

# Die Erreichbarkeit deutscher Großstädte durch den Schienenpersonenverkehr

Christos Evangelinos, Claudia Hesse und Ronny Püschel\*

In 01/2011 dieser Zeitschrift wurde in einem Beitrag mit dem Titel „Zur Erreichbarkeit regional-ökonomischer Zentren: Die Messbarkeit verkehrlicher Anbindungsqualität“ für eine allumfassende und ökonomisch fundierte Erreichbarkeitsbewertung in Deutschland plädiert, welche über die Berechnung von Teilindizes zur Quantifizierung der Erreichbarkeit hinausgeht. In diesem Beitrag untersuchen wir nun die Erreichbarkeit deutscher Großstädte für den Schienenpersonenverkehr empirisch. Unter Anwendung multivariater Verfahren fassen wir drei Partialindikatoren zu einem synthetisierten Index zusammen. Dieses Vorgehen wird für die Bewertung deutscher Verkehrsinfrastrukturen erstmals angewandt. Dabei stellen wir fest, dass die schienengebundene Erreichbarkeit von Großstädten in den neuen Bundesländern im Vergleich zu den alten Bundesländern deutlich schlechter ist. Jedoch zeichnen sich auch im Bundesgebiet relativ zentral gelegene Städte durch eine geringe Erreichbarkeit aus.

## 1. Einleitung

Diskussionen über die Bedeutung der Infrastruktur für das volkswirtschaftliche Wachstum und den Beitrag einer guten infrastrukturellen Anbindung zum gesellschaftlichen Wohlstand wurden bereits intensiv in der Literatur geführt [vgl. u. a. WIELAND (2007)]. Eine Vielzahl von Erreichbarkeitsdefinitionen, um Lagegunst und Infrastrukturqualität von Regionen zu beschreiben, existiert bereits seit mehreren Dekaden in den unterschiedlichsten Wissenschaftszweigen. Ziel dieser Studie soll keine literarische Reproduktion dieser Ansätze sein. Vielmehr werden einige Messkonzepte aufgegriffen, um die Erreichbarkeit der größten deutschen Städte durch das deutsche Schienennetz im Schienenpersonenverkehr<sup>1</sup> quantitativ zu ermitteln.

Das Schienennetz der DB NETZ AG ist mit einer Länge von rund 33.600 Kilometern das längste Europas [vgl. DEUTSCHE BAHN AG (2011)]. Es ist durch seine Zentralität in Europa von großer infrastruktureller Bedeutung, sowohl bei den europaweiten Schienenverkehren als auch bei der angestrebten Verlagerung von europäischen Straßenfernverkehren auf die Schiene. Das Schienennetz ist sehr heterogen, denn neben einer Vielzahl von Strecken des InterCityExpress (ICE) im Fernverkehr

existieren auch InterCity(IC)- und EuroCity(EC)-Strecken, die mit einer geringeren Durchschnittsgeschwindigkeit befahren werden. In dieser Studie ist davon auszugehen, dass insbesondere Städte mit einem Anschluss an das Hochgeschwindigkeitsnetz (ICE-Netz) besser erreichbar sind als Städte ohne einen solchen Anschluss, auch wenn sie sich in einer peripheren Lage befinden. Weiterhin soll untersucht werden, ob und welche Disparitäten sich im Vergleich der neuen mit den alten Bundesländern abzeichnen. Zunächst werden die dabei verwendeten Partialindikatoren vorgestellt und anschließend mittels Hauptkomponentenmethode synthetisiert. Im Nachgang der empirischen Ergebnisse nehmen wir eine Bewertung der Erreichbarkeit im deutschen Schienenpersonenverkehr vor und ziehen die Schlüsse, dass Disparitäten innerhalb Deutschlands vorherrschend sind. Wir analysieren diese räumlichen Unterschiede im Hinblick auf das deutsche ICE-Netz und visualisieren unsere Ergebnisse graphisch.

## 2. Erreichbarkeitsindikatoren und Syntheseansatz

Anhand geeigneter Erreichbarkeitsmodelle kann die Erreichbarkeit einer Region oder Stadt quantitativ bewertet werden. Darstellungen von Erreichbarkeitsindikatoren sind z. B. bei GEURS und RITSEMA VAN ECK (2001) sowie BRUINSMAN und RIETVELD (1998) zu finden. Solche Partialindikatoren sollten aufgrund ihrer Heterogenität anschließend synthetisiert und in aggregierter Form in einem indikatorübergreifenden Index zusammengefasst werden. Nachfolgend werden die zu dieser Analyse herangezogenen drei Partialindikatoren sowie deren Synthetisierung zu einem Gesamtindex anhand der Hauptkomponentenmethode kurz dargestellt.

### Potenzialindikator (Wirtschaftspotenzial)

Potenzialindikatoren beinhalten die Diskontierung der Summe aller ökonomischen Attraktivitäten der Zielorte

\* Christos Evangelinos, Claudia Hesse und Ronny Püschel sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Professur für Verkehrswirtschaft und internationale Verkehrspolitik, Institut für Wirtschaft und Verkehr, Technische Universität Dresden. Die Autoren bedanken sich an dieser Stelle bei Herrn Sergej Gröscho für die exzellente Datenaufbereitung.

(Potenzialfunktion) mit den generalisierten Reisekosten bzw. Zeiten oder Distanzen (Raumwiderstandsfunktion), wobei die ökonomische Attraktivität einer Region in der Regel als Bruttoinlandsprodukt (BIP) bzw. Anzahl der Einwohner positiv in die Gewichtung eingeht. Das ökonomische Potenzial nimmt jedoch bei zunehmenden generalisierten Reisekosten ab. Das heißt, nah gelegene Städte generieren einen höheren Nutzen als weiter entfernt gelegene. Zur Anwendung kommen bei den nachfolgenden Berechnungen das jeweilige BIP der Städte als Attraktivität sowie die Distanz in Kilometern (km) zur Messung des Raumwiderstandes. Für die Berücksichtigung des Eigenpotenzials berechnen wir die innere Distanz der betrachteten Stadt mit  $\frac{2}{3}$  des Radius der Stadt, wobei die Fläche der betrachteten Ausgangsstadt als eine kreisförmige Fläche approximiert wird [vgl. SCHULZ und BRÖCKER (2007)].

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{BIP_j}{d_{ij}^\beta}$$

$P_i$ ... Erreichbares ökonomisches Potenzial von Ort  $i$ ;  
 $BIP_j$ ... BIP der Region  $j$ ;  
 $d_{ij}^\beta$ ... Raumwiderstandsfunktion für die Relation  $ij$ , wobei  $d_{ij}$  die innere Distanz der betrachteten Ausgangsstadt darstellt;  
 $\beta$ ... Distanzsensibilität, d. h. bei  $\beta > 1$  tragen weiter entfernt gelegene Orte weniger zur Erreichbarkeit eines Ausgangsortes  $i$  bei als Orte, die näher liegen. Der am häufigsten in der Literatur vorzufindende Wert für  $\beta$  ist eins, was auch in dieser Studie zugrunde gelegt wird.

### Relative Netzwerkeffizienz

Der relative Netzwerkeffizienzindikator ist eine Modifizierung des sogenannten Reiseaufwandsindikators, welcher bspw. durchschnittliche Reisezeiten, Kosten, Distanzen (Raumwiderstand) zum Zielort erfasst. Der Netzwerkeffizienzindikator „bestraft“ zudem Umwege, die sich durch die Nutzung einer bestimmten Verkehrsinfrastruktur im Vergleich zur hypothetischen, optimalen Linienführung ergeben. Er beinhaltet daher die Gegenüberstellung der realen Netzwerkdistanz und Luftliniendistanz. Dabei wird betrachtet, wie effizient ein bestehendes Verkehrsnetzwerk bezüglich minimaler Reisezeiten/-distanzen ist. In dieser Studie wird die relative Netzwerkeffizienz anhand der Reisezeiten im Schienenverkehr und den jeweiligen BIP der Großstädte berechnet. Dabei wird der Reisezeit der hypothetischen Luftlinienentfernung eine angemessene Durchschnittsgeschwindigkeit von 300 km/h zugrunde gelegt.

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{t_{ij}}{\epsilon_{ij}} BIP_j}{\sum_{j=1}^n BIP_j}$$

$A_i$ ... Erreichbarkeit von Ort  $i$ ;  
 $t_{ij}$ ... Reisezeiten der Relation  $ij$  im physischen Schienennetz;  
 $\epsilon_{ij}$ ... durchschnittliche Reisezeit bei hypothetischer, optimaler Linienführung der Relation  $ij$ ;  
 $\frac{t_{ij}}{\epsilon_{ij}}$ ... Umwegfaktor.

### Kumulationsindikator (tägliche Erreichbarkeit)

Kumulationsindikatoren beschreiben die Anzahl der innerhalb eines Arbeitstages vom Ursprungsort aus erreichbaren Personen bzw. BIP (als ökonomisches Potenzial). Es gehen daher nur solche Zielregionen in die Bewertung der Erreichbarkeit eines Ortes ein, welche innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls vom Ursprungsort aus erreichbar sind. In verkehrswissenschaftlichen Studien findet man meist eine sogenannte tägliche Erreichbarkeit von drei oder vier Stunden. Dieser Annahme geht die Überlegung voraus, dass für Geschäftsreisen eine Zielregion innerhalb eines Tages mit Aufenthalt im Zielort und Rückreise erreichbar sein sollte. Regionen, die eine größere Reisezeit vom Ursprungsort als das definierte Zeitintervall aufweisen, werden bei den Kumulationsindikatoren nicht in die Bewertung der Erreichbarkeit dieses Ortes einbezogen und gelten als unerreichbar. In dieser Untersuchung wird die Reisezeitschwelle auf vier Stunden festgelegt.

$$A_i = \sum_{j=1}^n EW_j \delta_{ij}$$

$A_i$ ... Erreichbarkeit von Ort  $i$ ;  
 $EW_j$ ... Einwohnerzahl von Ort  $j$ ;  
 $\delta_{ij}$ ... Widerstand von  $ij$ ,  $\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{für } t_{ij} \leq 4 \text{ Stunden} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$ .

### Syntheseansatz: Die Hauptkomponentenmethode

Die Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) ist ein Verfahren aus der multivariaten Statistik zur Dimensionsreduktion, welches über die Ermittlung von Hauptkomponenten ursprüngliche Variablen

in einer Gesamtvariable verdichten kann [vgl. HÜTTNER und SCHWARTING (2008)].<sup>2</sup> MARTÍN und REGGIANI (2007) verwendeten diese Methode neben der Data Envelopment Analysis (DEA) und zeigten, dass beide Verfahren zur Generierung eines Gesamtindex für Erreichbarkeit aus den Partialindizes geeignet sind und ähnliche Rangfolgen erzeugen. Aus diesem Grund sehen wir von der Verwendung der DEA ab.<sup>3</sup> Nachfolgend soll nicht näher auf einzelne Vorgehensweisen der Hauptkomponentenmethode eingegangen werden. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich bspw. bei WASHINGTON et al. (2003) sowie BACKHAUS et al. (2011). Für die Bundesrepublik wurde eine solche Vorgehensweise nach Kenntnisstand der Autoren noch nicht angewandt. Entsprechende Erreichbarkeitsstudien beschränken sich auf die Berechnung einzelner Partialindikatoren. Aufgrund dessen aber, dass unterschiedliche Partialindikatoren unterschiedliche Fragestellungen beantworten, ist eine globale Beurteilung der Erreichbarkeit nur über einen Synthesansatz – neben den in diesem Beitrag ausgeblendeten diskreten Wahlmodellen – möglich.

### 3. Daten und empirische Untersuchung

Die Untersuchung der schienengebundenen Erreichbarkeit im Personenverkehr anhand der oben beschriebenen Partialindikatoren beschränkt sich auf die 80 größten deutschen Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern sowie mit einem BIP größer 2 Mrd. €. Insgesamt repräsentiert unsere Datenbasis einen Anteil von 31% der Gesamtbevölkerung Deutschlands sowie 40% des deutschen BIP. Basierend auf der NUTS-3-Einteilung wurden für diese Städte die Indikatoren berechnet. Zudem wurden bei der täglichen Erreichbarkeit alle 412 kreisfreien Städte und Kreisstädte Deutschlands berücksichtigt, solange die Reisezeit das vorgegebene Budget von vier Stunden zu dem jeweiligen Zentrum nicht überschreitet.

Die einzelnen Indikatoren generieren bei vergleichender Betrachtung nicht dieselben Erreichbarkeitsergebnisse für die betrachteten Städte oder Regionen, sondern sind sehr heterogen in ihrer Ausprägung. GUTIÉRREZ (2001) führt bspw. eine ähnliche Analyse für die veränderte Erreichbarkeit aufgrund der neuen Schnellfahrtstrecke Madrid–Barcelona–Französische Grenze anhand der Indikatoren Reiseaufwand, Wirtschaftspotenzial sowie tägliche Erreichbarkeit durch und verdeutlicht die unterschiedlichen Ergebnisse graphisch. Der Reiseaufwandsindikator ist dabei sensibel für lange Entfernungen bei der Bewertung der Erreichbarkeitseffekte und zeigt relativ großflächige (wenn auch geringe) Auswirkungen der neuen Schnellfahrtstrecke. Der Indikator der täglichen Erreichbarkeit verdichtet dagegen die Erreichbarkeits-

effekte innerhalb des Radius der festgelegten 4-Stunden-Restriktion, d.h. nahe der neuen Schnellfahrtstrecke. Der Potenzialindikator zeigt generell auch konzentrierte Erreichbarkeitseffekte in der Umgebung der neuen Infrastruktur, allerdings großflächiger als bei dem Kumulationsindikator.

Auf eine ausführliche Darstellung der einzelnen Indikatoren für die Analyse des deutschen Schienennetzes soll verzichtet werden. Es kann jedoch festgehalten werden, dass nur wenige Städte im Osten Deutschlands wie Berlin (Platz 1), Leipzig oder Rostock sehr gute bzw. mittlere Ergebnisse im Vergleich zu den Städten Westdeutschlands anhand des *relativen Netzwerkeffizienzindicators* aufweisen. Die Mehrzahl der ostdeutschen Städte wie Dresden, Cottbus und Chemnitz (letzter Platz der ostdeutschen Städte) liegen beim Ranking im letzten Drittel der untersuchten 80 Städte.

Auch der Indikator *tägliche Erreichbarkeit* zeigt auf, dass die meisten der untersuchten ostdeutschen Städte im letzten Drittel des Rankings einzuordnen sind. Auf dem letzten Platz der ostdeutschen Städte liegt Dresden nach Chemnitz und Cottbus. Lediglich Berlin und die relativ zentral gelegenen Städte der neuen Bundesländer Erfurt und Magdeburg, weisen durchschnittliche Werte für diesen Index auf, was entsprechend der formalen Ausgestaltung des Index zu erwarten war. Die Städte des Ruhrgebietes sind bei diesem Indikator auf den vordersten Rängen wiederzufinden, da aufgrund der hohen Einwohnerdichte innerhalb der angenommenen vier Stunden relativ viele Menschen per Schiene in diesem Ballungsraum erreicht werden können.

Der Indikator *Wirtschaftspotenzial* weist für Berlin einen leicht überdurchschnittlichen Wert auf. Cottbus (Platz 80), Chemnitz (Platz 77), Dresden (Platz 66) und weitere Städte der neuen Bundesländer liegen dagegen auf den hintersten Rängen bei dieser Erreichbarkeitsbetrachtung, weit abgeschlagen gegenüber den Städten der alten Bundesländer. Besonders die Städte nahe Frankfurt/Main sowie im Ruhrgebiet weisen gute Erreichbarkeitswerte auf. Aufgrund der kurzen Wege und vielen Städte (einige von ihnen mit relativ hohen BIP) in der Agglomeration des Ruhrgebietes ist es eine logische Konsequenz, dass auch der Indikator Wirtschaftspotenzial besonders für diese Städte sehr hohe Werte aufweist.

Die Ergebnisse der Partialindikatoren zeigen, dass im Hinblick auf das Bundesland Sachsen im deutschlandweiten Vergleich unterdurchschnittliche Erreichbarkeitswerte im Schienenverkehr vorherrschen.

Die empirische Überprüfung der bereits theoretisch getroffenen Aussage zur Heterogenität der Indikatoren wurde anhand Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten überprüft. Der Zusammenhang zwischen relativer Netzwerkeffizienz und den Indikatoren tägliche Erreichbarkeit

und Wirtschaftspotenzial ist jeweils negativ und gering. Das ist nicht verwunderlich, wenn man bei der relativen Netzwerkeffizienz davon ausgeht, dass, im Gegensatz zu den beiden anderen Indikatoren, ein inverser Zusammenhang zwischen Wert des Indikators und der Erreichbarkeit besteht (je höher der Wert, desto schlechter ist die Erreichbarkeit). Zwischen den Indikatoren tägliche Erreichbarkeit und Wirtschaftspotenzial besteht demnach ein positiver aber dennoch geringer Zusammenhang.

Die Indikatoren für die 80 größten deutsche Städte werden daher im nächsten Abschnitt zu einem einzigen Index pro Stadt ohne großen Informationsverlust zusammengefasst, sodass eine relativ gute Aussage zum aktuellen Zustand der Erreichbarkeit im Schienenverkehr Deutschlands getroffen werden kann.

#### 4. Ergebnisse

In der durchgeführten Faktorenanalyse mit Hilfe der Hauptkomponentenmethode wurde genau eine Hauptkomponente mit der in Tabelle 1 dargestellten Koeffizientenmatrix zur Berechnung des Gesamtindex generiert.

Der gesuchte PCA-Index einer Stadt  $i$  ergibt sich, wie nachfolgend formal dargestellt, anhand einer Linearkombination der Regressionskoeffizienten und der standardisierten Ausgangsvariablen ( $NET$  relative Netzwerkeffizienz,  $DAI$  tägliche Erreichbarkeit,  $POT$  Wirtschaftspotenzial):

$$PCA_i = -0,384 NET_i + 0,494 DAI_i + 0,468 POT_i \text{ für Stadt } i.$$

Beim Überführen der errechneten Indexwerte auf das Intervall  $[1,0]$  (anhand der V-Transformation) ergibt sich das in Tabelle 2 dargestellte Ranking der Städte mit den zugehörigen PCA-Indizes.

Der Indexwert ist aufgrund seiner Konstruktion dimensionslos, d. h. man kann die generierten Werte nur im Verhältnis zueinander interpretieren. Die 80 größten deutschen Städte weisen im Durchschnitt einen Indexwert von 0,479 mit einer Standardabweichung von 0,230 auf. Damit liegen 42 der 80 Städte über dem Durchschnitt. Dazu zählen vor allem zentral gelegene Städte

wie Hannover, Kassel und Göttingen, Wirtschaftsmetropolen wie Hamburg, München, Berlin und Frankfurt sowie viele Städte des Ruhrgebietes wie Essen und Duisburg.<sup>4</sup> Dagegen erlangen 38 der 80 untersuchten Städte Deutschlands in dieser Studie unterdurchschnittliche Ergebnisse. Dazu zählen vor allem die Städte der neuen Bundesländer, mit Ausnahme von Berlin, sowie die peripher gelegenen Städte. Generell geht aus der Analyse hervor, dass die Städte an der Bundesgrenze tendenziell geringe Erreichbarkeitswerte aufweisen. Da nur die Bundesrepublik Deutschland in dieser Studie betrachtet wird, ist dieses Ergebnis nicht verwunderlich, denn der Gesamtindex basiert auf den Ergebnissen der Teilindizes und diese generieren für peripher gelegene Städte aufgrund ihrer Konstruktion im Allgemeinen schlechtere Erreichbarkeitswerte als zentral gelegene Städte. Der Gesamtindex kann demzufolge nicht komplett die Nachteile der einzelnen Partialindikatoren kompensieren. Würde man Deutschland in einem gesamteuropäischen Kontext betrachten, würde sich ein weniger drastisches Ergebnis für die peripher gelegenen Städte wie bspw. Regensburg oder Saarbrücken einstellen, denn Deutschland ist mit seiner zentralen Lage in Europa ein bedeutendes Transitland im Schienenverkehr. Ein weiteres interessantes Ergebnis sind die Erreichbarkeitsdisparitäten zwischen den alten und den neuen Bundesländern. Wie bereits oben gezeigt, weisen alle Städte der neuen Bundesländer, mit Ausnahme der Bundeshauptstadt Berlin, relativ schlechte Erreichbarkeitswerte auf. Jena, Dresden, Rostock, Chemnitz und Cottbus finden sich auf den letzten Rängen wieder. Magdeburg ist dagegen mit Platz 53 zehn Plätze hinter dem Durchschnitt und damit die am besten zu erreichende Stadt der neuen Bundesländer (Berlin ausgenommen), gefolgt von Leipzig mit Platz 58. Die sächsischen Städte Dresden und Chemnitz sind in der durchgeführten Erreichbarkeitsstudie auf den hinteren Rängen (Plätze 75 und 78) wiederzufinden. Nur Trier und Cottbus (Plätze 80 und 79) sind noch schlechter per Eisenbahn zu erreichen als Chemnitz.

Die Erreichbarkeitsindizes für die 80 größten deutschen Städte sind in Abbildung 1 graphisch visualisiert.<sup>5</sup> Die Indizes wurden dabei in sechs Intervalle eingeteilt.

**Tabelle 1: Koeffizientenmatrix der Komponentenwerte der extrahierten Komponente 1**

	Koeffizientenmatrix
Relative Netzwerkeffizienz	-0,384
Tägliche Erreichbarkeit	0,494
Wirtschaftspotenzial	0,468

Quelle: Eigene Berechnungen.

**Tabelle 2: Ranking der 80 größten deutschen Städte: PCA-Indizes der Erreichbarkeit im Schienenpersonenverkehr**

Rang	Stadt	PCA-Index	Rang	Stadt	PCA-Index	Rang	Stadt	PCA-Index
1	Frankfurt	1	28	Karlsruhe	0,6051	55	Salzgitter	0,3263
2	Düsseldorf	0,9331	29	Gelsenkirchen	0,6027	56	Heilbronn	0,3239
3	Hannover	0,8472	30	Hildesheim	0,5835	57	Ingolstadt	0,3203
4	Köln	0,8464	31	Hagen	0,5809	58	Leipzig	0,3159
5	Duisburg	0,8449	32	Heidelberg	0,5733	59	Koblenz	0,3124
6	Mannheim	0,8268	33	Wolfsburg	0,571	60	Potsdam	0,3099
7	Essen	0,8203	34	Bremen	0,5611	61	Erlangen	0,3018
8	Ludwigshafen	0,7747	35	Hamm	0,556	62	Freiburg	0,2961
9	Hamburg	0,75	36	Bonn	0,547	63	Erfurt	0,2956
10	Stuttgart	0,742	37	Münster	0,5359	64	Paderborn	0,2929
11	Berlin	0,721	38	Krefeld	0,5346	65	Reutlingen	0,2905
12	Mülheim	0,7047	39	Wiesbaden	0,5255	66	Lübeck	0,2856
13	Oberhausen	0,7046	40	Osnabrück	0,5097	67	Halle	0,256
14	Bochum	0,7005	41	Herne	0,4979	68	Regensburg	0,2485
15	München	0,6949	42	Bielefeld	0,4907	69	Oldenburg	0,2341
16	Würzburg	0,6773	43	Mönchengladbach	0,4701	70	Kiel	0,224
17	Dortmund	0,6765	44	Neuss	0,4645	71	Bremerhaven	0,1736
18	Kassel	0,6587	45	Bottrop	0,458	72	Saarbrücken	0,1502
19	Göttingen	0,649	46	Fürth	0,4353	73	Remscheid	0,1461
20	Offenbach	0,6438	47	Augsburg	0,4207	74	Jena	0,1183
21	Wuppertal	0,636	48	Recklinghausen	0,413	75	Dresden	0,1043
22	Mainz	0,6235	49	Pforzheim	0,4068	76	Rostock	0,1001
23	Leverkusen	0,6215	50	Bergisch Gladbach	0,4035	77	Siegen	0,0941
24	Nürnberg	0,6182	51	Ulm	0,3867	78	Chemnitz	0,0318
25	Braunschweig	0,6152	52	Aachen	0,3647	79	Cottbus	0,0178
26	Darmstadt	0,6142	53	Magdeburg	0,3642	80	Trier	0
27	Solingen	0,6141	54	Moers	0,3294			

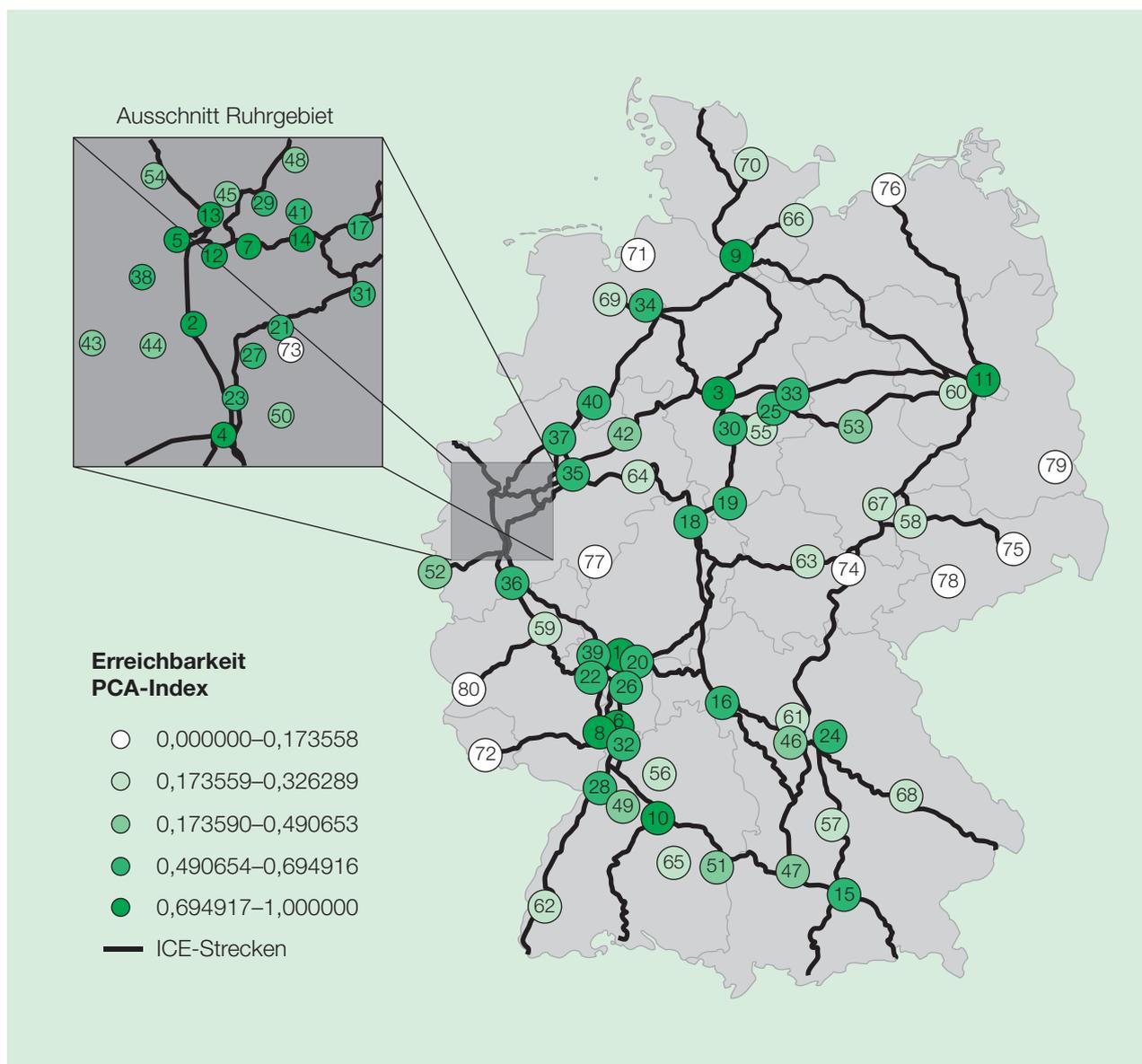
Quelle: Eigene Berechnungen.

Die zugehörigen Wertebereiche finden sich in der Legende der Abbildung 1. Schlecht erreichbare Städte sind auf der Deutschlandkarte weiß eingefärbt, gut erreichbare Städte dagegen grün. Das Ruhrgebiet wird aufgrund der Dichte der Städte zur besseren Visualisierung in einem separaten Fenster dargestellt. Die ICE-Strecken sind des Weiteren schwarz hinterlegt, um nachfolgend zu überprüfen, ob unsere ursprünglich getroffene Annahme, dass Städte, welche an den Hochgeschwindigkeitsstrecken liegen, eine bessere Erreichbarkeit aufweisen als abgelegene, richtig ist. Die Richtigkeit dieser Annahme verdeutlicht sich anhand der Abbildung 1, bei der tendenziell beobachtet werden kann, dass Städte ohne Anschluss an das ICE-Netz schlechter erreichbar sind. Besonders

beim Ruhrgebiet kann man erkennen, dass eine gute schieneninfrastrukturelle Anbindung an das Hochgeschwindigkeitsnetz für die Erreichbarkeit der jeweiligen Stadt bedeutend ist. Jenseits der ICE-Strecken gelegene Städte wie Remscheid oder Bergisch Gladbach erreichen nur unterdurchschnittliche Indexwerte. Unter den sächsischen Städten ist vor allem Chemnitz ohne eigenen ICE-Anschluss sehr schlecht an das deutsche Schienennetz angebunden.

Nichtsdestotrotz spielen in der vorliegenden Studie die Fahrpläne keine Rolle für die Berechnungen. RIETVELD und BRUNSMAS (1998) haben gezeigt, welchen Einfluss die aufgrund der Existenz von Fahrplänen zustande gekommene planmäßige Verspätung (engl. Scheduled

**Abbildung 1: Die Erreichbarkeit im deutschen Schienenverkehr: PCA-Indizes**



Quelle: Eigene Berechnungen.

Delay) haben kann. Eine Berücksichtigung von Fahrplänen kann dementsprechend zu abweichenden Ergebnissen führen.

## 5. Zusammenfassung

In diesem Beitrag haben wir die Erreichbarkeit im deutschen Schienenpersonenverkehr untersucht. Dabei wurde die Hauptkomponentenmethode zur Synthetisierung von partiellen Erreichbarkeitsindizes für die 80 größten Städte Deutschlands angewandt.

Mit Ausnahme der Bundeshauptstadt Berlin sind alle Städte im Osten Deutschlands nur unterdurchschnittlich bis sehr schlecht erreichbar. Insbesondere sind die Städte Sachsens weit abgeschlagen auf den hintersten Plätzen des nationalen Rankings zu finden, was auf eine unterdurchschnittliche Qualität der Schieneninfrastruktur schließen lässt. Die in Deutschland zentral gelegenen Städte sowie Städte mit großer wirtschaftlicher Bedeutung oder einem guten Anschluss an das deutsche ICE-Netz sind dagegen sehr gut erreichbar. Jedoch zeigt sich z. B. im Fall der Stadt Siegen, dass zentral gelegene Städte nicht automatisch durch eine gute Erreichbarkeit ausgezeichnet sind, wenn der Anschluss an das ICE-Hochgeschwindigkeitsnetz nicht gewährleistet ist. Zudem zeigt es sich, dass die starke Konzentration von ICE-Strecken auf die Einbindung der Bundeshauptstadt zwar punktuelle Verbesserungen hinsichtlich der Erreichbarkeit Berlins erzielt hat, die aber auf Kosten anderer ostdeutscher Städte geschehen ist.

Es bleibt anzumerken, dass die von uns gewählte Variante der Quantifizierung der Erreichbarkeit im Schienenpersonenverkehr nur eine von vielen ist. Wir sind aber der Meinung, dass ein synthetischer Ansatz (DEA oder PCA) den Partialindikatoren aufgrund derer Heterogenität deutlich überlegen ist und dieser bei Projektbewertungen berücksichtigt werden sollte. Somit kann neben der klassischen Projektbewertung im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans ein globales Bild über die Wirkung von Investitionen in Verkehrsnetzen und deren Bedeutung für einzelne Regionen gezeichnet werden. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang die Wirkung von Infrastrukturprojekten auf die Dispersion der Erreichbarkeit zu nennen. Investitionen in bereits gut angebundenen Regionen steigern die vorhandene Ungleichheit und eventuell auch die Rivalität zwischen den Regionen und/oder den Bundesländern. Die hier vorgestellte Methodik kann deshalb ein nützliches Hilfsinstrument darstellen, eine auf die Regionen ausgerichtete Investitionspolitik zu unterstützen.

Um Wirtschaftswachstum in der Fläche zu fördern, ungleichgewichtigen Erreichbarkeitsentwicklungen vorzu-

beugen und so zukünftige demographische Verwerfungen abzumildern, sollte in Zukunft ein größeres Augenmerk auf die bundesweite Wirkung von Schieneninfrastrukturprojekten und die Anbindung weiterer ostdeutscher Großstädte gelegt werden, indem bestehende Lücken im Hochgeschwindigkeitsnetz der Bahn weiter abgebaut werden.

Im Güterverkehr fehlen bisher jedoch empirische Erreichbarkeitsuntersuchungen. Ein weiteres Forschungsfeld stellt die Integration von Fahrplänen und Schedule Delays in Erreichbarkeitskonzepten dar.

## Literatur

- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W. und R. WEIBER (2011): Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 13. Aufl., Springer Science +Business Media, Heidelberg, S. 329–393.
- EVANGELINOS, C. und S. EBERT (2011): Zur Erreichbarkeit regional-ökonomischer Zentren: Die Messbarkeit verkehrlicher Anbindungsqualität. In: ifo Dresden berichtet, Jg. 18, H. 1, S. 33–39.
- GEURS, K. T. und J. R. RITSEMA VAN ECK (2001): Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economic impacts. In: RIVM report 408505 006.
- GUTIÉRREZ, J. (2001): Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. In: Journal of Transport Geography, Jg. 9, H. 4, S. 229–242.
- HÜTTNER, M. und U. SCHWARTING (2008): Exploratorische Faktorenanalyse. In: HERRMANN, A.; HOMBURG, C. und M. KLARMANN (2008): Handbuch Marktforschung. 3. Aufl., Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/GWV Fachverlage, Wiesbaden, S. 241–270.
- MARTÍN, J. C. und A. REGGIANI (2007): Recent methodological developments to measure spatial interaction: synthetic accessibility indices applied to high-speed train investments. In: Transport Reviews, Jg. 27, H. 5, S. 551–571.
- RIETVELD, P. und F. BRUINSMA (1998): Is Transport Infrastructure Effective? Transport Infrastructure and Accessibility: Impacts on the Space Economy. 1. Aufl., Springer, Berlin.
- SCHULZ, A.-C. und J. BRÖCKER (2007): Die Erreichbarkeit der Arbeitsmärkte für Berufspendler aus den Gemeinden Schleswig-Holsteins. In: IAB regional, Berichte und Analysen, IAB Nord, Nr. 01/2007, S. 1–21.
- WASHINGTON, S. P.; KARLAFTIS, M. G. und F. L. MANNERING (2003): Statistical and econometric methods for trans-

portation data analysis. Chapman & Hall / CRC, Boca Raton, Florida, S. 193–203.

WIELAND, B. (2007): Infrastruktur. In: SCHÖLLER, O.; CANZLER, W. und A. KNIE (2007): Handbuch Verkehrspolitik. 1. Aufl., VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage, Wiesbaden, S. 376–404.

### Internet

DEUTSCHE BAHN AG (Hrsg.) (2011): „Investor Relations, Geschäftsbericht 2010 – Online Version“, [http://www1.deutschebahn.com/linkableblob/ecm2-db-de/1509634/data/2010\\_gb\\_dbkonzern-data.pdf;jsessionid=9A115912D216A3B7B4B85C638E6600BC.ecm-ext-cae-slave1-buchholz](http://www1.deutschebahn.com/linkableblob/ecm2-db-de/1509634/data/2010_gb_dbkonzern-data.pdf;jsessionid=9A115912D216A3B7B4B85C638E6600BC.ecm-ext-cae-slave1-buchholz) (27.07.2011), S. 55.

<sup>1</sup> Trotz der ausschließlichen Betrachtung des Personenverkehrs bleibt anzumerken, dass es im Güterverkehr an empirischen Erreichbarkeitsstudien mangelt. Hier besteht zukünftig weiterer Forschungsbedarf.

<sup>2</sup> Wir werden im Folgenden die in die Faktorenanalyse eingebettete Hauptkomponentenmethode zur Berechnung des Gesamterreichbarkeitsindex einer jeden Stadt verwenden, weil davon auszugehen ist, dass die Partialindikatoren der Erreichbarkeitsquantifizierung ähnliche Beziehungszusammenhänge (wenn auch nicht unbedingt in gleicher Ausprägung) aufweisen. Nichtsdestotrotz ist diese Methode ähnlich der PCA und generiert die gleichen Rangfolgen, lediglich die tatsächlichen Faktorenwerte unterscheiden sich.

<sup>3</sup> Zudem bereitet die DEA aufgrund ihres produktionstheoretischen Bezugs einige konzeptionelle Schwierigkeiten.

<sup>4</sup> Das Ruhrgebiet ist aufgrund der dort geballten Wirtschaftsaktivität und hohen Einwohnerzahl eine das Gesamterreichbarkeitsbild verzerrende Agglomeration, wie bereits oben vor allem beim Partialindikator Wirtschaftspotenzial ersichtlich wurde. 14 der 22 Städte erreichen in der Analyse sehr hohe Indexwerte und nur Remscheid und Moers liegen deutlich unter dem Durchschnitt. Aufgrund der kurzen Wege und der vielen Städte mit teilweise hohen BIP wäre es durchaus sinnvoll, das Ruhrgebiet in zukünftigen Erreichbarkeitsstudien für Deutschland zu einem großen Ballungsgebiet zusammenzufassen.

<sup>5</sup> Die graphische Darstellung erfolgt mit Hilfe des GIS ARC/INFO.