

# Erreichbarkeitsmodell Österreich – ein Werkzeug zur österreichweiten Analyse der Versorgung mit MIV und ÖV

## *Accessibility Model Austria – A Tool for an Austrian Nationwide Analysis of Motorised Individual and Public Transport Supply*

Lucas Weiss<sup>1</sup>, Stefan Schwillinsky<sup>1</sup>, Bernhard Castellazzi<sup>2</sup>, Thomas Prinz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AustriaTech GmbH, Wien · lucas.weiss@austriatech.at

<sup>2</sup>SPACE, RSA Forschungsgesellschaft mbH, Salzburg

**Zusammenfassung:** Im Rahmen der Plattform „Raumordnung & Verkehr“ der ÖROK wurde ein Werkzeug zur österreichweiten Analyse der Versorgung mit MIV und ÖV abgestimmt und in Zusammenarbeit von AustriaTech und iSPACE technisch umgesetzt. Für die neuerliche – sich derzeit in Ausarbeitung befindliche – Aktualisierung der Schriftenreihe „Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich“ sollte ein kontinuierliches Instrument geschaffen werden, welches den Aufwand regelmäßiger Aktualisierungen optimiert, die Vergleichbarkeit zukünftiger Analysen sicherstellt und somit eine Abbildung der zeitlichen Entwicklung ermöglicht. In diesem Kontext wurden Berechnungen der MIV und ÖV Erreichbarkeiten für ganz Österreich auf Basis von 100-m-Rasterzellen durchgeführt. Aufgrund der flexiblen Gestaltung des Modells ist es für viele Fragestellungen vielseitig einsetzbar.

**Schlüsselwörter:** Analysewerkzeug, Erreichbarkeit, Öffentlicher Verkehr, Motorisierter Individualverkehr

**Abstract:** *Within the activities of a group of representatives of regional and national administration within the ÖROK platform a tool for an Austrian nation-wide analysis of motorised private and public transport supply was developed by AustriaTech and iSPACE. The goal was to create a continuous instrument to minimise the effort of regular updates, to ensure comparability with future analysis and monitor time-related changes and developments. In this context the accessibility of motorised individual and public transport was calculated for whole Austria on the basis of 100x100m grid cells. The flexible design of model enables versatile application possibilities.*

**Keywords:** *Analysis tool, accessibility, public transport, motorised individual transport*

## 1 Motivation und Stand der Technik

Die Qualität der Versorgung mit Verkehrsinfrastruktur im Bereich des öffentlichen und motorisierten Individualverkehrs kann u. a. mittels Erreichbarkeitsanalysen abgebildet werden. Das Thema Erreichbarkeit hat eine große Bedeutung für die Raum- und Verkehrsplanung und stellt z. B. im Falle von (über-)regionalen Zentren ein wichtiges Maß der Versorgungsqualität der Bevölkerung mit zentralörtlichen Einrichtungen dar sowie die Möglichkeit an Bildungs- und Qualifizierungsangeboten sowie am (regionalen) Arbeitsmarkt teilzunehmen.

Ein regelmäßiges Monitoring der Erreichbarkeiten ermöglicht es die Entwicklungen und Veränderungen des Verkehrsangebots und der damit einhergehenden Versorgungsqualität

der österreichischen Bevölkerung, z. B. mit öffentlichen Einrichtungen wie Ämtern und Schulen, darzustellen und zu analysieren.

Die ÖROK veröffentlichte seit 1997 drei Schriftreihen zum Thema „Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich“. Die letzte Aktualisierung erfolgte für das Jahr 2005 (ÖROK, 2007). Für die neuerliche – sich derzeit in Ausarbeitung befindliche – Aktualisierung der Schriftreihe zu den Erreichbarkeitsverhältnissen in Österreich sollte ein kontinuierliches Instrument geschaffen werden, welches den Aufwand regelmäßiger Aktualisierungen optimiert, die Vergleichbarkeit zukünftiger Analysen sicherstellt und somit eine Abbildung der zeitlichen Entwicklung ermöglicht. Weiters sollte ein Fokus auf die Gestaltung eines möglichst flexiblen Modells gelegt werden, das bei vielseitigen Fragestellungen einsetzbar ist. Dabei wurde auf den Ergebnissen des nationalen Forschungsprojekts MobilityOptimizer – aus dem Forschungsprogramm Mobilität der Zukunft des bmvt – aufgebaut (Herbst, 2016).

Im Rahmen und in Abstimmung mit der ÖREK-Partnerschaft „Plattform Raumordnung und Verkehr“, welche zum systematischen Austausch zu Fragen der Raumordnung und Verkehrsplanung dient, wurde ein solches Analysewerkzeug entwickelt. Die technische Umsetzung erfolgte unter Zusammenarbeit von AustriaTech und iSPACE.

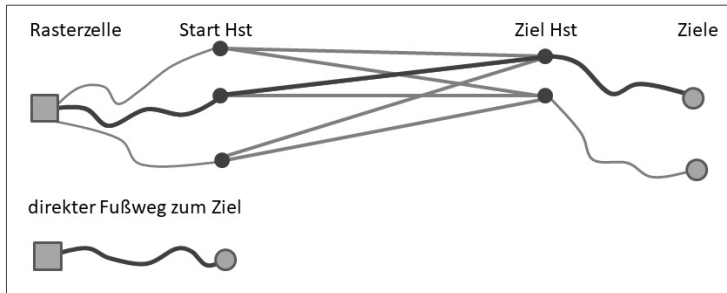
## 2 Methode

### 2.1 Funktionsweise

Das Erreichbarkeitsmodell Österreich ist keine Einzelanwendung, sondern besteht aus einem Prozess mit mehreren Teilschritten bzw. -modellen: Datenaufbereitung; ÖV-Routing; MIV-Routing; Auswertung.

Ein Ziel war es das Modell so flexibel wie möglich zu gestalten um es für diverse Fragestellungen einsetzen und (verhältnismäßig) performante Berechnungen durchführen zu können sowie eine strukturierte Wartung und effiziente Aktualisierung der Ergebnisse zu gewährleisten. Dafür wurden diverse Vorverarbeitungsprozesse und -tools erstellt um diverse Datengrundlagen so aufzubereiten, damit diese direkt in die Routing-Tools übernommen werden können. Die Datenaufbereitung umfasst die Erstellung von Fußwege- und MIV-Netzen, einer Haltestelle-Haltestelle ÖV-Matrix sowie der Start- und Zielpunkte.

Das ÖV-Routing verknüpft ÖV-Fahrplandaten in einem räumlichen Modell mit der Anbindung an Start- bzw. Zielpunkt (GIS-Routing) um die Erreichbarkeiten (effizienteste Route zum nächsten Zielpunkt) abbilden zu können. Der Ablauf des ÖV-Routings besteht so aus drei Teilrouten (vgl. Abb. 1): Weg vom Startpunkt zur Starthaltestelle, ÖV-Fahrt und Weg von der Zielhaltestelle zu Zielpunkt. Zusätzlich wird noch der direkte Fußweg von Startpunkt zum nächsten Zielpunkt berücksichtigt um Fälle abzudecken wo dieser die beste Verbindung darstellt. Je nachdem wie die dahinterliegende ÖV-Matrix konfiguriert und erstellt wurde kann die Erreichbarkeit hinsichtlich der schnellsten Fahrt oder auch ein (gewichteter) Durchschnitt o. Ä. über einen gewissen Zeitraum oder den ganzen Tag betrachtet werden.



**Abb. 1:** Ablauf ÖV-Routing

Das MIV-Routing und die miteinandergehende Berechnung der Fahrzeit von den Startpunkten zum jeweils am schnellsten erreichbaren Zielpunkt wird mit einem Standard-Routing-Algorithmus durchgeführt. In der Standardausführung wird nur ein Ziel (das nächste) gesucht. Hierbei ist die Verfügbarkeit, Aufbereitung und Qualität des MIV-Netzwerks und deren Attribute (Geschwindigkeiten, Abbiegevorschriften etc.) die wichtigste Grundlage.

Die Ergebnisse des Erreichbarkeitsmodells Österreich sollen als Basis für weiterführende Analysen dienen. Es bietet jedoch die Funktionalität Erreichbarkeitsindikatoren für administrative Einheiten zu berechnen. Weiters können zusätzliche Informationen zu den Rasterdaten (z. B. Umsteigehäufigkeit, Umsteigewartezeit, Bedienungshäufigkeit für ÖV-Matrix-Wege) hinzugefügt werden um darauf aufbauende Analysen zu ermöglichen.

## 2.2 Datengrundlagen

Für die erste Anwendung des Erreichbarkeitsmodells Österreich wurden die MIV- und ÖV-Erreichbarkeiten für ganz Österreich berechnet. Dabei wird grundsätzlich auf die folgenden Datenquellen aufgebaut: Fahrplandaten und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs (ARGE ÖVV) sowie dem routingfähigen Netzwerkgraph GIP (Graphenintegrations-Plattform; Stand: 04/2016). Die Fahrplandaten werden mittels PTV VISUM in Form einer Haltestellen-Haltestellen-Matrix verarbeitet. Für die Berechnung der Wege zu den Haltestellen werden die öffentlich zu Fuß begehbaren Teile des routingfähige Netzwerkgraphs GIP verwendet. Für Berechnung der MIV-Erreichbarkeiten wird ebenfalls der Netzwerkgraph GIP mit den enthaltenen Abbiegevorschriften und Einbahnen genutzt. Zusätzlich werden auf Basis von Floating Car Daten (FCD) berechnete Stundenscheiben für die MIV-Geschwindigkeiten auf dem Netzwerk berücksichtigt. Ein Aufschlag für die Parksuchzeiten wurde auf Basis der hochverdichteten Kernzonen (Statistik Austria, 2016) festgelegt.

Als Startpunkte werden die bewohnten 100-m-Rasterzellen von Statistik Austria verwendet. Die Zielpunkte wurden im Rahmen der ÖROK-Plattform abgestimmt und stellen verschiedene Fälle dar (regionale und überregionale Zentren sowie Bildungseinrichtungen).

Die Erreichbarkeiten wurden für zwei ausgesuchte Stichtage im Jahr 2016 ermittelt. Beim ersten Stichtag handelt es sich um den Pfingstdienstag (17.05.2016), da dieser ein Werktag ohne Schulbetrieb, also ein Tag an dem keine Schülerkurse verkehren und somit repräsentativ für das Angebot an öffentlichem Verkehr an besonders ungünstigen Verkehrstagen. Als zweiter Stichtag wurde ein gewöhnlicher Werktag in der feiertagsfreien Woche davor gewählt (Mitt-

woch, 11.05.2016). Dabei sollte jeweils einerseits die Hauptverkehrszeit am Morgen sowie der ganze Tag betrachtet werden.

Für den ÖV wurde auf Basis der bisherigen Erreichbarkeitsberechnungen die Definition für die Zumutbarkeit einer Verbindung umgesetzt. Diese inkludiert eine maximale Anzahl an Umstiegen, Umsteigewartezeit, Distanz zwischen Umsteigehaltestellen sowie eine Abfahrtszeit vom Quellort und Ankunftszeit am Zielort (unterschiedliche Fälle: Schülerverkehr, Verkehr in Zentren). Die max. Fußwegdistanz wurde mit 1.250 m festgelegt (Hiess, 2017).

## 2.3 Technische Umsetzung

### Ermittlung der MIV-Erreichbarkeiten

Für das MIV-Routing wird ausschließlich der ESRI ArcGIS Router verwendet. Für den oben beschriebenen Anwendungsfall wurden als Kriterium die Fahrzeit in Minuten sowie die Abbiegevorschriften und Einbahnen berücksichtigt. Um die Geschwindigkeiten im MIV möglichst realistisch für diverse Zeitscheiben abbilden zu können wird für die Erreichbarkeitsanalysen auf Durchschnittsgeschwindigkeiten von FCD, welche über die Salzburg Research Forschungsgesellschaft bezogen wurden, zurückgegriffen. Dabei wurden Stundenwerte für das österreichische Durchfahrtsnetz (Functional Road Class 0-4) berechnet und plausibilisiert. Falls nicht ausreichend plausible Daten auf einem Link vorhanden sind, wird der im GIP-Standard hinterlegte Wert herangezogen.

### Ermittlung der ÖV-Erreichbarkeiten

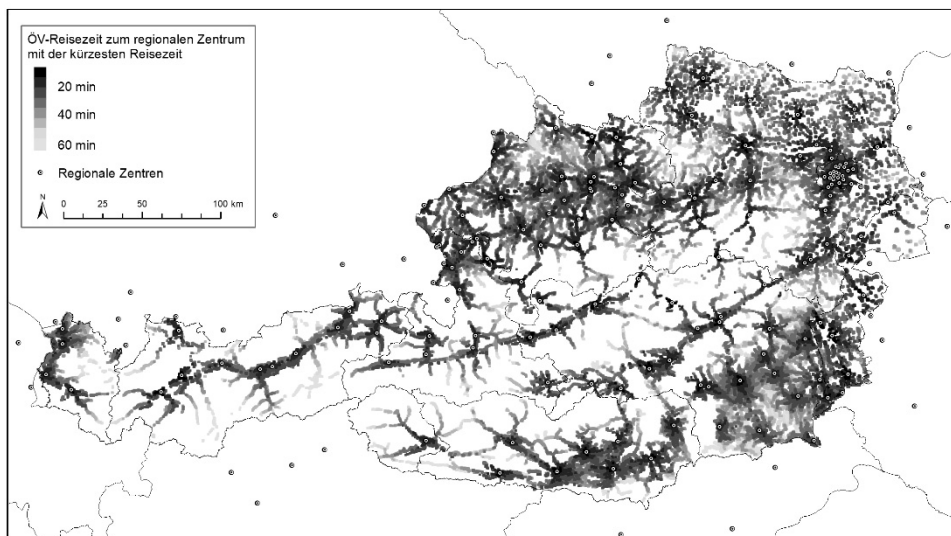
Für die Berechnungen der Erreichbarkeiten im ÖV wird ein eigens entwickeltes Modell auf Basis von ESRI ArcGIS Network Analyst eingesetzt. Wie in Abb. 1 dargestellt, besteht das ÖV-Routing aus drei Teilrouten. Im ersten Schritt wird die Anbindung der Rasterzelle an den ÖV berechnet, d. h. alle vom Startpunkt aus nutzbaren Haltestellen. Das Abbruchkriterium bilden der maximale Fußweg in Metern und eine maximale Anzahl an Haltestellen (bei der gegenständlichen Analyse 1250 m bzw. 100 Haltestellen). Dafür wurden in der Datenaufbereitung bereits die öffentlich zu Fuß begehbaren Teile des routingfähigen Netzwerkgraph GIP extrahiert.

Die zweite Teilroute bildet den Weg von Start- zu Zielhaltestelle im ÖV ab. Hier wurden auf Basis der HAFAS-Fahrplandaten mittels PTV VISUM eine Haltestellen-Haltestellen-Matrix erstellt, welche den aufwendigsten Schritt der Datenaufbereitung darstellt. In diesem Schritt wird eine Vielzahl an Kenngrößen (im beschriebenen Verwendungsfall Reisezeit, Umsteigehäufigkeit, Umsteigewartezeit und Bedienungshäufigkeit) zwischen den rund 37.000 Haltestellen abgebildet (dies entspricht einer Matrix mit über 1,3 Milliarden Relationen pro Kenngröße). Hierzu wurde mit PTV VISUM ein Prozess erstellt um aus HAFAS-Fahrplandaten (ganz Österreich und Teilbereiche im Ausland) und unter Einhaltung der oben beschriebenen Rahmenbedingungen eine ÖV-Matrix zu erstellen. Dieser Prozess bestand einerseits aus Importieren der HAFAS-Daten, Aufbereiten der Haltestellen (da Fahrplandaten auf Steig-Ebene, Modell aber auf Haltestellenbasis arbeitet), Erstellen eines Fußwegenetzwerks (um das Fußwegekriterium von maximal 300 m Fußweg zwischen den Umsteigehalten überprüfen und einhalten zu können) sowie kleiner Überarbeitungen und Anpassungen. Auf Basis dessen wurde der Verfahrensablauf in PTV VISUM erstellt und parametrisiert. Zusätzlich wurden einige Plausibilisierungsroutinen entwickelt. Das Ergebnis ist eine ÖV-Matrix im

VISUM-spezifischen binären Format „fma“ für jeden Anwendungsfall (z. B. 11.05.2016 Hauptverkehrszeit morgens).

Die letzte Teilroute – von Ziel-Haltestelle zu Ziel – wird ähnlich wie im ersten Teilschritt (Startpunkt-Starthaltestelle) modelliert. Zusätzlich wird der reine Fußweg der Rasterzellen im Umfeld der Ziele berechnet. Dabei wird wieder die maximale Fußwegdistanz als Abbruchkriterium verwendet. Ist diese Gehzeit (ohne ÖV-Nutzung) kürzer als die schnellste ÖV-Gesamtroute, so wird dieser Wert verwendet.

Zur Kopplung der Teilrouten aus der Daten der GIS-Analyse mit den vorliegenden ÖV-Fahrzeiten (vgl. ÖV-Matrix), wurde ein Python-Analysealgorithmus entwickelt. Damit erfolgt eine zeiteffiziente Filterung der Matrix (1,3 Mrd. Relationen) bezüglich der für das jeweilige Szenario relevanten Start-/Zielhaltestellen-Relationen. In weiterer Folge kombiniert das Python Modul die zwischengespeicherten Gehzeiten einer Rasterzelle zu möglichen Haltestellen mit der entsprechenden ÖV-Verbindung aus dem Starthaltestellendatensatz. Somit ergibt sich für jeden Weg einer Rasterzelle zu einer Haltestelle eine Summe aus Gehzeit zur Haltestelle + ÖV Reisezeit zum Ziel + Gehzeit zum Ziel. Schlussendlich lässt sich daraus und im Vergleich mit der reinen Gehzeit eine minimale Gesamtreisezeit für eine Zelle eruieren. Abbildung 2 zeigt bspw. das Ergebnis der ÖV-Erreichbarkeit regionaler Zentren.



**Abb. 2:** Ergebnis ÖV: Erreichbarkeit regionaler Zentren

### 3 Ergebnis und Diskussion

Das Erreichbarkeitsmodell-Österreich stellt ein Werkzeug zur österreichweiten Analyse der Versorgung mit MIV und ÖV dar. Da einerseits das Angebot an öffentlichem Verkehr mit den jährlich zweimal auftretenden Fahrplanwechseln einer gewissen Veränderung unterliegt andererseits auch die Entwicklung der Bevölkerung, Siedlungsstruktur, Infrastruktur und

Standortplatzierungen sowie andere Maßnahmen einen Einfluss auf die Erreichbarkeit haben ist ein regelmäßiges Monitoring empfehlenswert.

Ein Grundstein dafür wurde durch die Erstellung eines flexiblen Modells und damit der Reproduzierbarkeit des Prozesses zu Ermittlung der Erreichbarkeiten im MIV und ÖV für ganz Österreich gelegt. Die entwickelte einheitliche Methodik macht eine Vergleichbarkeit, unter gewissen Gesichtspunkten, möglich. Das Modell soll als kontinuierliches Instrument dienen, regelmäßige Aktualisierungen ermöglichen und die Vergleichbarkeit zukünftiger Analysen und eine Abbildung der zeitlichen Entwicklung sicherstellen. Im Rahmen des Entwicklungsprozesses wurden Startpunkte bis zu einer Anzahl von 3,5 Millionen (entspricht der Anzahl der 100-m-Rasterzellen innerhalb der besiedelten und besiedelbaren Flächen in Österreich) getestet und erfolgreich durchlaufen. Alleine die Erstellung der ÖV-Matrix ist, aufgrund der Rechenintensivität, mit etwas größerem Aufwand verbunden.

Das Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten des Erreichbarkeitsmodells Österreich ist vielfältig. Erreichbarkeiten können als Kriterium im Kontext von Maßnahmen der Verkehrsplanung und Raumordnung genutzt werden. Beispielsweise lassen sich Gebiete mit über- und unterdurchschnittlicher ÖV oder IV-Versorgung (z. B. öffentliche Einrichtungen) identifizieren und im Kontext mit den Einwohnerzahlen betrachten. Darauf aufbauend können weiterführende einwohnerbezogene oder flächenbezogene Analysen und Statistiken der Versorgung mit ÖV bzw. IV auf Bundes-, Landes-, Bezirks- und Gemeindeebene abgeleitet und erstellt werden (z. B. Zugänglichkeiten, Erschließung, Erreichbarkeitsgrade, Einzugsbereiche). In Verbindung mit den ÖV-Güteklassen (Verkehrsmittel, Taktqualität) (Hiess 2017) können die Ergebnisse bspw. als eine Grundlage für die Ausweisung von Vorrangflächen für Siedlungsentwicklung herangezogen werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass das Modell auf einer Reihe von Annahmen (Anzahl der Umstiege, Optimierung nach Reisezeiten, Art des Verkehrsmittels und damit Barrierefreiheit nicht berücksichtigt, uvm.) basiert, die die generelle Erreichbarkeit der Ziele für Erwerbs- und Schülerpendler wiedergibt. Spezielle Analysen für andere Auswertungszwecke (Zielgruppen, Nachtverkehr, usw.) bedürfen einer anderen Parametrisierung.

## Literatur

- Hiess, H. (2017). *ÖREK-Partnerschaft „Plattform Raumordnung & Verkehr“: Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes für österreichweite ÖV-Güteklassen*. Abschlussbericht. Retrieved from [http://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/2.Reiter-Raum\\_u\\_Region/1.OEREK/OEREK\\_2011/PS\\_RO\\_Verkehr/OeV-G%C3%BCteklassen\\_Bericht\\_Final\\_2017-04-12.pdf](http://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/2.Reiter-Raum_u_Region/1.OEREK/OEREK_2011/PS_RO_Verkehr/OeV-G%C3%BCteklassen_Bericht_Final_2017-04-12.pdf).
- Herbst et al. (2016). MobilityOptimizer – bedarfsorientierte ÖV-Angebotsplanung mit NutzerInnen-Feedback. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, 2-2016, 268–272.
- ÖROK (2007). *Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich 2005*. Schriftenreihe 174. Wien. Statistik Austria (2016): *Urban-Rural-Typologie*. Wien. Retrieved from [http://statistik.at/web\\_de/klassifikationen/regionale\\_gliederungen/stadt\\_land/index.html](http://statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/stadt_land/index.html).