

Modellierung von Erreichbarkeiten im Öffentlichen Verkehr mittels GIS Gesamtlösung zur Bewertung und Analyse der Angebotsqualität im Öffentlichen Verkehr

Gerhard PLATZER und Gernot GMEINHART

(Integrierte Planung und Entwicklung regionaler Transport- und Versorgungssysteme G. m. b. H.
Kaiserstraße 45, 1070 Wien, office@ipe.co.at

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Erreichbarkeit ist eine wesentliche Bestimmungsgröße regionaler Entwicklungen. Für den Bereich des *öffentlichen Verkehrs* gab es bislang keine computergestützten Analyseverfahren zur Beschreibung der Erreichbarkeit. Im vorliegenden Beitrag wird das Erreichbarkeitsmodell EMÖV der Firma IPE beschrieben, welches nach der Definition beliebiger Fahrtziele und –parameter verschiedene Erreichbarkeitsindikatoren ermitteln und kartographisch darstellen kann.

2 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Erreichbarkeitsverhältnisse im Verkehr stellen eine wichtige Voraussetzung für die wirtschaftliche, soziale und kulturelle Entwicklung von Regionen dar. Sie sind für wesentliche regionale Prozesse wie die wirtschaftliche Investitionstätigkeit, Ab- und Zuwanderung entscheidend mitverantwortlich. Eine gute Erreichbarkeit ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Teilhabe einer Region an der wirtschaftlichen Prosperität der Zentren und die Wahrnehmung potenzieller Entwicklungsmöglichkeiten der Regionen. Andererseits sichert eine gute Erreichbarkeit auch die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Betriebsstandorten.

Die Erreichbarkeitsverhältnisse im *Öffentlichen Verkehr* konnten bislang nur aus verschiedenen Teilmodellen, die aus unterschiedlichsten heterogenen Datenbeständen (teilweise in Papierform) und mittels verschiedenen Softwareprogrammen „zusammengestückt“ erfaßt werden. Eine **einheitliche und integrierte Datenbanklösung mit einer räumlicher Schnittstelle** (GIS) fehlte.

Mit dem Erreichbarkeitsmodell für den Öffentlichen Verkehr (EMÖV) liegt nun eine solche Softwarelösung vor, mit der das Angebot im Öffentlichen Verkehr für verschiedene Anwendungen privater und öffentlicher Entscheidungsträger ausgewertet und übersichtlich dargestellt werden kann. Das EMÖV enthält umfangreiche Werkzeuge zur Ableitung und Beurteilung von Maßnahmen im Verkehrsbereich.

Die wesentlichsten **Zielsetzungen** bei der Konzeption des Erreichbarkeitsmodelles waren:

- die Beurteilung von **Bevorzungen und Benachteiligungen** einzelner Regionen bzw. Zentren in der Erreichbarkeit im Öffentlichen Verkehr,
- die Darstellung der **Versorgung der Wohnbevölkerung** mit zentralen Einrichtungen und Arbeitsplätzen,
- die detaillierte Ermittlung der **Erreichbarkeitsverhältnisse** im Öffentlichen Verkehr,
- die Schaffung einer umfassenden österreichweiten **Fahrplandatenbank** für den öffentlichen Verkehr für unterschiedliche Analyse Zwecke
- die Beschreibung der von **Erreichbarkeitsentwicklungen** anhand des Vergleiches mit den Ergebnissen der Erreichbarkeitsstudie 1984.

3 PRINZIP UND EINSATZMÖGLICHKEITEN DES MODELLS

3.1 Modellprinzip

Das EMÖV basiert auf einem integrativen GIS, bestehend aus einer umfassenden Datenbank (ORACLE) in Verknüpfung mit einer CAD-Software und der IPE entwickelten und implementierten Analysetools (siehe Abbildung 1).

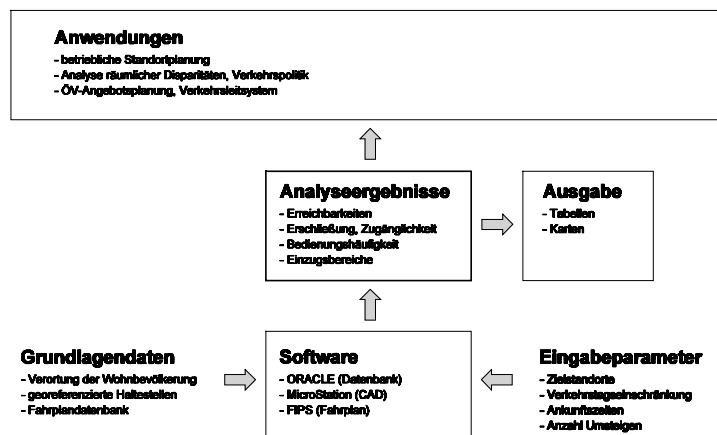


Abb.1: Aufbau des Erreichbarkeitsmodells Öffentlicher Verkehr (EMÖV)

Das Modell ist in seinem Aufbau so konzipiert, daß es als Grundlage für sämtliche Planungen aktualisiert und zu Vergleichszwecken sowie zu Planungssimulationen herangezogen werden kann.

3.2 Einsatzmöglichkeiten

3.2.1 Analyse von Standorten

Der Betrieb des Verkehrsmodells im Rahmen von GIS erlaubt es auch, beliebige Standorte in die Berechnungen neu einzuführen und deren Erreichbarkeit und Einzugsbereich zu errechnen. Eine solche Funktion ist insbesondere bei der Beurteilung von Betriebsstandorten und Kaufkraftpotentialen äußerst hilfreich. Standortsituierung, Konkurrenzsituation und Marktpotential können im Zusammenspiel mit sozioökonomischen Datenstrukturen analysiert und bewertet werden. Mit Hilfe der Erreichbarkeiten sowohl im Individualverkehr als auch im öffentlichen Verkehr können Zugänglichkeiten berechnet und Marktchancen abgeschätzt werden.

3.2.2 Analyse der Versorgungsqualität im Öffentlichen Verkehr

Für die Gebietskörperschaften ist es mit Hilfe der modellspezifischen Instrumentarien möglich,

- Zielsetzungen über die regionalpolitisch erforderlichen Bedienungs- und Qualitätsstandards zu definieren;
- Zielsetzungen zu überprüfen (z.B.: gewünschte Bedienungs- und Qualitätsstandards; Parallelverkehre, Wirtschaftlichkeit, Ztc.);
- zielspezifische Mängel in der Verkehrsbedienung zu orten;
- konkrete Maßnahmen (z.B.: Fahrplanänderungen) zur Behebung dieser Mängel anzugeben;
- Verkehrsleitsysteme einzurichten,
- die Wirtschaftlichkeit des vorhandenen Verkehrsangebotes zu überprüfen (Optimierung von Verkehrsleistungen);
- die verkehrswirtschaftliche und organisatorische Optimierung von Leistungsbestellungen zu überprüfen;
- Auswirkungen unterschiedlicher Tarifmodelle auf die Verkehrsunternehmen (Betreiber), die Fahrgäste (Nutzer) und die Gebietskörperschaften (Besteller) zu berechnen (Verkehrsverbundregelungen).

3.2.3 Gestaltung von Verkehrsbedienungen

Die wirtschaftlich optimale Gestaltung von Verkehrsbedienungen stellt für Verkehrsunternehmen und mitfinanzierende vor immer komplexere Herausforderungen.

Mit dem beliebigen Einfügen von koordinatenmäßig definierten Zielpunkten und den Möglichkeiten der Erreichbarkeitsrechnung lassen sich insgesamt unter Berücksichtigung der detaillierten Verkehrsnachfrage die derzeitigen Verkehrsangebote evaluieren. Fragen der Angebotsform, der Intervalle, der Linienführung und des Tarifs sind maßgebende Aufgabenbereiche.

Mit Hilfe der Georeferenzierung von bestehenden und künftigen Haltestellen können zusammen mit Angebotsdaten Einzugsbereiche und Zugänglichkeiten verschiedenster Alternativmaßnahmen bewertet werden.

4 DATENGRUNDLAGEN

Datenbank	Beschreibung	Anwendung
Verortung der Wohnbevölkerung	Alle Ortschaften aus ÖK 50 digitalisiert, Attribut Wohnbevölkerung aus VZ 1991	GIS, Visualisierung Siedlungsstrukturen, Erschließung, Erreichbarkeit
Georeferenzierte Haltestellen	Alle Bahn- und Bushaltestellen der ÖBB, Post, BahnBus und privaten Betreibern	GIS, Visualisierung, Einzugsbereiche, Zieldefinition, räumlicher Bildfahrplan
Fahrplandatenbank	3 Tabellen (alle Linien, Kurse und Abfahrten) – relational verknüpft – auch mit Haltestellen	Erreichbarkeitsmodell, räumlicher Bildfahrplan

Abb. 2: Datengrundlagen für das Erreichbarkeitsmodell

4.1 Georeferenzierung der österreichischen Wohnbevölkerung

Die wichtigste Grundlage für das Erreichbarkeitsmodell ist die lagerichtige Verortung aller Ortschaften von Österreich und die Zuteilung der Wohnbevölkerung laut Volkszählung 1991. Die Verortung ist die Digitalisierung aller Ortschaften aus der ÖK 50 auf Basis des Ortsverzeichnisses 1991 (ÖStat). Jede Ortschaft bzw. Ortschaftsteil ist ein Siedlungskreis mit dem Durchmesser $d=600\text{m}$. Jeder Siedlungskreis hat als Attribut die Anzahl der Wohnbevölkerung (VZ 1991 und 2001), Ortschaftsname, Zählsprengelnummer, PLZ, etc...

Insgesamt umfaßt die Datenbank etwa 46.000 solche Kreise, die nun als Grundlage für die räumliche Analyse des Erreichbarkeitsmodells zur Verfügung stehen. Damit sind auch unterhalb der Ebene der Gemeinden Analysen durchführbar und für einzelne Gemeinden differenzierte Aussagen möglich.

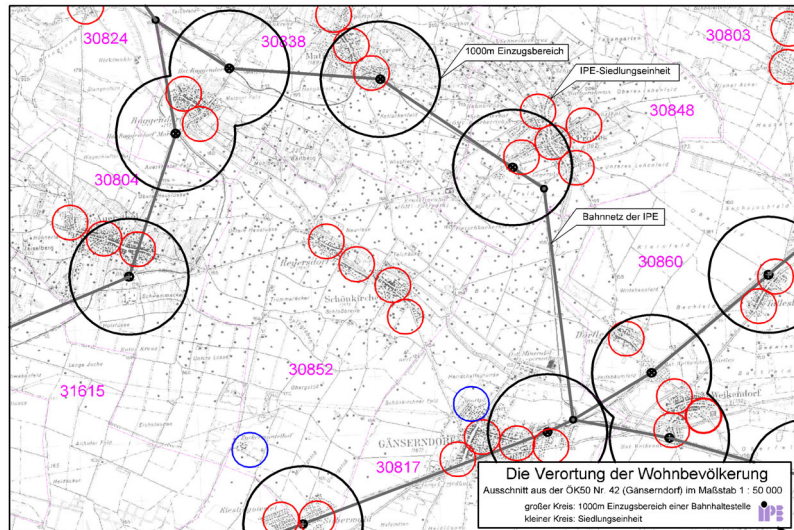


Abb. 3: Die Datengrundlagen des Erreichbarkeitsmodells: Siedlungskreise, Haltestellen, Fahrplandaten

4.2 Geokodierte Haltestellen

Die zweite Grundlage ist die Tabelle aller georeferenzierten Bahn- und Bushaltestellen von Österreich:

- Bahnhöfe und Haltestellen der Bahn (ÖBB und Privatbahnen)
- Haltestellen des BahnBus
- Haltestellen des Post.Bus
- Haltestellen aller privaten Busbetreiber
- Haltestellen der städtischen Betreiber

Die Aktualisierungen (z. B. Verlegungen von Haltestellen) werden von der IPE GmbH (bzw. ihrer Partner) durchgeführt, um stets Ergebnisse am neuesten Stand anbieten zu können. Auch wird die ursprüngliche geographische Lagegenauigkeit (+/- 100m) laufend verbessert und nach und nach auf GPS-Genauigkeit gebracht.

4.3 Fahrplandatenbank (FIPS)

Die Fahrplandatenbank des Erreichbarkeitsmodells EMÖV enthält sämtliche Bahn- und Busfahrpläne von ganz Österreich in digitaler Form. Die Fahrplandaten sind Bestandteil des Fahrplan-informations- und Planungssystems FIPS der IPE GmbH und bilden die dritte wichtige Grundlage für die Berechnung des Erreichbarkeitsmodells EMÖV.

Die Fahrplandatenbank enthält 3 Tabellen, die miteinander relational verknüpft sind:

- Tabelle mit allen Linien (Linienname, Streckenverlauf, Betreiber)
- Tabelle mit allen Kursen (Linien-, Kursname, Saisonierung, Abfahrt, Ankunft)
- Tabelle mit allen Abfahrten (Kursname, Haltestellennummer, Ankunft, Abfahrt)

5 EINGABEPARAMETER FÜR DIE ANALYSE

Um eine optimale Anpassung des Modells an verschiedene Fragestellungen zu ermöglichen, erlaubt das Modell die freie Wahl verschiedene Analyseparameter.

Eingabeparameter	Art der Parameter	Beschreibung
Definition der Ziele bzw. Zielgruppen	Gemeindezentren, Zentrale Orte, Arbeitszentren, Schulen, Banken, Postämter, Filialen von Handelsketten, Bahnhöfe. etc...	um das lagebekannte Ziel werden automatisch alle Haltestellen selektiert und zur → Zielgruppe zusammengefasst
Definition des Zeitfensters	Definition Ankunftsschranke, früheste zumutbare Abfahrtszeit, maximale Fahrzeit	zur Ermittlung der Kurse, die im festgelegten Zeitintervall die Zielhaltestelle erreichen
Definition der Verkehrstageinschränkung bzw. Verkehrstagsgruppe	z. B. Werktags, Schultags, Sonn- und Feiertags	Wahl eines Stichtages (z. B. ein Schultag), automatische Zuordnung des Kurses zu der → Verkehrstagsgruppe
Definition der Anzahl der Umsteigevorgänge	Direkte Verbindungen, Verbindungen mit 1x Umsteigen, mit 2x Umsteigen, etc...	

Abb. 4: Eingabeparameter für das Erreichbarkeitsmodell

6 METHODIK, ABLAUF DER ANALYSE

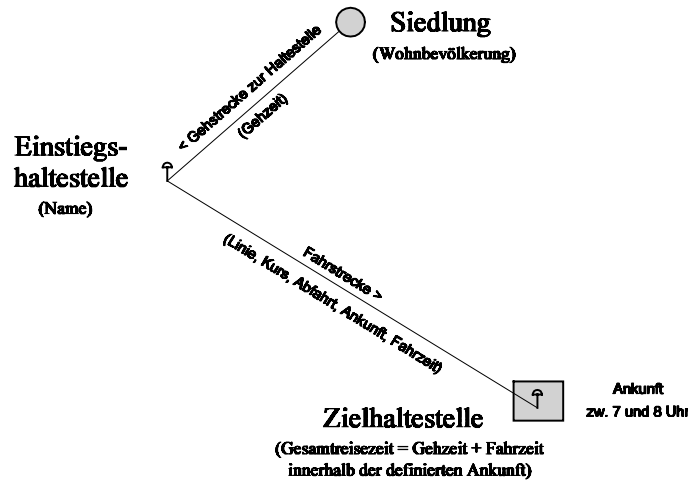


Abb. 5: Methodik zur Berechnung von Erreichbarkeiten

6.1.1 Erste Stufe:

- Verfahren: Das Modell sucht jene Kurse, die die Zielhaltestellen im definierten Zeitintervall erreichen
- Ergebnis: Tabelle aller **Verbindungen** (Liniennummer, Kursname, Abfahrtshaltestelle, Abfahrts-, Ankunftszeit → **Fahrzeit**)
- Darstellung: **Fahrzeitisochrone**

6.1.2 Zweite Stufe:

- Verfahren: Zuordnung der Abfahrtshaltestellen mit Verbindung zum jeweiligen Siedlungskreis (= **Gehzeit**)
- Ergebnis: Tabelle aller **Gesamtreisezeiten** (**Gehzeiten + Fahrzeiten**) aller Siedlungskreise zu den Zielen
- Darstellung: **Erreichbarkeitsgrad**

Das Ergebnis bildet die Grundlage, aus dem die wichtigsten Angebotsparameter zur Bewertung der Angebotsqualität bestimmt werden.

Siedlungs-kreis	Wohn-bevölkerung	Gemeinde	Gehzeit [min]	Einstiegs-haltestelle	Fahrzeit [min]	Ziel	Gesamtfahr-zeit [min]
Summerau (Ortschaftsteil)	144	Rainbach im Mühlkreis	3	Summerau Bf	71	LINZ	74
Hirschbach (Ortschaftsteil)	104	Hirschbach im Mühlkreis	6	Hirschbach Posthaltestelle	75	LINZ	83
Hirschbach (Ortschaftsteil)	50	Hirschbach im Mühlkreis	2	Ederwirt Posthaltestelle	70	LINZ	72

Abb. 6: Auszug aus der Ergebnistabelle

7 MODELLERGEBNISSE

7.1 Ermittlung wichtiger Angebotsparameter und Erreichbarkeits-indikatoren

Das Modell errechnet wichtige Parameter für die Bewertung der Angebotsqualität, die für weitere Analysezwecke dann in Tabellenform ausgegeben oder graphisch dargestellt werden können:

- Haltestellenerreichbarkeit, Gesamtreisezeit
- Erschließungsgrad, Zugänglichkeit der Haltestellen
- Erreichbarkeitsgrad
- Bedienungshäufigkeit
- Einzugsbereiche

7.2 Haltestellenerreichbarkeit

Beispiel: Alle Haltestellen, die zwischen 7 und 8 Uhr eine Verkehrsverbindung nach Linz haben (Bahnhof, Bahnhofsvorplatz).

Die Haltestellenerreichbarkeit ist das Ergebnis der ersten Stufe der Analyse. Die Tabelle aller Verbindungen listet jene Haltestellen auf, die eine Verkehrsverbindung zum nächstgelegenen Ziel haben.

Die ermittelten Haltestellenerreichbarkeiten können mittels „Spinnen“-Darstellungen visualisiert werden, so daß einfach erkennbar wird, von welchen Haltestellen die nächsten Ziele erreicht werden können. Die Darstellungsform ist u. a. nach der Zahl der nötigen Umsteigevorgänge oder nach der Verkehrsmittelwahl differenzierbar.

7.3 Erschließungsgrad, Zugänglichkeit von Haltestellen

Beispiel: Anzahl der Wohnbevölkerung, die innerhalb einer Distanz von 500m um eine Haltestelle zumindest eine Verkehrsverbindung zwischen 7 und 8 Uhr nach Linz nutzen kann.

Um alle Haltestellen, die eine Verbindung zu einem Ziel haben, wird ein Puffer (beliebiger Radius) gelegt und mit der Wohnbevölkerung verschnitten.

Die Ausgabe der Analyse weist in Tabellenform Werte für

- jede Haltestelle und für
- jede Siedlung aus,

woraus auf jede Gemeinde bzw. Bezirk aggregiert werden kann.

7.4 Erreichbarkeiten der Wohnbevölkerung

Beispiel: Anzahl der Wohnbevölkerung, die die Ziele innerhalb von 30 Minuten erreicht.

Innerhalb der jeweiligen Fahrzeitklassen wird die Wohnbevölkerung summiert und auf Gemeinden bzw. Bezirke aggregiert. Das Ergebnis

- in Tabellenform: für jede Gemeinde bzw. Bezirk (Anteil der Wohnbevölkerung)
- in graphischer Form: Fahrzeitklassen durch Isochronen (siehe Abbildung 8 und 9)

7.5 Bedienungshäufigkeit

Beispiel: Anzahl der Verbindungen innerhalb von 7 bis 8 Uhr von jeweils einer Einstiegshaltestelle nach Linz.

Die Bedienungshäufigkeit wird aus dem Ergebnis der ersten Stufe der Analyse bestimmt. Eine typische Anwendung ist die Linienbelastung, woraus dann der Versorgungsgrad abgeleitet werden kann.

7.6 Einzugsbereiche

Beispiel: Anzahl der Gesamtbevölkerung, die das regionale Zentrum Linz innerhalb von 30 Minuten erreicht.

Die Ermittlung der Einzugsbereiche geht von der umgekehrten Betrachtungsweise aus, wie die Berechnung der Erreichbarkeiten. Hier wird der Bevölkerungsanteil, der das Ziel innerhalb der definierten Zeit erreicht nicht am Quellort der Fahrt ausgewiesen, sondern am Zielort aggregiert.

Somit ist können die Ziele nach der Anzahl der Personen gereiht werden, die es innerhalb der vorgegebenen Zeit erreichen können (Abbildung 7). Dies ist für Standortentscheidungen von Unternehmen von eminenter Bedeutung.

Rang	Regionales Zentrum	Anzahl WB, die das Zentrum in 30min erreicht
1	Wien	1.575.498
2	Linz	240.197
3	Graz	235.174
4	Salzburg	142.919
5	Innsbruck	131.123
6	Klagenfurt	98.840
7	Wels	88.139
8	Mödling	81.388
9	Dornbirn	76.544
10	Wr. Neustadt	71.474

Abb. 7: Einzugsbereiche der regionalen Zentren im Öffentlichen Verkehr 1997 – gereiht, Auswahl (ÖROK 200)

8 ANWENDUNGSBEISPIELE

8.1 Raumordnung: Analyse von räumlichen Disparitäten in der ÖV-Angebotsstruktur

Für die Österreichische Raumordnungskonferenz erstellte die IPE ein Gutachten über die räumliche Struktur der Angebotsqualität im Öffentlichen und im Individualverkehr. Dabei wurden für das gesamte Bundesgebiet auf räumlich sehr disaggregierter Ebene (unter Gemeindeebene) die Angebotsqualität mittels unterschiedlicher Parameter analysiert.

Als Beispiel seien hier die Erreichbarkeiten der überregionalen Zentren im ÖV und MIV im Vergleich angeführt (Abbildung 8 und 9). Schon allein aus den beiden Isochronen-Darstellungen läßt sich besonders in der Flächenbedienbarkeit erkennen, daß die Reichweite des ÖV auf die unmittelbare Umgebung der Linienbänder beschränkt bleibt.

Von wesentlicher Bedeutung ist das Modell für die Analyse der Wechselwirkungen zwischen der Verkehre MIV und ÖV und Raumentwicklung.

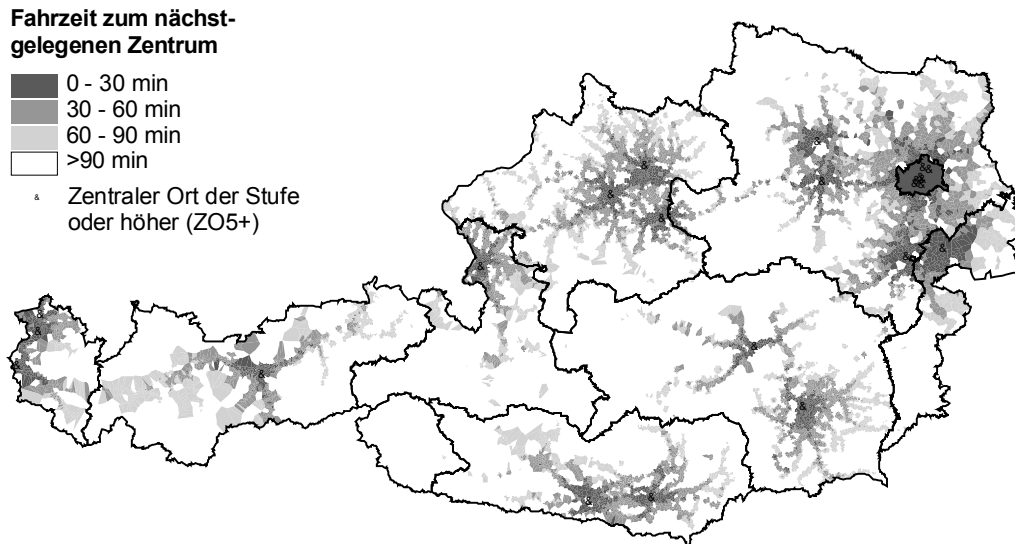


Abb. 8: Isochronendarstellung Öffentlicher Verkehr (Fahrzeit in überregionale Zentren)

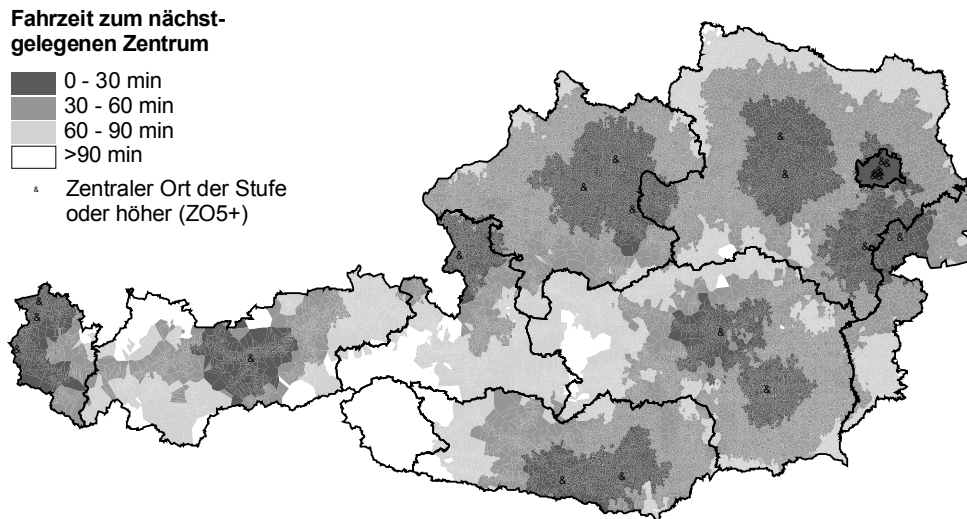


Abb. 9: Isochronendarstellung Individualverkehr (Fahrzeit in überregionale Zentren)

8.2 Betriebliche Standortplanung

Für mehrere Logistikunternehmen erarbeitete die IPE jeweils ein Standortkonzept. Alle Standorte dieser Unternehmen wurden unter anderem auf die Erreichbarkeit mittels Öffentlicher Verkehrsmittel untersucht.

9 VERGLEICH MIT ANDEREN MODELLEN

Die IPE hat mit der Digitalisierung aller Ortschaften bzw. -Ortschaftsteile von Österreich eine Möglichkeit geschaffen, ein Verkehrsmodell zu entwickeln, das auch die räumliche Struktur berücksichtigt. Das Modell berechnet nicht nur, wieviele und welche Verbindungen es gibt, sondern wer diese Verbindungen auch nutzen kann bzw. wer nicht. Es unterscheidet sich von bestehenden Verkehrsmodellen durch folgende Merkmale:

9.1 Kanten- und Knotenmodelle im ÖV

Das Erreichbarkeitsmodell verwendet keine Kanten und keine Graphen für den ÖV. Die Basis im ÖV ist ausschließlich die Haltestellenkoordinate. Der Grund ist, dass es im regionalen Busverkehr nahezu keine identen Linienführung gibt und die Informationen auf das Straßennetz umgelegt werden müssen, wofür es bereits genügend Anbieter entsprechender Softwarelösungen (Netzsimulationen, Routenprogramme) gibt.

9.2 Fahrplanauskunftsprogramme

Das Erreichbarkeitsmodell ist vergleichbar mit einem Fahrplanauskunftsprogramm. Bei einem Fahrplanauskunftsprogramm werden Quelle, Ziel und Zeitfenster definiert um eine Verbindung zu bekommen, das Erreichbarkeitsmodell benötigt nur das Ziel und das Zeitfenster um alle Verbindungen von allen möglichen Quellen zu bekommen.

Daher kann das Modell auch als Fahrplanauskunftsprogramm verwendet werden. Der Vorteil dabei ist, dass sämtliche Betreiber in einem System integriert sind (Bahn, Post, private Betreiber, etc....).

9.3 IV-Modelle

Das IV-Modell der IPE verwendet einen Straßengraph, zu dem jede Straßenkreuzung einem Siedlungskreis zugeordnet ist. Dadurch lassen sich für jeden Siedlungskreis Fahrzeiten ermitteln.

Da beide Modelle (IV, ÖV) als Grundlage die Siedlungskreise verwenden, können nun direkt Vergleiche der räumlichen Situation dargestellt werden, und zwar mit einer Genauigkeit unterhalb der Zählsprenglebene.

10 LITERATUR

ÖROK: Erreichbarkeitsverhältnisse im öffentlichen Verkehr und im Individualverkehr 1997/1998; Gutachten der Firma IPE. In ÖROK-Schriftenreihe Nr. 155, Wien.

