Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 29 (1972)

Heft: 3

Artikel: ORL-Mod-1 : Modell der Allokation von Aktivitäten in einer Region

Autor: Strádal, O. / Sorgo, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-782453

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: 24.12.2025

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

Prof. Dr. Sc. O. Strádal, K. Sorgo, Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung, ETH Zürich

ORL-MOD-1

Modell der Allokation von Aktivitäten in einer Region

1. Einführung

Von den Modellen der Raumplanung sind die Transportmodelle am weitesten entwickelt. Die Regionalforscher und -planer sind sich aber bewusst, dass die Transportmodelle ohne die Modelle der Regional- und Stadtentwicklung nicht wirkungsvoll sind. Deshalb wurde und wird die Forschung und Implementierung von Modellen der regionalen Entwicklung forciert und unterstützt.

Bei der Anwendung von Modellen im Prozess der Regionalplanung kann man drei Stufen definieren:

— *Gesamtmodelle des regionalen Wachstums*
Die Region wird als Einheit oder unterteilt in wenige Zonen mit wenigen Variablen, aber dynamisch, ähnlich den Wirtschaftsmakromodellen, betrachtet.

— *Gesamtmodelle der regionalen Allokation*
Die Entwicklung wird in einzelnen Zonen der Region (Subregionen) betrachtet. Diese Modelle sind meistens statisch (Querschnittmodelle) konstruiert.

— *Sektorale, einzweckige Modelle*
Zum Beispiel Transportmodelle, Standortmodelle für Geschäfts- und Kulturzentren usw.

Das Modell ORL-MOD-1 [8] ist ein Modell der zweiten Stufe. Es bekommt seine Inputs aus der ersten und durch Rückkopplungen aus der dritten Stufe. Seine Outputs können als Basis für die dritte Modellstufe benützt werden. Da noch keine Gesamtmodelle des regionalen Wachstums vorhanden sind, benützt ORL-MOD-1 einfachere Gesamtprognosen.

Das Modell ORL-MOD-1 arbeitet

— als statisches Modell (Querschnittmodell);
— mit einer Unterteilung der Region in interne und Umweltzonen (Computerprogramme sind verfügbar für insgesamt 55 und 110 Zonen);
— mit vier Variablen in jeder Zone: Bevölkerung, Derivativbeschäftigte (die der Bevölkerung unmittelbar Dienste leisten), Originärbeschäftigte (übrige Beschäftigte), Beschäftigte total;
— mit der Verteilung der Aktivitätsmengen (Variablenwerte) auf Grund der Erreichbarkeitsgesetze.

Es geht davon aus, dass ein Vektor der Variablenwerte, zum Beispiel Beschäftigte (Arbeitsplätze) oder Einwohner (Wohnplätze), als Input exogen eingegeben wird. Dann rechnet es die Werte der übrigen Variablen in allen Zonen aus. So kann man die Ergebnisse der Industrieprognose mit denen der Bevölkerungsprognose, die Outputwerte einer Zone mit einer zonenspezifischen Wachstumsprognose konfrontieren, usw. Kurze Computerzeiten ermöglichen rasche Aenderungen der Eingaben, so dass Sensitivitätsanlaysen bezüglich der Aenderung von Parameterwerten und Bewertungen verschiedener Inputalternativen durchgeführt werden können. Die Grundlagen des Modells sind beschrieben in *Lowrys* «Model of Metropolis» [1], in Arbeiten von *Garin* [2], *Popp-Stradal* [3] und *Lang-Stradal* [4].

Die sachlichen Probleme, zu deren Lösung ORL-MOD-1 beiträgt, werden deutlich, wenn man feststellt, dass mit Hilfe des Modells

— zu der räumlichen Prognose einer Aktivität des Menschen (Wohnen, Arbeiten, Konsumieren), die nach expliziten Kriterien erfolgte, eine entsprechende räumliche Verteilung der anderen Aktivitäten gefunden werden kann;
— die Unterschiede solcher Prognosen für Besiedlung, Industrie usw. gegeneinander und gegenüber der Entwicklung einer einzelnen Zone analysiert werden können;
— die Prognosen von anderen speziellen Tätigkeiten (wie z. B. Verkehr, Schul- und Gesundheitswesen) durch das Bereitstellen von Unterlagen ermöglicht werden;

2. Formulierung des Modells

ORL-MOD-1 besteht aus einem Satz von Submodellen und Berechnungsmethoden:

Methoden zur Aggregierung (Disaggregierung)

— Summierung der Aktivitätsmengen (Wohn-, Arbeitsplätze usw.) von Zonen entsprechend einer gegebenen Gebietseinteilung durch einfache Addition von Vektoren bzw. Matrizen.
— Summierung der Pendler bzw. Besucher zwischen den Zonen unter Auslassung der Pendlerströme bzw. Besucherströme innerhalb der Zone.

Der Algorithmus zur Berechnung der kürzesten Wege

Das Strassen-, Eisenbahn- und Tramnetz wird durch die Koordinaten der Knoten sowie die tatsächlichen Knotendistanzen und mittleren Fahrgeschwindigkeiten beschrieben. Nach dem modifizierten Dantzig-Algorithmus werden mit diesen Daten die kürzesten Wege zwischen den Zonenzentren ausgerechnet.

Das Modell der Anteile des privaten und öffentlichen Verkehrs (Modal-Split-Modell)

Beim ersten Zutritt haben wir ein einfaches Modell benützt, das den Zusammenhang zwischen «modal-split» (Prozentanteil des öffentlichen am gesamten Verkehr) und dem Verhältnis der Reisezeiten von öffentlichem und privatem Verkehr beschreibt.

$$\text{Modal-Split (MS)} = f\,(p_{ij,\,\text{öff.}}/p_{ij,\,\text{priv.}})$$

In den Reisezeiten p_{ij} sind Fahrzeiten plus Terminalzeiten (Weg zum und vom Transportmittel, Parkplatzsuchen) plus Umsteigezeiten enthalten.

Interaktionsmodelle

stellen die Anziehungskraft einer Zone

gegenüber den Wohnplätzen bzw. Arbeitsplätzen in allen Zonen fest, mit anderen Worten die prozentuale Aufteilung der Berufstätigen, die in einer Zone wohnen, auf die Arbeitsplätze aller Zonen oder umgekehrt die Herkunft der Beschäftigten jeder Zone nach Wohnzonen gemessen in Prozenten.
Derzeit scheint die mathematische Formulierung von *Morton Schneider* [5] den zweckmässigsten Ansatz zu bilden, weshalb wir sie unter mehreren Modellen dieser Art auswählten.
Bei Betrachtung der Interaktionen unterscheiden wir folgende Zusammenhänge:

1. Wohnplatz—Arbeitsplatz
2. Wohnplatz—Platz der Dienstleistungen
3. Arbeitsplatz—Platz der Dienstleistungen

Die Aufteilung in Prozente ist für diese Fälle definiert durch:

$$\text{ad 1. } a_{r \cdot ij} = \frac{\exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})}{\sum_i \exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})}$$

$$\text{ad 2. } b_{r \cdot ij} = \frac{\exp(-k_{b \cdot ij} \cdot p_{ij})}{\sum_i \exp(-k_{b \cdot ij} \cdot p_{ij})} \qquad (1a)$$

$$\text{ad 3. } c_{r \cdot ij} = \frac{\exp(-k_{c \cdot ij} \cdot p_{ij})}{\sum_i \exp(-k_{c \cdot ij} \cdot p_{ij})}$$

$a_{r \cdot ij}$ = Prozentanteil aller Beschäftigten der Zone *j*, die in *i* wohnen
$b_{r \cdot ij}$ = Prozentanteil aller Einwohner der Zone *j*, die Dienstleistungen in *i* besuchen
$c_{r \cdot ij}$ = Prozentanteile aller Arbeitsplätze der Zone *j*, die Dienstleistungen in *i* besuchen
p_{ij} = Reisezeit zwischen *i* und *j* = mittlere Reisezeit des privaten und öffentlichen Verkehrs
k_{ij} = Koeffizient des Verhaltens des Menschen auf die Reisezeit bei Erwägung der Attraktivitäten
— des Arbeitsplatzes in *j* (Arbeitsmilieu, Sicherheit des Arbeitsverhältnisses, Angebot anderer Beschäftigungen usw.)
— des Wohnplatzes in *i* (Steuerhöhe, Infrastrukturausrüstung, Schönheit der Zone, Mietzins usw.).

Die Kalibrierung hat gezeigt, dass besonders bei niedrigen p_{ij} die Formeln 1 a keine guten Resultate liefern. Deshalb wurde eine Gewichtung eingeführt (Einwohner E_i, Beschäftigte Z_i), durch die der Einfluss unterschiedlicher Zonengrössen berücksichtigt wird.

$$a_{r \cdot ij} = \frac{E_i \cdot \exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})}{\sum_i E_i \cdot \exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})} \text{ oder}$$

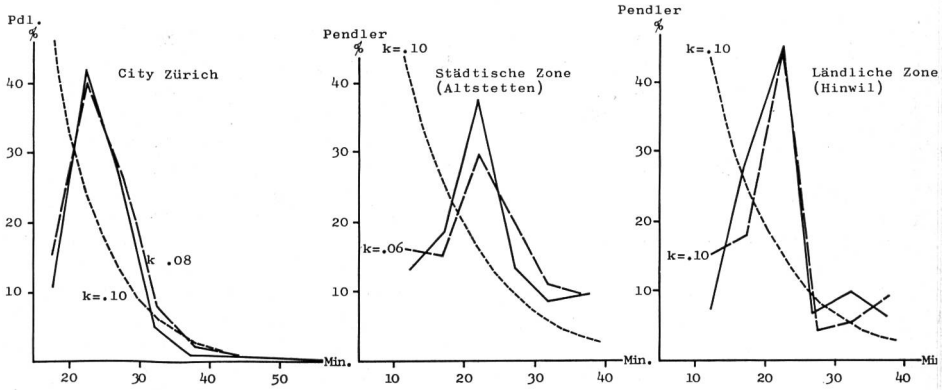
$$\frac{Z_i \cdot \exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})}{\sum_i Z_i \cdot \exp(-k_{a \cdot ij} \cdot p_{ij})} \qquad (1b)$$

Analog lauten die Formeln für $b_{r \cdot ij}$ und $c_{r \cdot ij}$.

In allen Fällen muss gelten.

$$\sum_i a_{r \cdot ij} = \sum_i b_{r \cdot ij} = \sum_j c_{r \cdot ij} = 1 \qquad (2)$$

Abb. 1. Erreichbarkeit von Arbeitsplatzzonen durch Zupendler aus verschiedenen Entfernungen
—— beobachtet
– – – gerechnet, gewichtet
- - - - gerechnet, ungewichtet



Das Verteilungsmodell der Aktivitätsmengen
Wir bezeichnen für die Zonen, $i, j = 1,2, \ldots, n$:

a) die Spaltvektoren
der Einwohner E_i als E
der Beschäftigten Z_j als Z
der Originärbeschäftigten Z_j^o als Z^o
der Derivativbeschäftigten Z_j^D als Z^D
der Derivativbeschäftigten Z_j^{DE}, die Wohnende bedienen als Z^{DE}
die Derivativbeschäftigten Z_i^{DE}, die Beschäftigte bedienen als Z^{DZ}

b) die Matrizen:

$$A_r = (a_{r \cdot ij})_{n,n} \qquad B_r = (b_{r \cdot ij})_{n,n}$$
$$C_r = (c_{r \cdot ij})_{n,n}$$
$$A = (a_{r \cdot ij}\, \alpha_i)_{n,n} \qquad B = (b_{r \cdot ij}\, \beta_j)_{n,n}$$
$$C = (c_{r \cdot ij}\, \gamma_j)_{n,n}$$

wobei gilt:

Erwerbsquote α_i = $\dfrac{\text{Wohnende in } i}{\text{Berufstätige, die in } i \text{ wohnen}}$

Derivativenquote β_j = $\dfrac{\text{Derivativbeschäftigte, die den Einwohnern in } j \text{ dienen}}{\text{Wohnende in } j}$

Derivativenquote γ_j = $\dfrac{\text{Derivativbeschäftigte, die den Beschäftigten in } j \text{ dienen}}{\text{Beschäftigte in } j}$

Das Verteilungsmodell besteht dann aus drei Gleichungen:

$$\begin{aligned} Z &= Z^o + Z^D \\ AZ &= E \\ Z^D &= Z^{DE} + Z^{DZ} = BE + CZ \end{aligned} \qquad (3)$$

Unter der Voraussetzung, dass die Matrizen *A, B, C* berechnet worden sind, können vom Gleichungssatz (3) folgende Aufgaben gelöst werden:

a) Gegeben ist eine «Industrieprognose», das heisst die Grösse des Vektors Z^O.
b) Gegeben ist eine Eiwohnerprognose, das heisst die Grösse des Vektors E
c) Gegeben ist eine Beschäftigtenprognose, das heisst die Grösse des Vektors Z

Gesucht werden jeweils die Werte der unbekannten Vektoren
$Z, Z^O, Z^D, Z^{DE}, Z^{DZ}, E$.

Kapazitätsbeschränkungen im Verteilungsmodell
Kapazitätsbeschränkungen können in das Verteilungsmodell für die Aufgaben «gegeben Z^o» oder «gegeben Z» eingegeben werden. Sie beziehen sich dann auf die Einwohner und/oder Derivativbeschäftigten in bestimmten ausgewählten Zonen. Die Kapazitätsgrenzen sind eine Funktion der zulässigen Wohndichte und der zur Besiedlung verfügbaren Fläche, die ihrerseits abhängig ist von ökologischen und andern Gegebenheiten.

Erreichbarkeitspotential
Das Erreichbarkeitspotential R_i wird definiert als die Zahl der Einwohner, Beschäftigten oder Besucher, die auf Grund des Erreichbarkeitsmodells, siehe Formel 1 a, die Zone *i* erreichen können, wenn man die Konkurrenz der übrigen Zonen ausser acht lässt.

Die durchschnittliche Reisezeit wird für die drei Interaktionsbeziehungen berechnet.

Das Modell zur Berechnung von Kosten, Flächenbedarf usw.
Als Output des Verteilungsmodells erscheinen die Vektoren Z, Z^o, Z^E, E. Mit diesen können jetzt weitere Werte ausgerechnet werden, wie zum Beispiel Fläche, Kosten, Materialverbrauch verschiedener Art. Die Berechnung erfolgt durch eine Matrixmultiplikation der verteilten Aktivitätsmengen mit bestimmten Kennzahlen, zum Beispiel Nettosiedlungsfläche/Einwohner nach Zonen.

Das Modell zur Berechnung und Umlegung der Verkehrsaufkommen
Das Verteilungsmodell 3 berechnet die Verteilung der Aktivitäten (Wohnen, Arbeiten usw.) auf die Zonen. Daraus können die Verkehrsaufkommen innerhalb und zwischen den Zonen ermittelt werden.
Mittels des Verteilungsmodells werden die Zahlen der Personen, die zu bestimmten Zwecken reisen, ausgerechnet, die dann, mit dem spezifischen Verkehrspotential q multipliziert, die Verkehrserzeugung (trip generation) ergeben.
Im ORL-MOD-1 geschieht die Ausrechnung der Verkehrsaufkommen nur auf Verbindungen zwischen Zonenzentren, was selbstverständlich nicht verhindert, später die Umlegung auf mehrere Strecken eines Verkehrsnetzes vorzunehmen.

3. Kalibrierung und Prüfung
Die Kalibrierung und Prüfung wurde mit den Daten der Region «Stadt Zürich und Umgebung» für das Jahr 1960 unternommen. Spätere Datensätze waren nicht vollständig. Die Region Zürich und Umgebung wurde in 23 Zonen unterteilt, die Umwelt dieses Systems durch 31 Zonen repräsentiert.
Die Kalibrierung beschränkte sich auf folgende vier Variablen: Einwohner (Wohnplätze), Originärbeschäftigte (originäre Arbeitsplätze), Derivativbeschäftigte (derivative Arbeitsplätze), Beschäftigte im Total (Arbeitsplätze im Total). Auf eine Trennung der Derivativbeschäftigten nach ihrer Abhängigkeit von Einwohnern und Arbeitsplätzen wurde mangels verfügbarer Daten verzichtet.
Kalibrierung und Prüfung des Modells haben kurz zusammengefasst folgenden Zweck:
— die Eignung der Submodelle und des gesamten Modells zu beweisen;
— die Verfügbarkeit der Daten und die Methodik ihrer Erhebung für das Modell festzustellen;
— die geeigneten relevanten Einflussgrössen (Parameter) zu finden.

Prüfung und Kalibrierung konzentrierten sich auf das Modal-Split-Modell, die Erreichbarkeitsmodelle und auf das gesamte Modell. Hier sind einige Ergebnisse erläutert.

Modal-Split-Modell
Für die Kalibrierung wurde unter Verwendung der von uns geschätzten Terminalzeiten eine Studie durchgeführt [6].

Erreichbarkeitsmodelle
a) Beziehungen Arbeitsplatz—Wohnplatz:
Als Unterlage dienten uns die Pendlerströme, die in der Statistik von 1960 enthalten sind. Wir haben als Repräsentanten für die Untersuchung:
Zürich City (Zone 1 und 5 des Systems)
städtische Zone (Altstetten = Zone 6 des Systems)
ländliche Zone (Hinwil = Zone 26 des Systems) genommen.
Die Ergebnisse sind in *Abbildung 1* dargestellt.
b) Beziehungen Verkaufsstelle—Wohnplatz:
Als Unterlage dienten die Kundenzählungen in kleinen Geschäften, einem Supermarkt und einem grossen Warenhaus *(Abb. 2, 3)*.

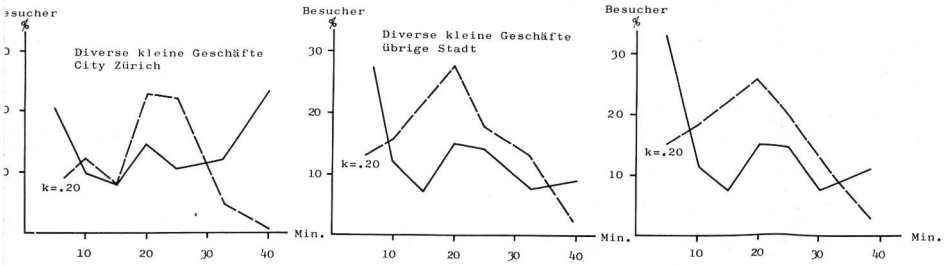


Abb. 2. Erreichbarkeit kleiner Geschäfte durch Besucher aus verschiedenen Entfernungen
—— beobachtet
– – – gerechnet, gewichtet

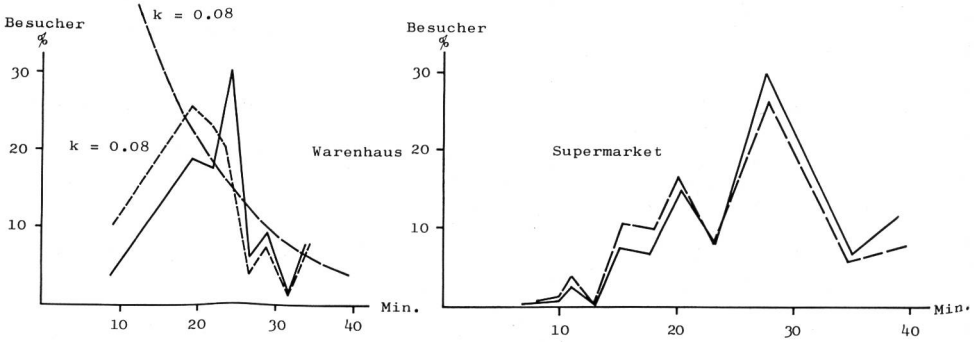


Abb. 3. Erreichbarkeit eines Warenhauses/Supermarktes durch Besucher aus verschiedenen Entfernungen
—— beobachtet
– – – gerechnet, gewichtet
- - - - gerechnet, ungewichtet

Die Untersuchungen haben durch die relativ guten Ergebnisse die Benützung der Formel 1 b gerechtfertigt. Ausserdem war es möglich, auch die geeigneten Werte des Parameters k festzustellen.

Das gesamte Modell
Bei den Modelltests wurde der Vektor k_a variiert und die Resultate jeder Alternative mit den 1960 beobachteten Einwohnerdaten verglichen:
Kalibrierung und Prüfung zeigten gute Ergebnisse, so dass man das Modell ORL-MOD-1 als einen möglichen Zutritt zur Prognose der Allokation von Aktivitäten in einer Region betrachten kann. Das Modell soll im ORL-Institut weiterentwickelt werden. Unabhängig von diesem Forschungsprogramm ist das Modell in seinem derzeitigen Zustand in der Lage, praktische Planungsprobleme, die seiner Konzeption entsprechen, zu lösen.

Literaturverzeichnis

[1] *Lowry, Ira S.*, A Model of Metropolis, The Rand Corporation, Santa Monica, Calif. 1964.
[2] *Garin, Robert A.*, A Matrix Formulation of the Lowry Model Intrametropolitan Activity Allocation, AIP Journal, 1966.
[3] *Stradal, O., Popp, W.*, Das Garin-Lowry-Modell als simultane Betrachtungsweise bei der Städteplanung, Institut für Städtebau und Raumplanung, Stuttgart, 1970.
[4] *Lang, J., Stradal, O.*, Entwicklung des Planungsinstrumentes ORL-MOD-1. Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung an der ETH Zürich, 1970.
[5] *Schneider, M.*, Gravitation Models and Trip Distribution Theory, Papers and Proceedings, Reg. Sc. Association 1959.
[6] *Glaser, M.*, Modal-Split-Untersuchung mit Daten des Jahres 1965 aus der Region Basel, Dezember 1970.
[7] *Hidber, C., Barbe, H. B., Jud, E. H.*, Verkehrsteilung/modal split/in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern, SVI Zürich, 1970.
[8] *Strádal, O., Sorgo, K.*, ORL-MOD-1, Ein Modell zur regionalen Allokation von Aktivitäten, Bericht 1, Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung an der ETH Zürich, 1971.