Stadt» wird ein Rückgang auf



15

15
Veränderung der Stickoxidemissionen gegenüber dem Ist-Zustand 1990 in Prozent bei unterschiedlichen räumlichen Entwicklungsszenarien (mit Veränderung des Modal-split)

14
Stickoxidemissionen im Jahr 2010 und Veränderung gegenüber dem Ist-Zustand 1990 (NO_x-Emissionen: 2584 t/a) bei unterschiedlichen räumlichen Entwicklungsszenarien

14

	NO _x -Emissionen (in t/a)		Veränderung gegenüber 1990 (in %)	
	unter Beibehaltung des Modal-split	mit Veränderung des Modal-split	unter Beibehaltung des Modal-split	mit Veränderung des Modal-split
Trendszenario	2760	2812	+6,8	+8,8
S-Bahn-Zentren	2752	2653	+6,5	+2,7
Zurück zur Stadt	2740	2499	+6,0	-3,3
Disperse Verteilung	2805	3210	+8,6	+24,2

Datengrundlagen:

- Arealstatistik 1979/85 (Datenbank Geostat, BFS)
- Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung (Datenbank Geostat, BFS)
- Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (Datenbank Geostat, BFS)
- Digitalisiertes Strassennetz (BFS)
- Eidgenössische Landwirtschaftszählung 1990 (BFS)
- Eidgenössische Mini-Betriebszählung 1991 (BFS)
- Eidgenössische Volkszählungen 1970-1990 (BFS)
- Einwohner pro Hektar (Datenbank Geostat, BFS)
- Ergebnisse des Verkehrs- und Emissionsmodells für den Kanton Zürich (INFRAS)
- Ergebnisse von Messungen der NO₂-Konzentrationen (ATAL, Gesundheitsamt der Stadt Winterthur)
- Ergebnisse von Windmessungen (SMA, LAPETH)
- Gebäudedatenbank der Stadt Winterthur (Gesundheitsamt der Stadt Winterthur)
- Gebäudekataster des Kantons Zürich (ATAL)
- Geländehöhe (Datenbank Geostat, BFS)
- Gesamtdatenbank Naturkundliche Daten des Kantons Zürich (ARP)
- Inventar der Flachmoore von nationaler und regionaler Bedeutung (Landschaftsdatenbank, WSL)
- Kantonsforstinventar (OFA)
- Vereinfachtes Strassennetz (GVF)
- Wunschlinien für den Kanton Zürich (GVF)

- ATAL: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich
- ARP: Amt für Raumplanung des Kantons Zürich
- BFS: Bundesamt für Statistik
- GVF: Dienst für Gesamtverkehrsfragen (EVED)
- INFRAS: Ingenieurbüro für Infrastruktur- und Entwicklungsplanung, Umwelt- und Wirtschaftsfragen
- LAPETH: Laboratorium für Atmosphärenphysik (ETH Zürich)
- OFA: Oberforstamt des Kantons Zürich
- SMA: Schweizerische Meteorologische Anstalt
- WSL: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

40%, für das Szenario «S-Bahn-Zentren» eine Abnahme auf 45% unterstellt; hingegen wird von einer Zunahme auf 50% für das Trendszenario und auf 60% für das Szenario «Disperse Verteilung» ausgegangen. (Zum Vergleich: Im Ist-Zustand liegt der PW-Anteil in den Städten Zürich und Winterthur bei 34% und 42%; in den kleinen Gemeinden (unter 2500 Einwohner) beträgt der PW-Anteil 63% [6].) Wird darüber hinaus auch der Verschiedenheit des Angebotes an öffentlichen Verkehrsmitteln und der daraus resultierenden unterschiedlichen Bereitschaft zu deren Benützung in den einzelnen Gemeinden Rechnung getragen, werden für das Jahr 2010 jährliche Emissionen von 2499 t bis 3210 t prognostiziert. Gegenüber dem Ist-Zustand von 1990 bedeutet dies eine leichte Abnahme für das Szenario «Zurück zur Stadt» (-3,3%) sowie Zunahmen für das Szenario «S-Bahn-Zentren» (+2,7%), das Trendszenario (+8,8%) und das Szenario «Disperse Verteilung» (+24,2%) (14,15).

Schlussfolgerungen

Die Beurteilung der bestehenden räumlichen Strukturen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Luftqualität zeigt, dass gegenwärtig die Umweltqualitätsziele häufig nicht eingehalten werden. Dies trifft sowohl auf den Grenzwert der Luftreinhalte-Verordnung für NO₂-Konzentrationen als auch besonders auf die Critical Loads für N-Depositionen zu.

Die zur Erhöhung der Umweltqualität dringend notwendige, längerfristige Trendwende, d.h. die Abkopplung der Schadstoffemissionen von der räumlichen Entwicklungsdynamik, kann lediglich bei

einer Konzentration der künftigen Siedlungsentwicklung auf die grossen Städte bzw. in geringerer Masse bei einer Steuerung der Entwicklung auf das Umfeld von S-Bahn-Stationen erwartet werden. Ein wesentlicher Beitrag hierzu wird durch die Veränderung des Modal-split zugunsten des öffentlichen Verkehrs geleistet. Raumordnungspolitische Entscheide müssen deshalb künftig verstärkt auf eine koordinierte Siedlungs- und Verkehrsentwicklung ausgerichtet werden.

Mit der räumlich differenzierten Quantifizierung der Wirkungen bestehender und künftiger räumlicher Strukturen auf die Luftqualität wird eine Methode zur verstärkten Integration ökologischer Grundlagen in den planerischen Abwägungsprozess vorgestellt. Basierend auf einem interdisziplinären Ansatz, der den Erkenntnissen aus einer Vielzahl von Fachgebieten Rechnung trägt, sowie auf dem konsequenten Einsatz verschiedener EDV-Instrumente (geographisches Informationssystem, Ausbreitungsmodell für Luftschadstoffe, Verkehrsmodell) werden unerlässliche Grundlagen für die Berücksichtigung der Umweltqualität bei raumplanerischen Entscheiden erarbeitet.

Eine stärkere ökologische Orientierung der Raumplanung kann aber nur zur Geltung kommen, wenn auch im politischen Raum Veränderungen der Denkweisen sowie des Problembewusstseins eintreten und tatsächlich die räumlichen Rahmenbedingungen für eine umweltverträgliche Entwicklung geschaffen werden.

Adresse der Verfasserin:

Lore Abart-Herisz, Dr.sc.techn., Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Landhausgasse 7, A-8010 Graz

Literatur

[1]

Abart-Herisz, L.: Wirkungsorientierte ökologische Planung. Stellenwert von Schadstoffkonzentrationen und -depositionen in der Raumplanung (Dissertation ETH Zürich). Berichte zur Orts-, Regional- und Landesplanung, Nr. 96, 1995.

[2]

Buwal: Critical loads of acidity for forest soils and alpine lakes. Steady state mass balance method. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1994.

[3]

ARP: Szenarien der räumlichen Entwicklung im Kanton Zürich. Unveröffentlichter Bericht. Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, 1991.

[4]

SGZZ: Arbeitsplätze in den Raumplanungsregionen des Kantons Zürich. Interner Arbeitsbericht. St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung, 1990.

[5]

ARP: Bevölkerungsprognose 1990-2010. Raumplanung im Kanton Zürich, Heft 16. Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, 1986.

[6]

Bosshard, F.: Verkehrsverhalten im Kanton Zürich 1989. Statistische Berichte des Kantons Zürich. 41. Jahrgang, Heft 4. S. 18-37, 1991.