Spiekermann & Wegener
Stadt- und Regionalforschung

Lindemannstraße 10
D-44137 Dortmund

Tel. +49 231 1899 439/441
Fax +49 231 1899 443

Klaus Spiekermann

Erreichbarkeitsszenarien für die Metropolregion Rhein-Ruhr

Abschlussbericht

Dortmund, Juni 2005

Inhalt

1. Einleitung 3

2. Erreichbarkeitskonzepte 4

3. Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr 7

4 Erreichbarkeit Rhein-Ruhr im europäischen Kontext 14

5. Regionale Erreichbarkeitsverhältnisse in Rhein-Ruhr 20

5.1 Aktuelle regionale Erreichbarkeitsverhältnisse 20

5.2 Infrastrukturausbau und regionale Erreichbarkeit 26

6. Fazit 46

7 Literatur 48

1 Einleitung

Ziel des in diesem Bericht dokumentierten Projekts war es, die unterschiedlichen Standorte der Metropolregion Rhein-Ruhr hinsichtlich ihrer Erschließungsqualität unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsmittel vergleichend zu bewerten. Dazu sollten die heutigen Erreichbarkeitspotentiale von Teilräumen der Stadtregion (Stadtteile in kreisfreien Städten bzw. kreisangehörige Kommunen) berechnet werden als auch der Einfluss verschiedener Szenarien zur Verkehrsinfrastrukturentwicklung auf diese Erreichbarkeitspotentiale abgeschätzt werden.

Zur Erreichung des Projektziels wurde das bei S&W vorhandene Erreichbarkeitsmodell und dessen Verkehrsinfrastrukturdatenbasis so angepasst und erweitert, dass eine differenzierte Betrachtung der Teilräume der Metropolregion möglich wurde.

Der Bericht fasst zunächst die wichtigsten Konzepte zur Erreichbarkeit zusammen (Kapitel 2). Danach wird das für diese Studie entwickelte Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr vorgestellt (Kapitel 3). Basierend auf einer früheren Studie wird im Kapitel 4 die Erreichbarkeit des Agglomerationsraums im europäischen Kontext diskutiert und mit anderen europäischen Metropolräumen verglichen. Im Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Erreichbarkeitsmodellierung diskutiert, zunächst die aktuellen Erreichbarkeitsverhältnisse innerhalb der Metropolregion Rhein-Ruhr, anschließend die Veränderungen der Erreichbarkeiten durch unterschiedliche Formen der Investition in die Verkehrsinfrastruktur des Agglomerationsraums. Der Bericht schließt mit einem kurzen Fazit (Kapitel 6).

Besonderer Dank gilt Björn Schwarze vom Institut für Raumplanung, Universität Dortmund (IRPUD), der die Verkehrsnetzdatenbasis für die Erreichbarkeitsmodellierung erstellt hat sowie Nils Leber (S&W) für die Erstellung der Strukturdatenbasis der Gemeinden und Stadtteile in der Metropolregion Rhein-Ruhr..

2 Erreichbarkeitskonzepte

Erreichbarkeit beschreibt die Lagequalität eines Ortes in Bezug auf potenzielle Gelegenheiten für Kontakte, Besuche oder Warenaustausch. Erreichbarkeit ist ein Maß für den Nutzen, den Einwohner oder Betriebe aufgrund der Verbindungsqualität eines Ortes theoretisch erzielen können. Sie ist damit eine bedeutende Dimension des Verkehrssystems. Besitzt eine Stadt eine hohe Erreichbarkeit, kann allgemein von einem Standortvorteil für wirtschaftliche, aber auch für private Aktivitäten ausgegangen werden.

Erreichbarkeit kann durch eine Vielzahl unterschiedlichster Indikatoren gemessen werden. Für die Bildung von Erreichbarkeitsindikatoren können eine Reihe von Dimensionen herangezogen werden (Wegener et al., 2001):

- **Quellen.** Erreichbarkeitsindikatoren können aus Sicht unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen wie sozialer oder Altersgruppen berechnet werden, aus Sicht unterschiedlicher Personengruppen wie Geschäftsreisende oder Touristen oder aus Sicht unterschiedlicher wirtschaftlicher Akteure wie Branchen oder Unternehmen.

- **Ziele.** Erreichbarkeitsindikatoren können die Lage eines Gebiets im Raum in Bezug auf Gelegenheiten, Aktivitäten und Ressourcen wie Bevölkerung, Wirtschaft, Universitäten oder touristische Sehenswürdigkeiten messen. Die Ziele können auf unterschiedliche Weise berücksichtigt werden: nur Ziele über einer bestimmten Größe, alle Ziele proportional zu ihrer Größe oder stärkere Gewichtung der größeren Ziele um Agglomerationseffekte auszudrücken.

- **Raumüberwindungswiderstand.** Der Raumüberwindungswiderstand kann als Funktion eines oder mehrerer Merkmale der Verkehrsverbindungen zwischen den Gebieten ausgedrückt werden. Mögliche Merkmale sind Entfernung (Luftlinie oder über Verkehrsnetze), Reisezeit, Transportkosten, Bequemlichkeit, Zuverlässigkeit oder Sicherheit. Der Raumüberwindungswiderstand kann auf unterschiedliche Weise in die Berechnung eingehen: als mittlerer Raumüberwindungswiderstand aller Ziele, als Obergrenze (entferntere Ziele werden überhaupt nicht berücksichtigt) oder nichtlinear (entferntere Ziele werden geringer berücksichtigt).

- **Restriktionen.** Die Nutzung von Verkehrsverbindungen kann durch Vorschriften wie Geschwindigkeitsbeschränkungen, Fahrverbote für bestimmte Fahrzeuggrößen oder Fahrzeitobergrenzen sowie durch Kapazitätsbeschränkungen durch Steigungen, Gefällestrecken oder Verkehrsstaus eingeschränkt werden.

- **Barrieren.** Zusätzlich zum Raumüberwindungswiderstand können nichträumliche, z.B. politische, wirtschaftliche, rechtliche, kulturelle oder sprachliche Barrieren zwischen Gebieten berücksichtigt werden, umgekehrt auch spezielle nicht räumliche Beziehungen zwischen Gebieten wie z.B. eine komplementäre Wirtschaftsstruktur.

- **Verkehrsarten.** Es ist möglich, entweder nur den Personenverkehr, nur den Güterverkehr oder beide Verkehrsarten zu betrachten.

- **Verkehrsmittel.** Erreichbarkeitsindikatoren können für die Straße, die Schiene, die Binnenwasserstraßen oder den Luftverkehr berechnet werden. Multimodale Erreichbarkeitsindikatoren verknüpfen Erreichbarkeitsindikatoren verschiedener Verkehrsmittel. Intermodale Erreichbarkeitsindikatoren berücksichtigen Reisen mit mehr als einem Verkehrsmittel.

- **Räumlicher Maßstab.** Die Berechnung von Erreichbarkeitsindikatoren im europäischen, transnationalen oder regionalen Maßstab erfordert Daten in unterschiedlicher räumlicher Auflösung sowohl in Bezug auf die Gebietsgröße als auch hinsichtlich der Darstellung der Verkehrsnetze, des Zugangs von den Regionen zu den Verkehrsnetzen und der Warte- und Umsteigezeiten innerhalb von Verkehrsknoten.

- **Gerechtigkeit.** Erreichbarkeitsindikatoren können für bestimmte Gruppen von Gebieten berechnet werden, um Ungleichgewichte in der Erreichbarkeit zwischen reichen und armen, zentralen und peripheren, städtischen und ländlichen und an Verkehrsknoten oder fern von Verkehrstrassen gelegenen Gebieten herauszufinden.

- **Dynamik.** Erreichbarkeitsindikatoren können für unterschiedliche Zeitpunkte berechnet werden, um Veränderungen in der Erreichbarkeit durch Verkehrsinfrastrukturinvestitionen oder andere verkehrspolitische Maßnahmen und deren Einfluss auf Verringerung oder Vergrößerung der Unterschiede in Erreichbarkeit aufzuzeigen.

Erreichbarkeitsindikatoren unterscheiden sich durch den Grad der Komplexität mit denen diese Dimensionen abgebildet werden. Einfache Indikatoren geben beispielsweise Informationen über die Verkehrsinfrastrukturausstattung einer Gebietseinheit wie etwa die Länge der Autobahnen oder die Anzahl der Bahnhöfe im Fernverkehr (Biehl 1986; 1991). Diese Indikatoren treffen jedoch keine Aussagen über die Verbindungsqualität zu anderen Orten.

Komplexere Erreichbarkeitsindikatoren berechnen die Attraktivität eines Ortes als Funktion der Aktivitäten bzw. Gelegenheiten an diesem Ort selbst und an anderen Orten und dem Aufwand, diese mittels unterschiedlicher Verkehrsmittel zu erreichen (vgl. z.B. Bökemann, 1982; Bruinsma und Rietveld, 1996; Schürmann u.a., 1997). Komplexere Indikatoren sind so Konstrukte aus zwei Größen: den Aktivitäten und Gelegenheiten, die zu erreichen sind, und dem Aufwand, diese zu erreichen:

$$A_i = \sum_j g(W_i) f(c_{ij})$$

wobei A_i die Erreichbarkeit eines Gebiets *i* darstellt, W_j die Aktivität *W*, die in Gebiet *j* erreicht wird, und c_{ij} die generalisierten Kosten, um Gebiet *j* vom Gebiet *i* aus zu erreichen. Die Funktionen g(W_j) und f(c_{ij}) werden entsprechend als *Aktivitätsfunktionen* und *Widerstandsfunktionen* bezeichnet. Sie sind multiplikativ miteinander verknüpft, d.h. gewichten sich gegenseitig, sind also beide notwendige Elemente der Erreichbarkeit. In anderen Worten, die Erreichbarkeit A_i ist die Summe der mit der Leichtigkeit der Raumüberwindung zwischen *i* und *j* gewichteten Aktivitäten in *j*.

Komplexere Erreichbarkeitsindikatoren spezifizieren diese beiden Komponenten in verschiedener Art und Weise. Sie lassen sich in drei generische Indikatorengruppen einteilen (Schürmann u.a., 1997; Wegener u.a., 2001):

- ***Reiseaufwand:*** Falls nur bestimmte Ziele von Interesse sind, beispielsweise Städte mit einer Mindestbevölkerungszahl, wird Erreichbarkeit als gesamter oder durchschnittlicher Reiseaufwand von den Ausgangsorten zu diesen Zielen gemessen. Reiseaufwand wird dabei gewöhnlich als Reisezeit oder Reisekosten ausgedrückt (vgl. z.B. Lutter u.a., 1993).

- ***Tägliche Erreichbarkeit:*** Falls nur Ziele von Interesse sind, die innerhalb eines vorgegebenen Reisebudgets (Zeit, Kosten) zu erreichen sind, werden die mit solchen Restriktionen erreichbaren Zielaktivitäten zur Erreichbarkeit der Ausgangsorte summiert. Die Rationalität dieses Indikatortyps orientiert sich am Geschäftsreisenden, der innerhalb eines Tages zu einem anderen Ort reist, seine Geschäfte dort erledigt und abends zurückkehrt (Törnqvist, 1970).

- ***Potentialerreichbarkeit:*** Dieser Indikatortyp basiert auf der Annahme, dass die Attraktivität von Gelegenheiten mit deren Größe steigt, aber mit wachsendem Reiseaufwand sinkt. Das Erreichbarkeitspotential eines Ortes wird so aus der Summe aller über den Reiseaufwand gewichteten Zielaktivitäten (z.B. Bevölkerung oder Unternehmen) berechnet (Hansen, 1959; Keeble u.a., 1982; 1988).

Tabelle 2.1 zeigt die gebräuchlichsten Spezifizierungen der Funktionen g*(W_j)* und f*(c_{ij})* für die drei Typen von Erreichbarkeitsindikatoren, wobei W_{min} und c_{max} Konstanten sind und und Parameter.

Tabelle 2.1. Typen von Erreichbarkeitsindikatoren.

Typen von Erreichbarkeit	Aktivitätsfunktion $g(W_j)$	Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$
Reiseaufwand Reiseaufwand (Zeit, Kosten) zu ausgewählten Aktivitäten	W_j 1 if $W_j \geq W_{max}$ 0 if $W_j < W_{max}$	c_{ij}
Tägliche Erreichbarkeit Aktivitäten innerhalb eines vorgegebenen Reiseaufwands	W_j	1 if $c_{ij} \leq c_{max}$ 0 if $c_{ij} > c_{max}$
Potentialerreichbarkeit Aktivitäten gewichtet mit Funktion des Reiseaufwands	W_j^{α}	$\exp(-\ c_{ij})$

Jeder der drei Typen von Erreichbarkeit hat seine spezifischen Vor- und Nachteile. Reiseaufwandsindikatoren und die tägliche Erreichbarkeit sind einfach zu verstehen und damit einfacher zu kommunizieren; aber es fehlt ihnen im Allgemeinen die theoretische Fundierung. Potentialerreichbarkeitsindikatoren basieren auf empirisch abgesicherten Verhaltensgrundsätzen der stochastischen Nutzenmaximierung; aber sie enthalten zu spezifizierende Parameter und können nicht in gebräuchlichen Größen wie Reisezeit oder Personenzahl ausgedrückt werden.

Von diesen drei Grundtypen von Erreichbarkeitsindikatoren kann eine nahezu unbegrenzte Zahl von Erweiterungen und abgeleiteten Indikatoren entwickelt werden (z.B. Ruppert, 1975). Die wichtigsten abgeleiteten Indikatoren sind multimodale und intermodale Erreichbarkeiten. Hier bleiben die obigen Funktionen erhalten, der Unterschied liegt in der Art und Weise wie der Verkehrsaufwand berechnet wird.

- ***Multimodale Erreichbarkeit***. Erreichbarkeitsindikatoren werden meistens für einzelne Verkehrsarten berechnet und präsentiert, um die Unterschiede in der Erreichbarkeit der einzelnen Verkehrsmittel zu zeigen. Wenn die kombinierte Wirkung der verschiedenen Verkehrsmittel für die Erreichbarkeit gezeigt werden soll, kann entweder für jede einzelne Relation das Verkehrsmittel mit dem geringsten Reiseaufwand benutzt werden oder es wird ein aggregiertes Erreichbarkeitsmaß, die multimodale Erreichbarkeit, verwandt, bei der der Reiseaufwand sich aus dem Reiseaufwand der einzelnen Verkehrsmittel zusammensetzt.

- ***Intermodale Erreichbarkeit***. Eine zweite Möglichkeit der Verfeinerung ist die Berechnung intermodaler Erreichbarkeit. Hierbei können Fahrten abgebildet werden, bei der zwei oder mehrere Verkehrsmittel genutzt werden.

Im Rahmen dieser Studie wurde aus der Vielzahl der möglichen Erreichbarkeitskonzepte die Potentialerreichbarkeit gewählt, da diese theoretisch und empirisch am Fundiertesten ist. Berechnet werden modale und multimodale Erreichbarkeiten. Die Spezifizierung des Erreichbarkeitsmodells Rhein-Ruhr ist im folgenden Kapitel dargelegt.

3 Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr

Im Rahmen des Projekts sollten die unterschiedlichen Standorte der Metropolregion Rhein-Ruhr hinsichtlich ihrer Erschließungsqualität unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsmittel vergleichend bewertet werden. Dazu sollten die heutigen Erreichbarkeitspotentiale von Teilräumen der Stadtregion (Stadtteile in kreisfreien Städten bzw. kreisangehörige Kommunen) berechnet werden als auch der Einfluss verschiedener Szenarien zur Verkehrsinfrastrukturentwicklung auf diese Erreichbarkeitspotentiale abgeschätzt werden. Zur Erreichung des Projektziels wurde das bei S&W vorhandene Erreichbarkeitsmodell und dessen Verkehrsinfrastrukturdatenbasis so angepasst und erweitert, dass eine differenzierte Betrachtung der Teilräume der Metropolregion möglich wurde. Dieses Kapitel beschreibt das entwickelte Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr mit seinen wesentlichen Elementen und Datengrundlagen.

Das Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr berechnet Potentialerreichbarkeiten für alle Teilräume der Metropolregion. Bei der Potentialerreichbarkeit wird angenommen, dass die Attraktivität eines Ziels mit seiner Größe steigt, aber mit zunehmendem Reiseaufwand geringer wird. Die Erreichbarkeit eines Ortes ist dann die Summe der Aktivitäten in allen Orten einschließlich des betrachteten Ortes, aber diskontiert über den Reiseaufwand. Mathematisch beschreiben lässt sich die Potentialerreichbarkeit als

$$A_i = \sum_j W_j \exp(-\beta c_{ij})$$

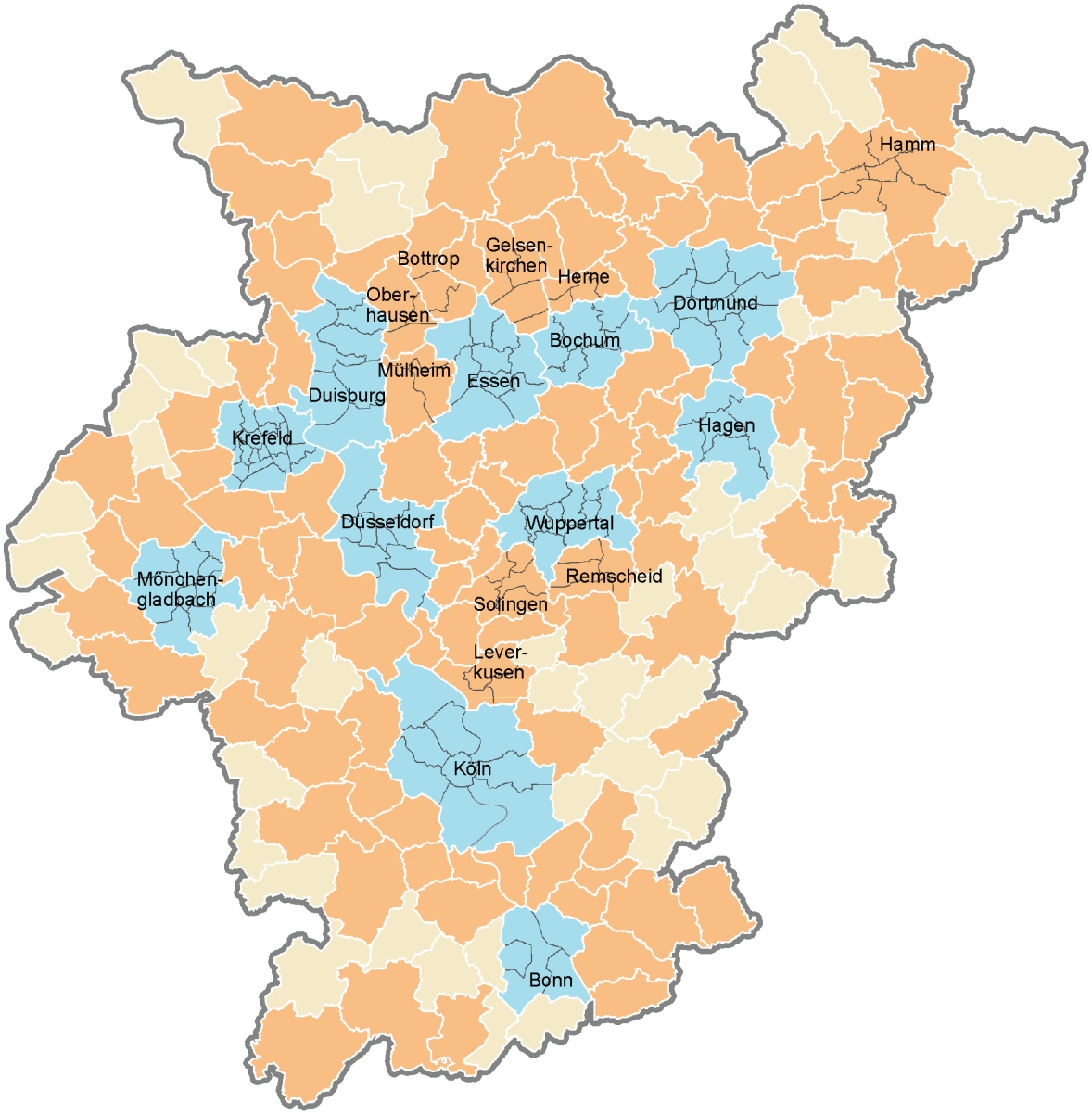
wobei A_i die Erreichbarkeit des Teilraums i ist, W_j sind die interessierenden Aktivitäten in der Zielregion j, und c_{ij} ist der Reiseaufwand zwischen der betrachteten Region i und der jeweiligen Zielregion j. Der Parameter β dient zur Gewichtung des Verhältnisses zwischen nahe gelegenen und entfernt gelegenen Zielregionen.

Die Spezifierung des Erreichbarkeitsmodells Rhein-Ruhr und seine Datengrundlagen lassen sich mit den in Kapitel 2 diskutierten Dimensionen von Erreichbarkeit beschreiben:

Quellen

Die Erreichbarkeitspotentiale werden für Teilräume der Metropolregion Rhein-Ruhr berechnet. Die äußere Abgrenzung der Metropolregion folgt derjenigen des GEMACA Projekts, in dem Berufspendlerverflechtungen Grundlage für die Abgrenzung des Metropolenraums als funktionale Stadtregion waren. Allerdings wurde die GEMACA Abgrenzung für diese Studie im östlichen Bereich durch die Hinzunahme der sieben Gemeinden Werne, Ascheberg, Ahlen, Lippetal, Werl, Menden und Wipperfürth arrondiert, insbesondere um die direkt an das größere Mittelzentrum Hamm anliegenden Gemeinden in die Untersuchung zu integrieren.

Um eine differenzierte Betrachtung der Lagequalitäten einzelner Teilbereiche der Metropolregion zu ermöglichen, wurde dieser in 274 Teilräume aufgeteilt. Dieses sind 136 kreisangehörige Gemeinden sowie 138 Stadtteile in den 20 kreisfreien Städten. Abbildung 3.1 zeigt die Metropolregion Rhein-Ruhr mit ihrer zentralörtlichen Gliederung und mit ihrer hier benutzten internen räumlichen Aufgliederung. Die einzelnen Teilräume werden jeweils durch einen so genannten Zentroiden repräsentiert, der durch den zentralsten Punkt wie das Stadt- oder Stadtteilzentrum markiert wird. Alle Berechnungen gehen von diesem Punkt aus.



Metropolregion Rhein-Ruhr

- Oberzentrum
- Mittelzentrum
- sonstige Gemeinde

- Gemeindegrenze
- Stadtteilgrenze in kreisfreien Städten

Abbildung 3.1 Untersuchungsraum Metropolregion Rhein-Ruhr.

Ziele

Als zu erreichende Aktivitätsvariable wird die Bevölkerung in Europa benutzt, d.h. mögliche Ziele sind nicht nur die Bewohner des Metropolenraums oder des Landes Nordrhein-Westfalen, sondern auch die Bevölkerung in anderen Bundesländern sowie die in allen anderen europäischen Staaten. Zwar macht letztere Bevölkerungsgruppe durch die niedrige Gewichtung der langen Reisezeiten zu ihnen (s.u.) nur einen sehr geringen Teil des Erreichbarkeitspotentials einer Zone in Rhein-Ruhr aus, aus konzeptionellen Gründen der kompletten Abbildung der Ziele ist deren Einbeziehung jedoch sinnvoll.

Die räumliche Auflösung der Zielregionen variiert entsprechend des Reiseaufwands in die Metropolregion Rhein-Ruhr hinein. Innerhalb des Untersuchungsraumes werden dieselben 274 Teilräume mit ihrer jeweiligen Bevölkerung als Ziele genommen, für die die Erreichbarkeiten berechnet werden. Im verbleibenden Bereich des Landes Nordrhein-Westfalens werden die 240 verbleibenden Gemeinden mit ihrer Bevölkerung als Ziele angesprochen. In den anderen Bundesländern werden Kreise und kreisfreie Städte als Ziele benutzt; in den anderen Staaten Europas werden die so genannten NUTS-3 Regionen mit ihrer Bevölkerung als Ziele verwandt (insgesamt noch 1318 Regionen außerhalb Nordrhein-Westfalens).

Raumüberwindungswiderstand.

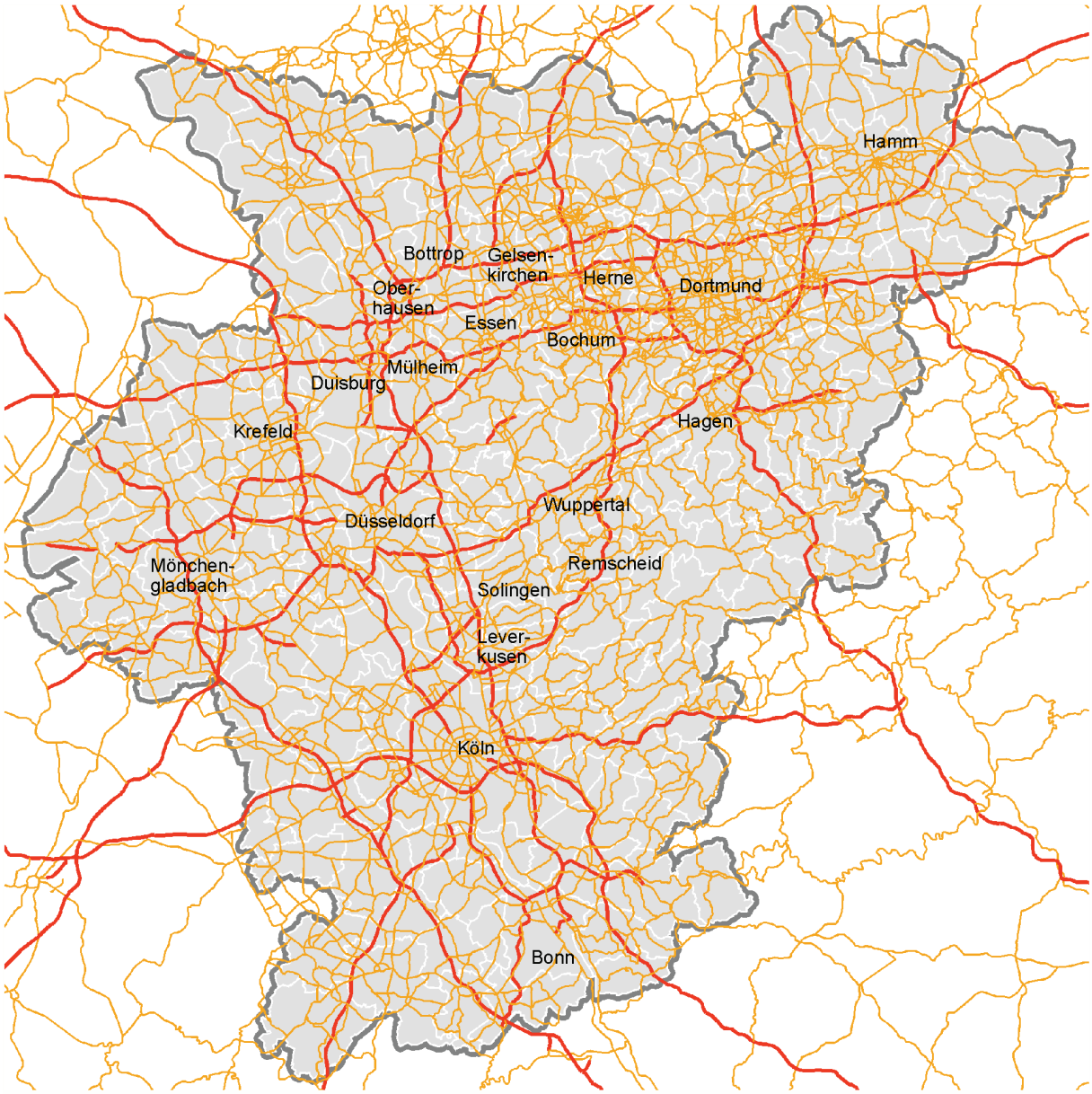
Der Raumüberwindungswiderstand zwischen einer Quell- und einer Zielregion ist die Reisezeit mit dem jeweiligen Verkehrsmittel. Zur Berechnung der Reisezeiten sind digitale Verkehrsnetze für den Straßenverkehr und den öffentlichen Verkehr (Straßen- und Stadtbahn, Eisenbahn) hinterlegt, auf deren einzelnen Streckenabschnitten verschiedene Informationen zur Ermittlung der streckenbezogenen Reisezeiten kodiert sind. Mittels Kürzester-Wege-Algorithmen wird die jeweils kürzeste Reisezeit zwischen Quell- und Zielregion ermittelt.

Abbildung 3.2 zeigt das benutzte Straßennetz differenziert nach Autobahnen und sonstigen Straßen im Bereich der Metropolregion Rhein-Ruhr. Das benutze Straßennetz deckt darüber hinaus den gesamten europäischen Kontinent ab, so dass realistische Reisezeiten auch zu entfernten Zielen ermittelt werden können. Digitale Datenbasis sind die pan-europäischen Verkehrsnetze des Instituts für Raumplanung, Universität Dortmund (IRPUD, 2001), welche innerhalb der Metropolregion für diese Studie noch weiter verdichtet wurden.

Abbildung 3.3 zeigt das für den öffentlichen Verkehr benutzte Verkehrsnetz differenziert nach Bahnstrecken sowie Straßen- und Stadtbahnlinien im Bereich der Metropolregion Rhein-Ruhr. Das tatsächlich benutze Eisenbahnnetz deckt den gesamten europäischen Kontinent ab, so dass realistische Reisezeiten auch zu entfernten Zielregionen ermittelt werden können. Die vorhandene digitale Datenbasis des pan-europäischen Eisenbahnnetzes (IRPUD, 2001) wurde für diese Studie innerhalb des Metropolenraums um die Straßen- und Stadtbahnlinien zur realistischen Anknüpfung der Stadtteile ergänzt.

Zu den Reisezeiten auf den abgebildeten Netzen werden zu Fahrtbeginn und Reiseende noch Zeitzuschläge addiert. Für den Weg aus einem Teilraum zu ihrem Zentroid wird für die Zonen der Metropolregion Rhein-Ruhr einheitlich ein Wert von zehn Minuten angesetzt, in den anderen Zielregionen ist dieser von der Größe und der internen Verteilung der Bevölkerung abhängig. Für den Weg vom Zentroid zu einem 'echten' Netzknoten wird ein entfernungsabhängiger Zuschlag ermittelt, dies ist insbesondere bei Zonen ohne Bahnanschluss wichtig.

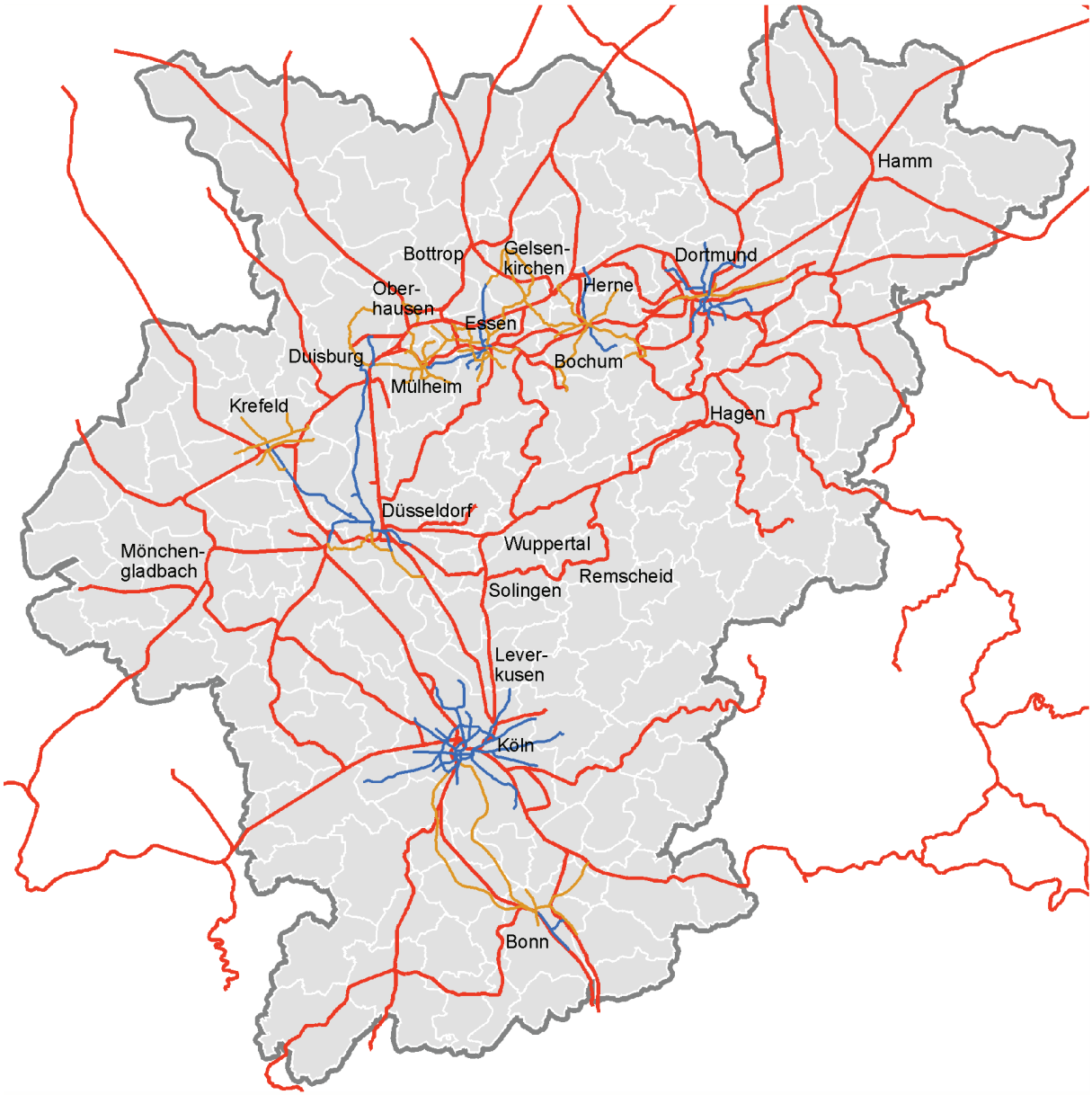
Potentialmodelle bewerten Reisezeiten jedoch nicht linear, vielmehr werden Ziele mit längeren Reisezeiten überproportional abgewertet, um so den beobachtbaren Verhaltensweisen Rechnung zu tragen. Im Erreichbarkeitsmodell erfolgt das Ausmaß dieser Diskontierung mittels der negativen Exponentialfunktion und deren Parameter β (s. Kapitel 2). Da die Erreichbarkeit im regionalen Kontext Gegenstand dieser Studie ist, muss ein dies reflektierender Parameterwert gesetzt werden.



Metropolregion Rhein-Ruhr: Straßennetz

Metropolregion
Autobahn
sonstige Straße

Abbildung 3.2 Straßennetz im Untersuchungsraum.



Metropolregion Rhein-Ruhr: Netz des schienengebundenen Öffentlichen Verkehrs

- Metropolregion
- Eisenbahn
- Stadtbahn
- Straßenbahn

Abbildung 3.3 Netz des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs im Untersuchungsraum.

Als Parameter β wurde ein Wert von 0.015 gesetzt. Abbildung 3.4 zeigt die daraus resultierende Diskontierungsfunktion. Der Parameterwert bewirkt, dass die Bevölkerung einer Zielregion bei einer (theoretischen) Reisezeit von 0 Minuten vollständig in das Erreichbarkeitspotential der Ausgangsregion eingeht, bei einer Reisezeit von 45 Minuten noch mit 50 Prozent, bei einer Reisezeit von etwa 150 Minuten sind dies nur noch 10 Prozent. Hiermit werden Verhaltensmuster im regionalen Kontext gut abgebildet. Sensitivitätsanalysen haben gezeigt, dass eine Modifizierung des Parameters im Bereich des regionalen Kontexts keine grundsätzlichen Unterschiede in der räumlichen Differenzierung der Erreichbarkeit bewirken.

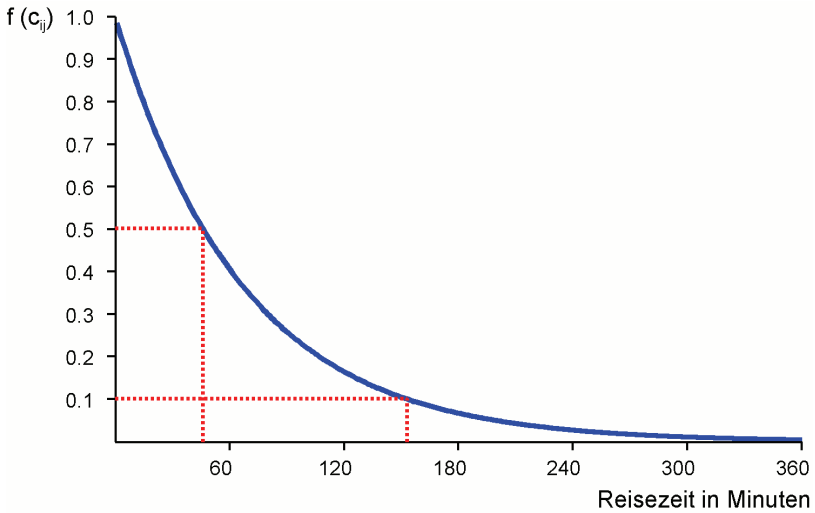


Abbildung 3.4. Gewichtung mittels Reisezeit.

Reisezeitverbesserungen, wie sie in den zu untersuchenden Szenarien auftreten, bewirken, dass die Bevölkerung einer Zielregion mit einem höheren Anteil in das Erreichbarkeitspotential der Ausgangsregion eingeht, da die Zielregion auf der Funktionslinie nach links verschoben wird.

Restriktionen

Im Straßennetz ist die streckentypabhängige und länderspezifische maximal erlaubte Geschwindigkeit die wichtigste Restriktion. Von der maximal erlaubten Geschwindigkeit werden zudem streckentypabhängige Abschläge der Geschwindigkeit gemacht, um realistische Reisezeiten zu erhalten. In der Metropolregion sind stauanfällige Autobahnstrecken gesondert kodiert, die zu weiteren Geschwindigkeitseinbußen führen. Außerhalb der Metropolregion wird die Stauanfälligkeit der einzelnen Streckenabschnitte aufgrund der Dichte der jeweiligen Region zugewiesen.

Im öffentlichen Verkehr sind für die Metropolregion Rhein-Ruhr die Frequenzen bzw. Taktzeiten in der normalen Tagesstunde des Verkehrsangebots kodiert worden. Die Taktzeiten werden in einen Reisezeitkorrekturfaktor umgerechnet, der niedrige Frequenzen in Reisezeitzuschläge umsetzt.

Barrieren.

Nichträumliche Barrieren, wie politische, wirtschaftliche oder kulturelle Unterschiede zwischen Quell- und Zielregion und deren Entwicklung über die Zeit, welche z.B. bei der wachsenden europäischen Integration wichtig ist, sind im Erreichbarkeitsmodell zwar implementiert; da der Fokus hier aber auf der regionalen Erreichbarkeit liegt und zudem die Entwicklung über die Zeit keine Rolle spielt, ist diese Option des Modells nicht genutzt worden.

Verkehrsarten

Zur Ermittlung der Erreichbarkeitsverhältnisse in der Metropolregion Rhein-Ruhr ist lediglich der Personenverkehr berücksichtigt worden.

Verkehrsmittel

Potentialerreichbarkeiten werden sowohl für die Nutzung des Pkw als auch für die Nutzung des öffentlichen schienengebundenen Verkehr ermittelt.

Zudem wird eine multimodale Erreichbarkeit berechnet, bei der die beiden Verkehrsmittel zusammengefasst werden. Bei dieser Aggregation über die beiden Verkehrsmittel wird in der Erreichbarkeitsfunktion der Raumwiderstand eines Verkehrsmittels c_{ij} durch den zusammengesetzten Raumwiderstand ersetzt:

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \ln \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm})$$

wobei c_{ijm} der zusammengesetzte Raumwiderstand mit dem Verkehrsmittel m zwischen i und j ist, und der Parameter λ die Reiseaufwandsempfindlichkeit der Reisenden ausdrückt. Diese Berechnung zusammengesetzter Raumwiderstände ist angemessener als die durchschnittliche Reisezeit der beiden Verkehrsmittel. Bei letzterem würde beispielsweise der Wegfall einer langsamen ÖV-Verbindung zu einer falschen Reduzierung der aggregierten Reisezeit und damit zu einer Erhöhung der Erreichbarkeit führen, obwohl eine Verkehrsmittelalternative nicht mehr vorhanden wäre.

Räumlicher Maßstab

Eine Besonderheit des Erreichbarkeitsmodells Rhein-Ruhr ist die Integration unterschiedlicher räumlicher Maßstäbe in einem Modell. Zum einen werden innerhalb der Metropolregion sowohl bei dem Zonensystem als auch bei den Verkehrsnetzen Informationen mit hoher räumlicher Auflösung benutzt. Bei den weiter entfernt liegenden Regionen werden dagegen größere Regionen und nur noch die Fernverkehrsnetze benutzt wie dies in europaweiten Erreichbarkeitsanalysen üblich ist.

Gerechtigkeit

Der Aspekt der Gerechtigkeit meint im Fall der Erreichbarkeit die räumliche Gleich- oder Ungleichverteilung von verkehrsbezogenen Lagequalitäten. Die Frage der räumlichen Erreichbarkeitsunterschiede wird zunächst durch die kartographisch aufbereiteten Ergebnisse angegangen. Zudem werden die Ergebnisse für einzelne Städte und für einzelne Raumtypen zusammengefasst und verglichen.

Dynamik

Das Erreichbarkeitsmodell Rhein-Ruhr ist prinzipiell in der Lage, Erreichbarkeitsveränderungen über die Zeit zu bestimmen. Als Input sind dafür veränderte Bevölkerungsverteilungen und/oder Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnetze erforderlich. Beide Eingabeänderungen können auf realistischen Annahmen fundieren oder können auch auf eher strategischen Alternativen basieren. Letzteres wird in dieser Studie untersucht, in dem die Erreichbarkeitseffekte verschiedener Szenarien zu sehr unterschiedlichen Optionen von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur analysiert werden.

4 Erreichbarkeit Rhein-Ruhr im europäischen Kontext

Bevor im nächsten Abschnitt die Ergebnisse dieses Projekts zu den Erreichbarkeitsverhältnissen der Metropolregion Rhein-Ruhr im regionalen Kontext präsentiert werden, werden nachfolgend die Ergebnisse einer früheren Studie im Rahmen des GEMACA-Projekts zur Erreichbarkeit der Metropolregion Rhein-Ruhr im europäischen Kontext referiert (Spiekermann u.a., 2001). Für diese Studie wurde eine frühere Version des Erreichbarkeitsmodells benutzt. Der wesentliche Unterschied liegt in der anders gesetzten Entfernungssensibilität, d.h. der unterschiedlichen Gewichtung der Bevölkerung bei gleichem Reiseaufwand. Während bei dieser Studie zur Erreichbarkeit im regionalen Kontext die Bevölkerung eines Ziels bei einer Reisezeit von beispielsweise 45 Minuten mit 50 Prozent und bei einer Reisezeit von etwa 150 Minuten noch mit 10 Prozent in das Erreichbarkeitspotential einging (s. Kapitel 3), wurden bei der GEMACA-.Studie die Zielbevölkerung bei Reisezeiten von 100 Minuten noch mit 50 Prozent und von 330 Minuten immerhin noch mit 10 Prozent angerechnet. Damit wurde in Reisezeit gemessene weiter entfernt wohnende Bevölkerung viel höher gewichtet als nun, d.h. die Spezifizierung bildete Erreichbarkeitspotentiale im europäischen Kontext ab.

Erreichbarkeitspotentiale wurden für NUTS-3 Regionen sowie auf Gemeindeebene für vierzehn nordwest-europäische Agglomerationsräume ermittelt. Erreichbarkeitspotentiale wurden für die Nutzung von Pkw, Bahn und Flugzeug im Personenverkehr berechnet. Die Abbildungen 4.1 bis 4.3 zeigen für die drei Verkehrsmittel die Erreichbarkeitsverhältnisse der vierzehn Verdichtungsräume im nordwest-europäischen Kontext. Die Karten zeigen jeweils standardisierte Erreichbarkeitspotentiale, d.h. für jedes Verkehrsmittel wurde der Durchschnitt der damals fünfzehn Mitgliedsstaaten der Europäischen Union auf 100 gesetzt. Niedrigste Erreichbarkeiten werden mit hellen Gelbtönen angezeigt, um den Durchschnitt liegende mit grün, überdurchschnittliche mit zunehmender Intensität von Blautönen.

Die Karten stellen die hervorragende Erreichbarkeit der Metropolregion Rhein-Ruhr im europäischen Kontext heraus:

- **Erreichbarkeitspotential Straße:** Die Region Rhein-Ruhr, insbesondere der entlang des Rheins gelegene Teilbereich verfügt über die höchste Straßenerreichbarkeit in Europa. Die Erreichbarkeitsindices reichen fast bis an den Wert 250, selbst in den Gemeinden mit geringer Erreichbarkeit liegen sie noch weit über 200 und damit noch weit über den anderen Agglomerationsräumen.

- **Erreichbarkeitspotential Schiene:** Auch hier nimmt die Metropolregion Rhein-Ruhr wieder den europäischen Spitzenplatz ein. Allerdings fällt die Erreichbarkeit innerhalb der Region weitaus stärker ab als bei der Straßenerreichbarkeit, d.h. die intraregionalen Unterschiede sind größer. Zudem erreichen einige andere Agglomerationsräume (z.B. Paris, Brüssel, Randstad und v.a. Rhein-Main) Erreichbarkeitswerte, die in etwa dem Durchschnittswert von Rhein-Ruhr entsprechen, d.h. der Erreichbarkeitsvorsprung ist bei der Schiene schwächer ausgeprägt als bei der Straße.

- **Erreichbarkeitspotential Luftverkehr:** Das Erreichbarkeitsmuster für den Flugverkehr ist räumlich ganz anders ausgeprägt als für die anderen Verkehrsmittel. Nun sind die höchsten Erreichbarkeiten nicht mehr im Raum Rhein-Ruhr zu finden; sie konzentrieren sich vielmehr in einem relativ engen Kreis um die wichtigsten europäischen Flughäfen. Zwar verfügt Rhein-Ruhr auch hier über sehr hohe Werte, diese werden jedoch noch von den Toplagen in Rhein-Main, der Randstad, Brüssel und Paris übertroffen.

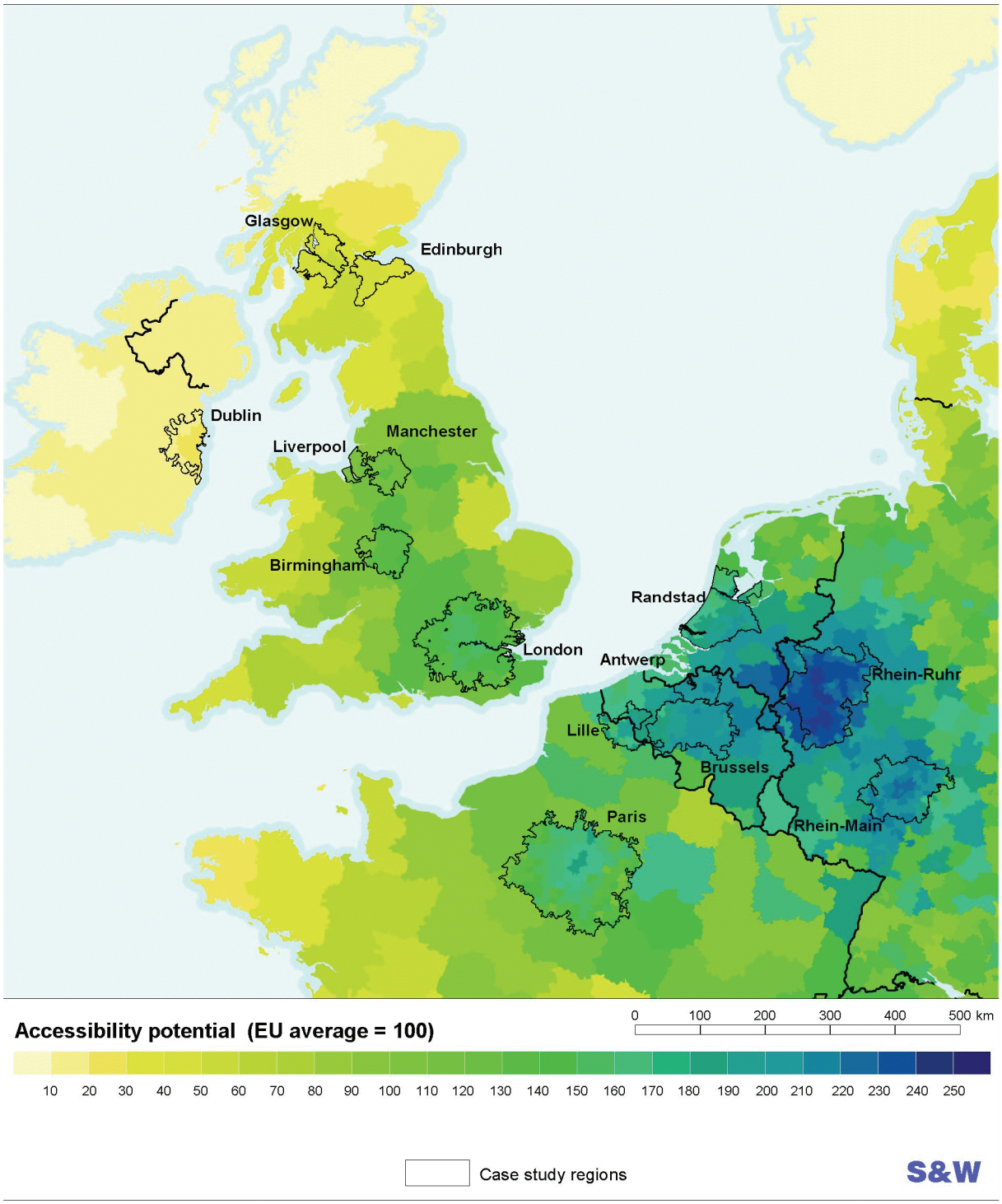


Abbildung 4.1 Erreichbarkeitspotential im Straßenverkehr in Nord-West Europa (Spiekermann u.a., 2001).

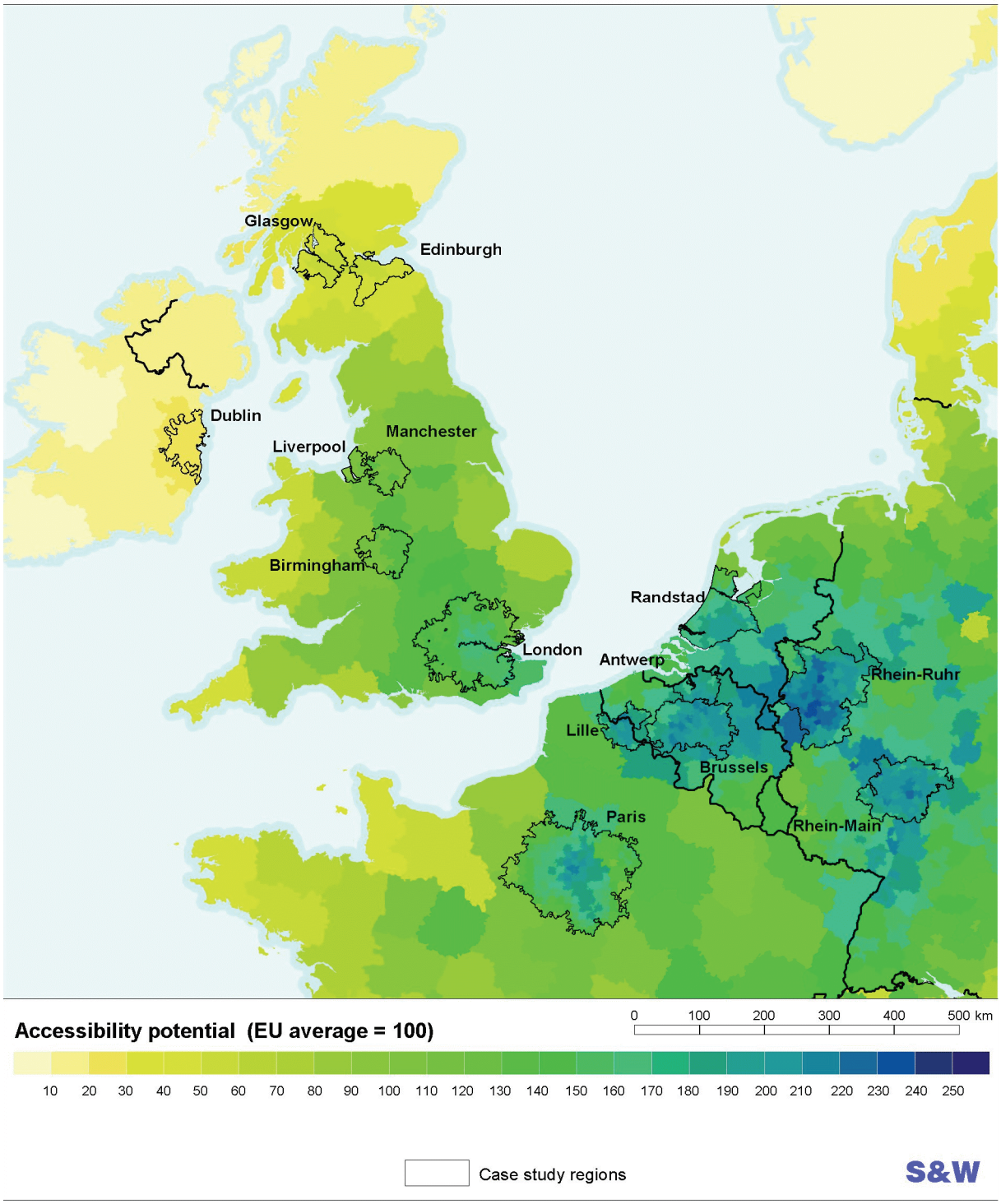


Abbildung 4.2 Erreichbarkeitspotential im Schienenverkehr in Nord-West Europa (Spiekermann u.a., 2001).

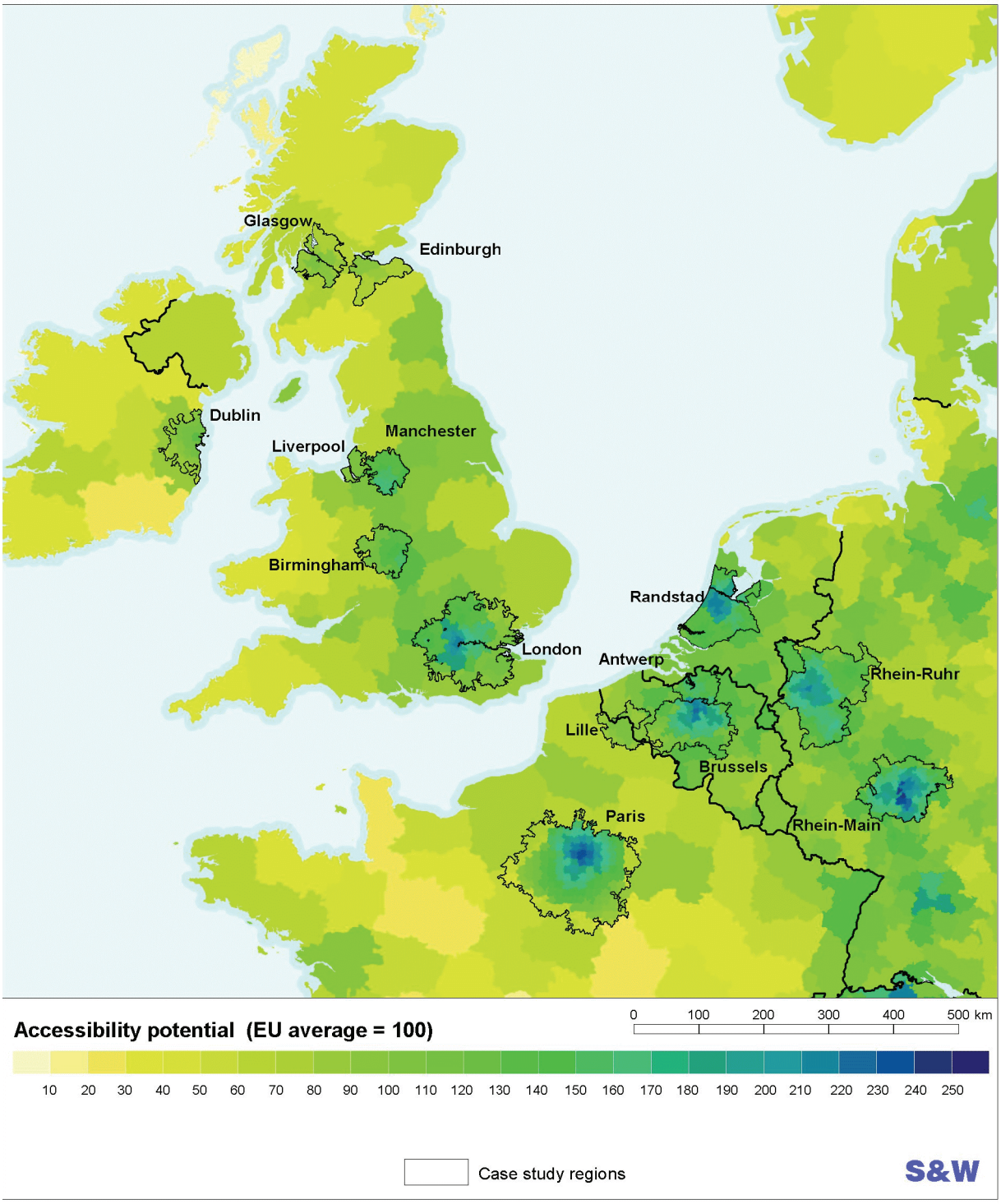


Abbildung 4.3 Erreichbarkeitspotential im Luftverkehr in Nord-West Europa (Spiekermann u.a., 2001).

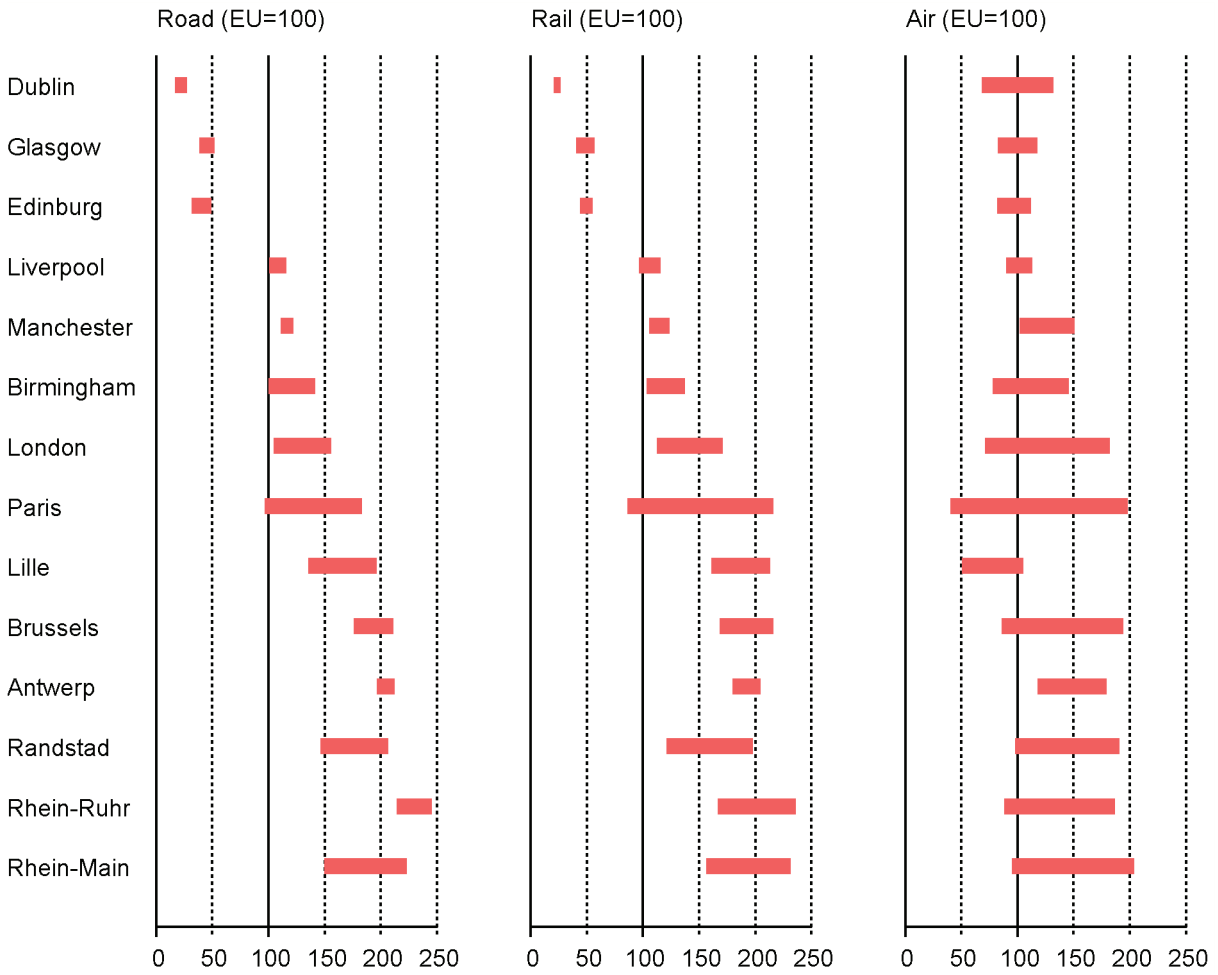


Abbildung 4.4 Erreichbarkeitspotentiale nordwesteuropäischer Agglomerationsräume (Spiekermann u.a., 2001).

Abbildung 4.4 fasst die wesentlichen Ergebnisse der Erreichbarkeitsstudie für das GEMACA-Projekt in vergleichender Form für die vierzehn nordwesteuropäischen Agglomerationsräume zusammen. Die Abbildung zeigt für jede Region die Spannweite der Erreichbarkeiten für Straße, Schiene und Luftverkehr; alle Werte sind wie in den Karten zuvor auf den jeweiligen Durchschnitt der Europäischen Union mit fünfzehn Mitgliedsstaaten standardisiert (EU = 100). Die Abbildung erlaubt so weitere Aussagen zur lagebezogenen Wettbewerbsposition der Agglomerationsräume in Europa:

- **Dublin** leidet unter der isolierten Insellage, welche eine Integration in die europäischen Straßen- und Schienennetze verhindert. Die Erreichbarkeitspotentiale für Straße und Schiene sind die niedrigsten von allen Verdichtungsräumen. Die Region wird hierfür aber teilweise durch die guten Luftverkehrsverbindungen einschließlich einiger Interkontinentalverbindungen entschädigt. Das Erreichbarkeitspotential im Luftverkehr ist deutlich über dem europäischen Durchschnitt und stellt so einen wichtigen Lagevorteil einer ansonsten abgelegenen Region dar.

- **Glasgow** und **Edinburgh** sind ebenfalls durch ihre periphere Lage benachteiligt; zu den nächsten Agglomerationsräumen in England beträgt die Distanz schon mehr als 300 km. Dementsprechend betragen die Erreichbarkeitspotentiale für Straße und Schiene nur etwa die Hälfte des europäischen Durchschnitts. Die Luftverkehrsverbindungen sind im Vergleich zu Dublin weitaus weniger entwickelt. Das entsprechende Erreichbarkeitspotential bewegt sich nur um den europäischen Durchschnitt und kann so die periphere Lage nicht wirklich kompensieren.

- **Liverpool, Manchester** und **Birmingham** sind weniger peripher gelegen als die zuvor beschriebenen Regionen. Trotzdem liegen die Erreichbarkeitspotentiale für Straße und Schiene nur etwas über dem europäischen Durchschnitt und somit weitaus niedriger als in anderen europäischen Agglomerationsräumen. Vorteile von Manchester und Birmingham sind im Anschluss an den internationalen Luftverkehr zu sehen, das Erreichbarkeitspotential liegt hier bis zu 50 Prozent über dem europäischen Durchschnitt.

- **London** profitiert von seiner Nähe zum Ärmelkanal und zum europäischen Festland und verfügt über die beste Erreichbarkeit aller Verdichtungsräume im Vereinigten Königreich. Die Schienenerreichbarkeit ist mit der Eröffnung des Ärmelkanaltunnels und seiner Zulaufstrecken in den letzten zehn Jahren deutlich verbessert worden. Mit Indexwerten der Erreichbarkeitspotentiale von bis zu 170 bei Straße, Schiene und Luftverkehr liegt London zwar weit über dem europäischen Durchschnitt, aber trotzdem noch deutlich hinter Metropolen auf dem Festland.

- **Paris** hat eine hervorragende Wettbewerbsposition im europäischen Verkehrssystem. Das französische Hochgeschwindigkeitsnetz der Eisenbahnen und sehr gute Luftverkehrsverbindungen kompensieren die Metropole für ihre Lage außerhalb der "Blauen Banane", dem hoch verdichteten Korridor von London entlang des Rheins bis nach Oberitalien. Die Erreichbarkeitspotentiale für Schiene und Luft gehören zu den höchsten in Europa, Straßenerreichbarkeit fällt dagegen etwas ab.

- **Lille** liegt in einer günstigen Lage zwischen den drei Hauptstädten Paris, London und Brüssel. Aufgrund des Kanaltunnels und den neuen Hochgeschwindigkeitsverbindungen der Eisenbahn zwischen diesen drei Hauptstädten verfügt Lille über ein sehr hohes Erreichbarkeitspotential im Schienenverkehr. Aufgrund der größeren Nähe zu den hoch verdichteten Regionen Europas ist die Straßenerreichbarkeit besser als für Paris.

- **Brüssel** liegt sehr zentral in Europa. Aufgrund der dichten Autobahnnetze und der guten Eisenbahnnetze sind die entsprechenden Erreichbarkeitspotentiale mehr als doppelt so hoch wie der europäische Durchschnitt. Mit den neuen Hochgeschwindigkeitsbahnen in die Niederlande und nach Deutschland wird dieser Lagevorteil noch ausgebaut werden. Ebenfalls sehr gute Erreichbarkeitspotentiale liegen für den Luftverkehr vor.

- **Antwerpen** ist wie Lille eine Stadtregion zwischen den wirklich großen Agglomerationsräumen. Die gute Integration in die Verkehrsnetze und die Verbindungen zu diesen größeren Agglomerationen führen zu sehr guten Erreichbarkeiten im Straßen- und Schienenverkehr.

- Die **Randstad** wird gut von den dichten niederländischen Straßen- und Schienennetzen bedient. Erreichbarkeitspotentiale für Straße und Schiene sind jedoch etwas niedriger als in den Spitzenregionen. Der Amsterdamer Flughafen Schiphol ist einer der wichtigsten Luftverkehrsknoten, daher zählt das entsprechende Erreichbarkeitspotential zu den höchsten in Europa.

- Die Metropolregion **Rhein-Ruhr** ist im europäischen Kontext in Bezug auf die Lagequalität im Verkehrssystem hervorragend aufgestellt. Sie verfügt im Straßen- und Schienenverkehr über die höchsten Erreichbarkeitspotentiale des Kontinents. Indexwerte von bis zu 250 belegen diese Spitzenposition. Im Straßenverkehr verfügen selbst die Teilbereiche der Region mit den niedrigsten Werten in der Region noch über höhere Erreichbarkeitspotentiale als selbst die Spitzenlagen aller anderen Verdichtungsräume. Das Erreichbarkeitspotential im Luftverkehr bleibt aufgrund der relativ geringer entwickelten Knotenfunktion der Flughäfen Düsseldorf und Köln etwas hinter den anderen Top-Regionen zurück.

- Der Verdichtungsraum **Rhein-Main** verfügt über fast genauso gute Erreichbarkeitspotentiale im Straßen- und Schienenverkehr wie Rhein-Ruhr. Im europäischen Kontext belegt Rhein-Main hier jeweils den zweiten Platz. Im Luftverkehr belegt die Region jedoch den europäischen Spitzenplatz im Erreichbarkeitspotential.

5 Regionale Erreichbarkeitsverhältnisse in Rhein-Ruhr

Dies Kapitel präsentiert die Ergebnisse des in Kapitel 2 beschriebenen Erreichbarkeitsmodells Rhein-Ruhr. Der Fokus ist nun auf die Erreichbarkeitsverhältnisse im regionalen Kontext, d.h. die Parameter spiegeln regionale Verkehrsverflechtungen wider. Zunächst werden die aktuellen regionalen Erreichbarkeitsverhältnisse dargestellt (Kapitel 5.1). Anschließend werden Ergebnisse in Form veränderter Erreichbarkeitsverhältnisse zu exemplarischen Verkehrsinfrastrukturszenarien diskutiert (Kapitel 5.2)

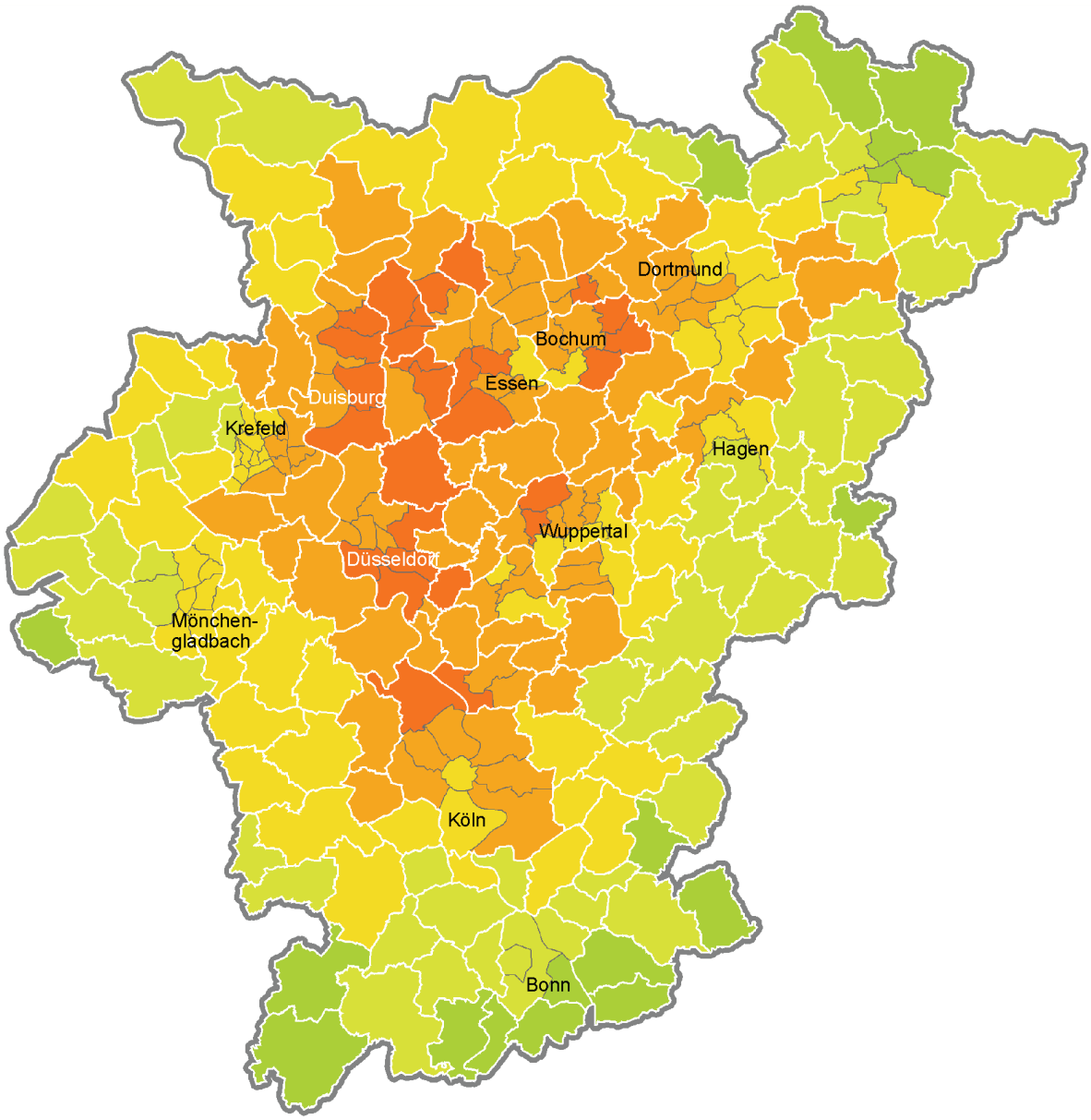
5.1 Aktuelle regionale Erreichbarkeitsverhältnisse

Die aktuellen Erreichbarkeitsverhältnisse in der Metropolregion Rhein-Ruhr im regionalen Kontext werden zunächst in Kartenform präsentiert. Abbildungen 5.1 bis 5.3 zeigen die Erreichbarkeiten für den Straßenverkehr, den öffentlichen Verkehr und den multimodalen Verkehr. Die Erreichbarkeiten werden standardisiert dargestellt, d.h. für jedes Verkehrsmittel wird der über die Bevölkerung gewichtete Durchschnittswert der Metropolregion Rhein-Ruhr ermittelt und als Referenzwert 100 gesetzt (MRR = 100). Die Erreichbarkeitswerte der Teilräume werden dann entsprechend skaliert; Teilräume mit Werten unterhalb 100 haben unterdurchschnittliche Erreichbarkeiten, Teilräume mit Werten größer als 100 verfügen über höhere Erreichbarkeiten als die Region im Durchschnitt.

Die höchsten regionalen Erreichbarkeitswerte im Straßenverkehr sind im Ruhrgebiet zu finden (Abbildung 5.1). In Städten wie Duisburg und Essen werden Spitzenindexwerte von 116 erreicht. Indexwerte oberhalb von 110 werden in Stadtteilen weiterer Städte im Ruhrgebiet (Bochum, Bottrop, Herne, Mühlheim und Oberhausen) und entlang des Rheins (Düsseldorf, Leverkusen, Köln-Chorweiler) sowie in Wuppertal erreicht. Von dort fallen die Erreichbarkeiten zu den Rändern der Region kontinuierlich ab. Um den regionalen Durchschnitt liegende Erreichbarkeitswerte sind in Städten wie Dortmund, Hagen, Krefeld, Mönchengladbach und Köln zu finden. Bonn hat nur einen maximalen Erreichbarkeitsindex von 85. Die niedrigsten regionalen Erreichbarkeiten befinden sich in den meist schon ländlich geprägten Gebieten am Rande der Region. Hier beträgt die Erreichbarkeit im Straßenverkehr nur etwa 70 bis 80 Prozent des Durchschnitts der Metropolregion.

Im öffentlichen Verkehr liegt der regionale Durchschnittswert nur etwa zehn Prozent unter dem des Straßenverkehrs. Nun sind die Erreichbarkeiten viel weiter gespreizt (Abbildung 5.2), d.h. die Extremwerte liegen mit 43 für den niedrigsten Erreichbarkeitsindex und 132 für den höchsten Erreichbarkeitsindex viel weiter vom regionalen Durchschnitt entfernt als dies im Straßenverkehr der Fall ist. Zudem ist die räumliche Differenzierung im öffentlichen Verkehr deutlicher ausgeprägt, d.h. die Bereiche überdurchschnittlicher Erreichbarkeit ist stärker konzentriert. Die höchste regionale Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr liegt im Zentrum von Duisburg. Die Zentren von Bochum, Essen, Mülheim, Oberhausen, Düsseldorf, und Köln erreichen durch ihre Lage an den jeweiligen Hauptbahnhöfen Indexwerte von 120 bis 130, d.h. die Erreichbarkeit liegt um 20 bis 30 Prozent über dem regionalen Durchschnitt. Von dort fällt die Erreichbarkeit aber schnell ab. Bereits in den anderen Stadtbezirken dieser Städte liegt sie nur etwas über dem regionalen Durchschnitt oder sogar darunter. Gleiches gilt für die Gemeinden zwischen den Großstädten. Nahezu alle Gemeinden im engeren suburbanen Raum weisen unterdurchschnittliche regionale Erreichbarkeiten auf. Niedrigste Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr sind in den Randgemeinden der Region zu finden, insbesondere in den südlichen und südöstlichen Teilbereichen.

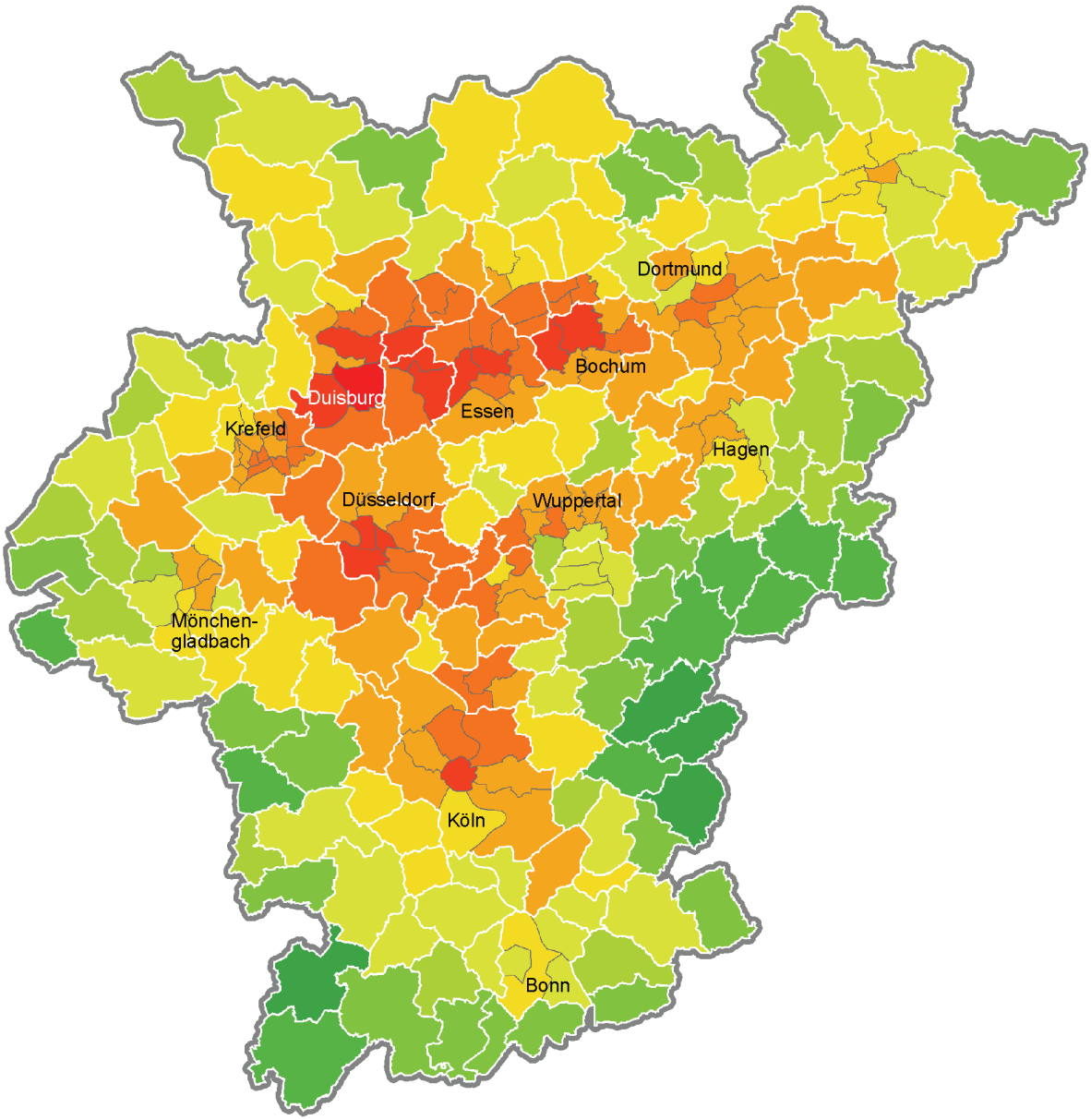
Die multimodalen Erreichbarkeitsverhältnisse sind weniger polarisiert als im öffentlichen Verkehr (Abbildung 5.3). Die Aggregation von Motorisiertem Individualverkehr und öffentlichem Verkehr zur multimodalen Erreichbarkeit führt in der regionalen Verteilung zu einem Ausgleich. Die Spitzenwerte liegen erwartungsgemäß im Bereich der westlicheren Hellwegstädte des Ruhrgebiets und entlang des Rheins; die niedrigsten Werte am Rande. Die Aggregation der beiden Verkehrsmittel führt auch dazu, dass Gemeinden im engeren suburbanen Raum mit schlechter Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr, die durch relativ gute Straßenerreichbarkeiten kompensiert wird, bei der verkehrsmittelübergreifenden Betrachtung mit Werten um den regionalen Durchschnitts noch relativ gut abschneiden.



Erreichbarkeit Motorisierter Individualverkehr
(Metropolregion Rhein-Ruhr = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

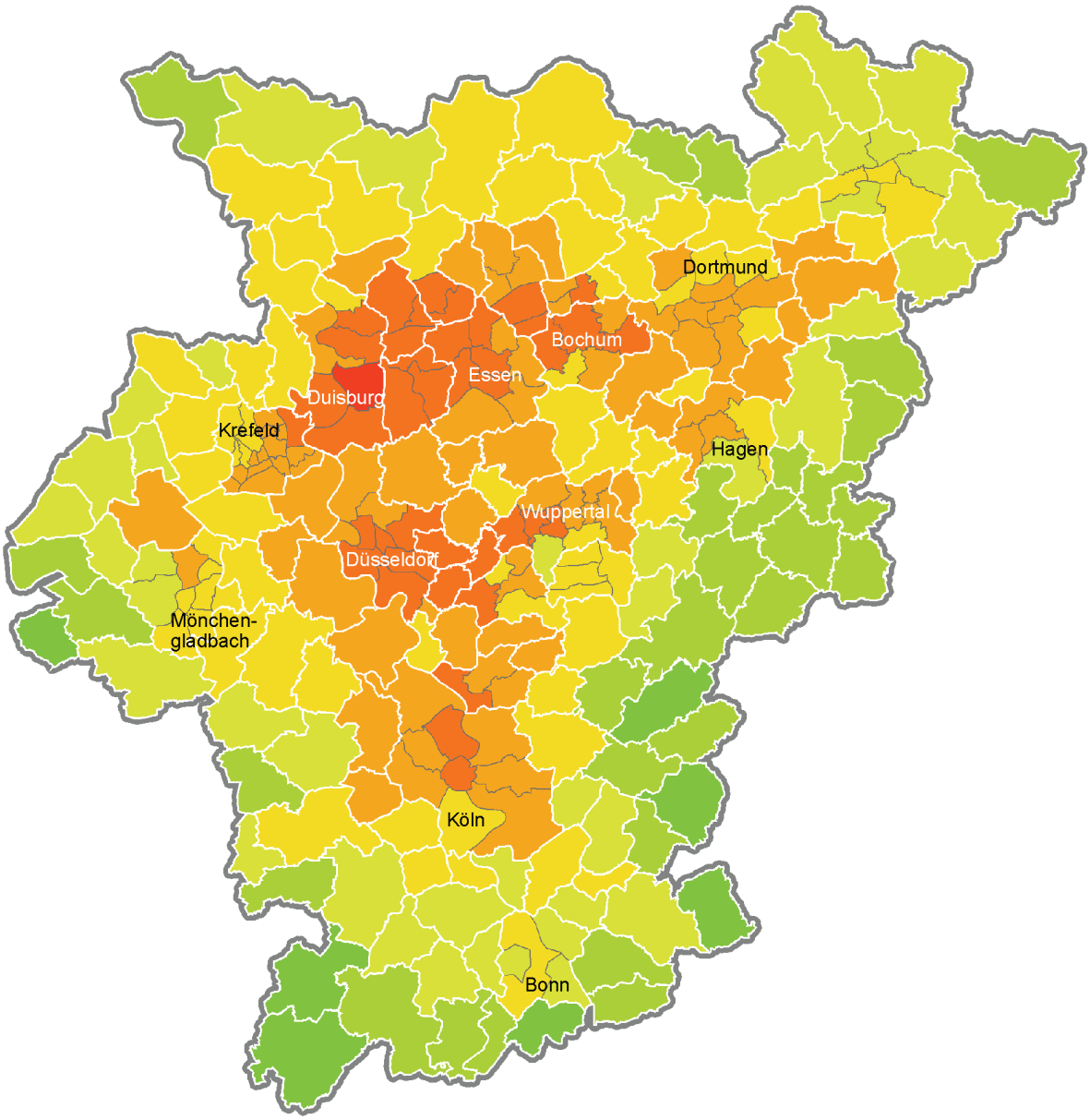
Abbildung 5.1 Regionale Erreichbarkeit im Motorisierten Individualverkehr.



Erreichbarkeit Öffentlicher Verkehr
(Metropolregion Rhein-Ruhr = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

Abbildung 5.2 Regionale Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr.



Erreichbarkeit Multimodaler Verkehr
(Metropolregion Rhein-Ruhr = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

Abbildung 5.3 Regionale Erreichbarkeit im multimodalen Verkehr.

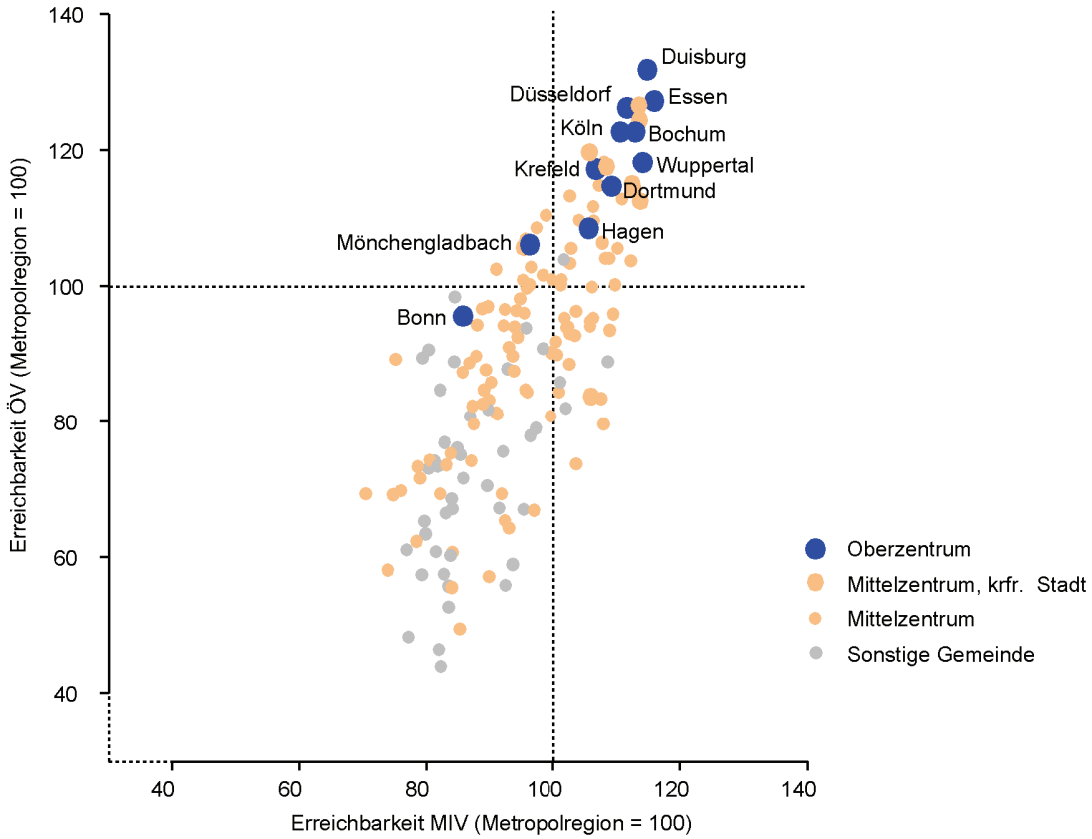


Abbildung 5.4 Regionale Erreichbarkeiten der Kommunen nach Verkehrsmittel.

In Abbildung 5.4 werden für die Kommunen der Metropolregion Rhein-Ruhr die regionalen Erreichbarkeiten im Straßen- und öffentlichen Verkehr gegenüber gestellt (für die kreisfreien Städte ist jeweils der Spitzenwert benutzt worden). Deutlich werden zunächst die größere Homogenität der Straßenerreichbarkeit und die größere Spreizung der Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr. Sichtbar wird auch, dass bei gleicher Straßenerreichbarkeit sehr unterschiedliche Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr erzielt werden können.

Die besten regionalen Erreichbarkeitswerte werden in Duisburg und Essen erzielt. Während diese Städte im Straßenverkehr kaum aus der Spitzengruppe herausragen, liegen sie im öffentlichen Verkehr deutlicher vorn. Weitere Städte wie Köln, Düsseldorf, Mühlheim, Oberhausen oder Bochum weisen bei leicht überdurchschnittlicher Straßenerreichbarkeit aber sehr gute Werte in der Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr auf. Dortmund, Wuppertal, Krefeld, Bottrop, Herne, Gelsenkirchen oder Leverkusen bilden die nächste Gruppe mit noch deutlich über dem Durchschnitt liegenden Erreichbarkeiten, Hagen fällt demgegenüber schon leicht ab. Mönchengladbach und Bonn werden bei unterdurchschnittlicher MIV-Erreichbarkeit durch deutlich bessere ÖV-Erreichbarkeitswerte entschädigt, die bei Mönchengladbach sogar überdurchschnittlich sind.

Von der Funktion einer Kommune im System der zentralen Orte lässt sich kaum auf ihre Position im regionalen Erreichbarkeitsgefüge schließen. Zwar sind die höchsten Erreichbarkeiten bei beiden Verkehrsmitteln in den Oberzentren zu finden, gleichzeitig haben Oberzentren wie Hagen nur leicht überdurchschnittliche Erreichbarkeiten, Mönchengladbach und Bonn sogar unterdurchschnittliche. Bei den Mittelzentren ergibt sich ein ähnliches Bild, d.h. einige im Ruhrgebiet gelegene Mittelzentren sind in der Spitzengruppe anzutreffen, gleichzeitig gibt es eine Vielzahl von Mittelzentren mit deutlich unterdurchschnittlichen Erreichbarkeiten, welches insbesondere im öffentlichen Verkehr zu Tage tritt. Le-

diglich die Gemeinden ohne höhere zentrale Funktion sind nahezu vollständig durch unterdurchschnittliche Erreichbarkeitsverhältnisse im Straßen- als auch im öffentlichen Verkehr gekennzeichnet.

Dies spiegelt sich auch in den durchschnittlichen Erreichbarkeitsindices der einzelnen Städtegruppen wider: Oberzentren haben im Durchschnitt einen Indexwert von 103,1 für den MIV und von 109,1 für ÖV, Mittelzentren 98,9 für den MIV und 95,8 für den ÖV und die sonstigen Gemeinden nur 87,3 für den MIV und 72,3 für den ÖV.

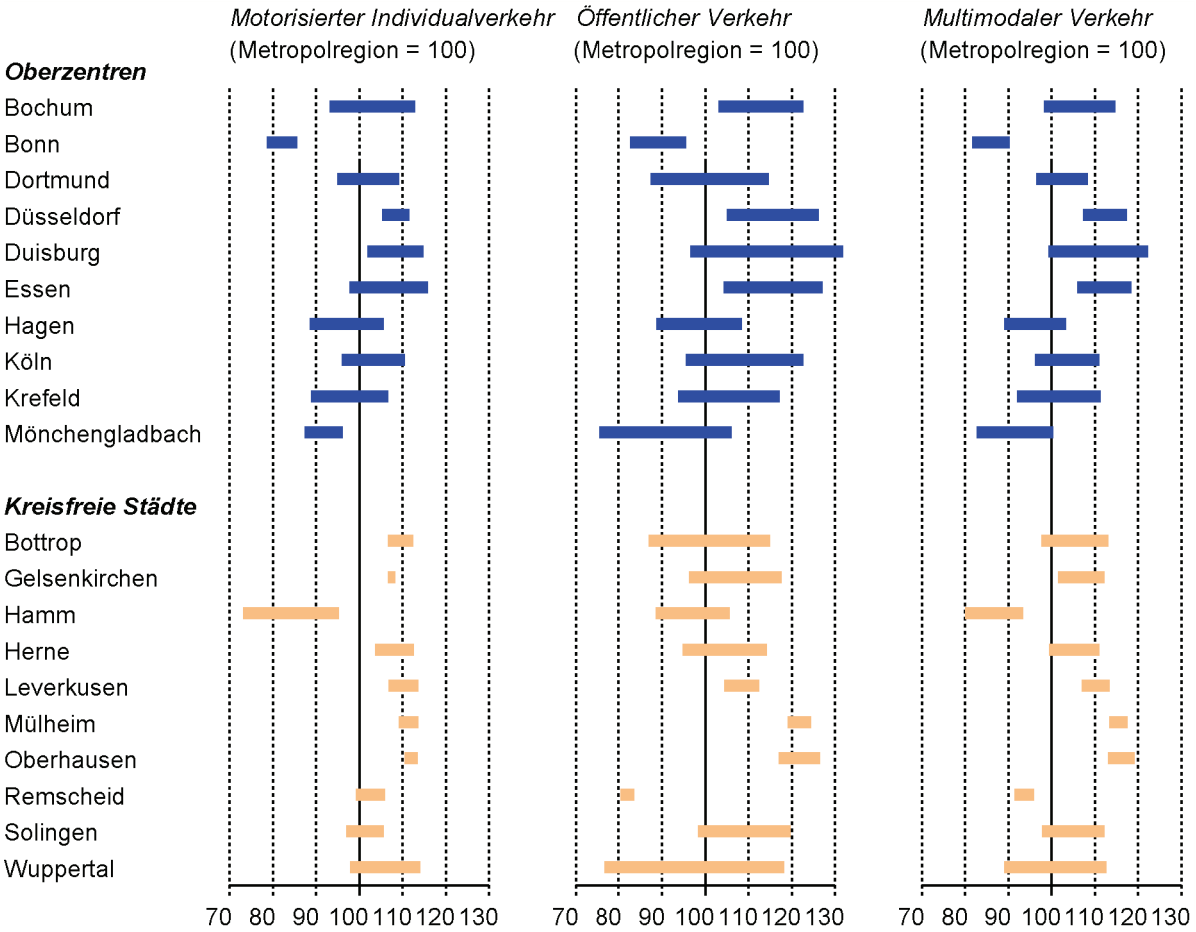


Abbildung 5.5 Regionale Erreichbarkeiten der Oberzentren und kreisfreien Städte.

Abbildung 5.5 zeigt die regionalen Erreichbarkeiten der Oberzentren und kreisfreien Städte in der Metropolregion Rhein-Ruhr für den Straßen-, den öffentlichen und den multimodalen Verkehr. Die Balken zeigen jeweils die Spannbreite der Erreichbarkeit für die Stadtteile an, d.h. jeweils die Minimum- und Maximumwerte einer Stadt. Die zuvor beschriebene Verteilung der besten Erreichbarkeiten auf die großen Städte des Untersuchungsraums wird nochmals sichtbar.

Deutlich wird aber auch die große Homogenität in der Erreichbarkeit im Motorisierten Individualverkehr. Dies gilt in doppelter Hinsicht: Zum einen liegen die Spitzenerreichbarkeiten der Mehrzahl der Großstädte relativ dicht beieinander, zum anderen gibt es innerhalb der Städte ebenfalls nur eine sehr geringe Spreizung der Erreichbarkeiten. Eine Standortdifferenzierung zwischen den Großstädten der Metropolregion in Bezug auf die Straßenerreichbarkeit ist damit kaum möglich.

Ganz anders sieht dies für die regionale Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr aus. Hier sind einerseits die Unterschiede zwischen den Spitzenlagen der Großstädte viel deutlicher ausgeprägt, ande-

rerseits gibt es enorme Unterschiede innerhalb der Städte. Hier macht es einen sehr großen Unterschied an regionaler Erreichbarkeit, ob der Standort zentral am Hauptbahnhof gelegen ist, oder ob er in einem Stadtteil liegt, von dem das Eisenbahnnetz nur mit Bus oder allenfalls Straßen- oder Stadtbahn erreicht werden kann.

In der multimodalen Erreichbarkeit wird zwar die extreme Spreizung der intrakommunalen Erreichbarkeitsunterschiede des öffentlichen Verkehrs deutlich verringert, gleichzeitig bleibt aber dessen differenzierende Wirkung zwischen den Kommunen erhalten. Mit dem multimodalen Erreichbarkeitsindikator lässt sich so die klarste Standortdifferenzierung für regionale Erreichbarkeiten erzielen. Die Kommune mit der höchsten regionalen Erreichbarkeit im Metropolenraum ist Duisburg, dicht gefolgt von Düsseldorf, Essen, Mülheim und Oberhausen und mit etwas mehr Abstand von Bochum. Eine zweite Spitzengruppe mit Dortmund, Köln, Krefeld, Bottrop, Gelsenkirchen, Herne, Leverkusen, Solingen und Wuppertal verfügt über klar überdurchschnittliche regionale Erreichbarkeitsverhältnisse. Durchschnittlich sind Hagen und Mönchengladbach während Bonn, Hamm und Remscheid klar unter dem regionalen Durchschnitt regionaler Erreichbarkeit liegen.

5.2 Infrastrukturszenarien und regionale Erreichbarkeit

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen einiger Szenarien zum Ausbau der Infrastruktur in der Metropolregion Rhein-Ruhr auf das zuvor beschriebene regionale Erreichbarkeitsgefüge vorgestellt. Die Szenarien haben dabei keinen Bezug zu aktuellen Ausbauplänen in der Region; vielmehr stellen sie prinzipielle strategische Verkehrsinfrastrukturoptionen dar, welche den Zusammenhang von Zentrensystem und Verkehrsinfrastruktur thematisieren.

Tabelle 5.1 stellt die einzelnen Infrastrukturszenarien im Überblick vor. Die zuvor dargestellte Situation der aktuellen regionalen Erreichbarkeitsverhältnisse dient dabei als Referenzfall und wird als Szenario E0 mit den Teilszenarien E01 für den Straßenverkehr, E02 für den öffentlichen Verkehr und E03 für den multimodalen Verkehr bezeichnet. In den Szenarien wird keine neue VerkehrsInfrastruktur entwickelt, vielmehr wird vorhandene Verkehrsinfrastruktur so ausgebaut, dass es deutliche Kapazitätserhöhungen, Geschwindigkeitsverbesserungen, Reisezeitverminderungen bzw. Frequenzverbesserungen gibt. Diese Maßnahmen werden nachfolgend vereinfacht als Beschleunigung bezeichnet. Die Szenarien unterscheiden sich in der räumlich funktionalen Ausprägung der zu beschleunigenden Streckenabschnitte. In der Szenariogruppe E1 wird eine Verkehrsinfrastrukturpolitik definiert, die diejenigen Verkehrsinfrastrukturen beschleunigt, welche die Oberzentren innerhalb der Metropolregionen miteinander verknüpft. In der Szenariogruppe E2 werden die Verbindungen von den Mittelzentren der Region zu den nächstgelegenen Oberzentren beschleunigt. In der Szenariogruppe E3 wird die zentrale Achse in der Region von Dortmund über Essen, Duisburg nach Düsseldorf und Köln, die so genannte RE1-Achse benannt nach dem entsprechenden Regionalexpress der Deutschen Bahn, gestärkt. Schließlich wird mit der Szenariogruppe E4 eine lokale Maßnahme untersucht, die im verbesserten Anschluss eines der mit der Internationalen Bauausstellung Emscherpark neu entwickelten Standorte besteht, dem Gelände Zeche und Kokerei Zollverein im Essener Norden.

Tabelle 5.1. Erreichbarkeitsszenarien.

Szenario Grundtyp	Szenario Kurzbezeichnung		
	Straße	Öffentlicher Verkehr	Multimodal
E0 Status quo als Referenz	E01	E02	E03
E1 Beschleunigung zwischen Oberzentren	E11	E12	E13
E2 Beschleunigung Mittel- zu Oberzentren	E21	E22	E23
E3 Beschleunigung RE1-Achse	E31	E32	E33
E4 Beschleunigung der Anbindung Zollverein	E41	E42	E43

Tabelle 5.2. Streckenlängen in Erreichbarkeitsszenarien.

Szenario Grundtyp	Streckenlänge mit Kapazitäts- und Geschwindigkeitsverbesserung (in km)	
	Straße	Öffentlicher Verkehr
E0 Status quo als Referenz	0	0
E1 Beschleunigung zwischen Oberzentren	687	543
E2 Beschleunigung Mittel- zu Oberzentren	1220	1110
E3 Beschleunigung RE1-Achse	207	123
E4 Beschleunigung der Anbindung Zollverein	10	6

Tabelle 5.2 zeigt die Streckenlängen, für die in den einzelnen Szenarien Kapazitäts- und Geschwindigkeitsverbesserungen angenommen worden sind. Die höchste Zahl an Streckenkilometern ist in Szenario E2 zur Beschleunigung der Verbindungen von den Mittel- zu den Oberzentren vorgesehen, die Beschleunigung zwischen den Oberzentren bedarf nur etwa der Hälfte an zu verbessernden Streckenlängen; die Beschleunigung der RE-1 Achse hiervon nur noch etwa ein Viertel. Das Verhältnis von Investitionen in die Straße zu den Investitionen in die Schiene gemessen an den Streckenlängen bleibt über die Szenarien hinweg in etwa gleich. Die genaue räumliche Ausprägung der Verkehrsinfrastrukturinvestitionen in den einzelnen Szenarien und die Auswirkungen auf die regionalen Erreichbarkeitsgefüge in der Metropolregion Rhein-Ruhr werden in den nachfolgenden Abschnitten präsentiert. Die Darstellung ist nach den drei betrachteten Verkehrsmitteln gegliedert und darin jeweils durch ein Set an szenariovergleichenden Karten ähnlich strukturiert.

Zunächst werden die Szenarien präsentiert, d.h. die Streckenabschnitte dargestellt, auf denen entsprechend der Definition des jeweiligen Szenarios Beschleunigungsmaßnahmen stattfinden sollen. Dann werden die durch die Szenarien bewirkten Erreichbarkeitspotentiale in der Standardisierung des Referenzszenarios dargestellt, so dass die neuen regionalen Erreichbarkeitsgefüge direkt mit den bestehenden verglichen werden können. Dieser Vergleich wird mit einem weiteren Satz an Karten vertieft, in welchem die Unterschiede, d.h. in allen Szenarien Zuwächse, zwischen dem Referenzszenario und den Szenarien dargestellt werden. So kann einfach abgelesen werden, wo die Infrastrukturinvestitionen die größten absoluten Wirkungen zeigen.

Die Szenarien werden zudem noch auf eine zweite Art und Weise präsentiert und analysiert. In einem weiteren Kartentyp wird jedes Szenario wieder auf seinen eigenen regionalen Durchschnitt standardisiert. So lässt sich überprüfen, ob die absoluten Erreichbarkeitssteigerungen auch zu einer Veränderung des relativen Standortgefüges in der Metropolregion führen. Zur besseren Visualisierung dieser relativen Veränderungen wird in einem abschließenden Kartentyp für jeden Teilraum die Differenz zwischen zwei Indexwerten visualisiert: die Differenz zwischen dem auf das jeweilige Szenario standardisierten Indexwert und dem Indexwert im Referenzszenario. Positive Werte zeigen an, dass sich in dem Szenario der Stadtteil bzw. die Kommune gegenüber dem (sich verändernden) Durchschnitt der Metropolregion verbessert hat; der Teilraum also zu den relativen Gewinnern in Bezug auf die Lagegunst zu zählen ist. Negative Werte zeigen eine relative Positionsverschlechterung an.

Zum besseren Verständnis der regional differenzierten Wirkungen der Szenarien auf die Erreichbarkeiten ist es allerdings erforderlich, zunächst den Gesamteffekt zu diskutieren. Abbildung 5.6 zeigt hierzu die Entwicklung der durchschnittlichen Erreichbarkeit in der Metropolregion für die vier Szenarien und die drei analysierten Verkehrsmittel. Die Szenarien führen im motorisierten Individualverkehr nur zu einer moderaten regionalen Erreichbarkeitssteigerung von etwas über fünf Prozent bei den Szenarien E11 (verbesserte Verbindung der Oberzentren untereinander) und E21 (verbesserte Anknüpfung der Mittelzentren an die Oberzentren) und nur zu einer Steigerung von etwas über zwei Prozent bei der Stärkung der RE1-Achse in Szenario E31. Die lokalen Maßnahmen zur besseren Anknüpfung des Zollverein-Geländes im Essener Norden haben keinerlei Auswirkungen auf den regionalen Erreichbarkeitsdurchschnitt. Im öffentlichen Verkehr haben die Szenarien wesentlich größere Effekte. Die Beschleunigungsmaßnahmen zwischen den Oberzentren in Szenario E12 führen zu einer Steigerung der regionalen Erreichbarkeit von etwa zwölf Prozent, die verbesserte Anbindung der Mittelzentren an die Oberzentren in Szenario E22 sogar zu einer Steigerung von fast zwanzig Prozent. Die Stärkung der RE1-Achse in Szenario E32 führt zu Verbesserungen von fünf Prozent, die verbes-

serte lokale Anbindung von Zollverein hat keine Auswirkung. Die Erreichbarkeitssteigerungen im multimodalen Verkehr liegen etwa in der Mitte zwischen MIV und ÖV.

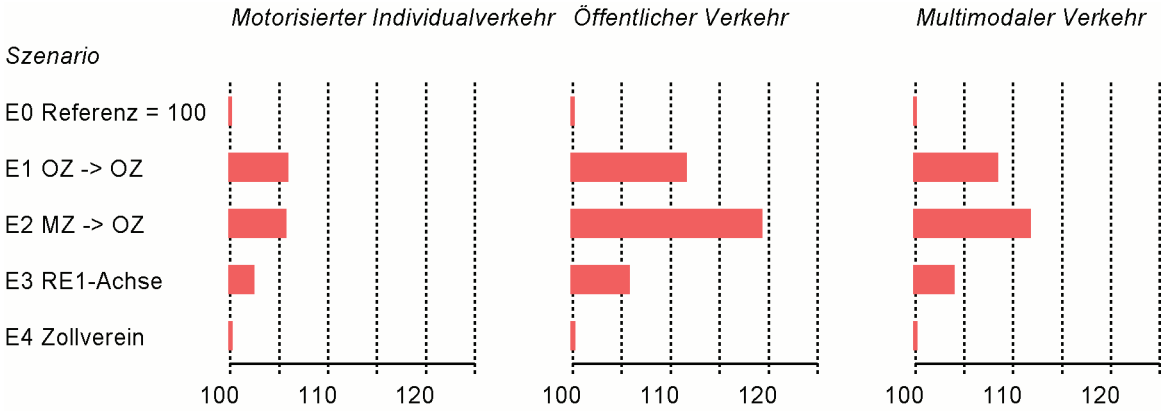


Abbildung 5.6 Durchschnittliche regionale Erreichbarkeit in der Metropolregion Rhein-Ruhr.

Erreichbarkeitsszenarien Straße

In Abbildung 5.7 werden für die Szenarien im Straßenverkehr (E11 bis E41) diejenigen Straßenabschnitte kartographisch dargestellt, die eine Beschleunigung erfahren. Diese findet überwiegend auf Autobahnen statt; hier wird in bislang staugefährdeten Streckenabschnitten die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit von 85 km/h auf 110 km/h heraufgesetzt, in bislang nicht staugefährdeten Streckenabschnitten von 110 km/h auf 120 km/h. Entsprechende Geschwindigkeitsverbesserungen finden auch auf den wenigen sonstigen, nicht als Autobahn klassifizierten Streckenabschnitten statt, die zu den einzelnen Szenarien gehören.

Abbildung 5.8 zeigt die in den einzelnen Szenarien erzielten Erreichbarkeitsverhältnisse. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Referenzfall E01 sind alle Erreichbarkeiten auf den regionalen Durchschnittswert des Referenzszenarios skaliert (MRR E01 = 100). Da im Szenario E41 zur lokalen Anknüpfung des Geländes Zollvereins die Erreichbarkeitsgefüge sich quasi nicht von denjenigen des Referenzszenarios E01 unterscheiden, ist die entsprechende Karte identisch mit Abbildung 5.1 und kann daher als Karte für das Referenzszenario betrachtet werden. Die drei Szenarien E11, E21 und E31 erbringen alle eine Ausdehnung des Kernbereichs hoher und höchster Erreichbarkeiten. In den Szenarien E11 und E21 weisen zudem Gemeinden, die heute unterdurchschnittliche Erreichbarkeiten haben, über dem heutigen Durchschnitt liegende Erreichbarkeitswerte auf, während es in Szenario E31 (RE1-Achse) nur die Stärkung der Standorte mit guter Erreichbarkeit gibt.

In Abbildung 5,9 werden die Unterschiede zwischen dem jeweiligen Szenario und dem Referenzszenario als absolute Steigerung der Indexwerte dargestellt. Die höchsten Steigerungen liegen bei etwa 10 Indexpunkten und sind im Raum Bonn vorzufinden. Die Region Bonn würde offenbar zu den Gewinnern einer Stärkung der oberzentralen Verbindungen (Szenario E11), aber auch von einer Stärkung der verbesserten Verbindung der Mittelzentren an die Oberzentren (Szenario E21) gehören. Die Verbesserung der Anbindung der Mittelzentren (E21) führt zu Erreichbarkeitssteigerungen in fast allen Teilbereichen der Metropolregion mit wenigen Spitzen. Hingegen profitieren bei der Stärkung der oberzentralen Verbindungen (E11) die Ränder wesentlich weniger, zudem sind zahlreiche Teilräume, v.a. als Spitzen mit den größten Zuwächsen zu erkennen. Räumlich viel stärker konzentriert, wenn insgesamt auch schwächer, sind die Effekte einer Stärkung der Autobahnen in der RE1-Achse (Szenario E31).

In Abbildung 5.10 sind die regionalen Erreichbarkeiten für jedes Szenario neu auf den jeweiligen regionalen Durchschnittswert standardisiert, d.h. der Vergleich der Karten lässt Rückschlüsse auf die rela-

tive regionale Standortgunst einer Kommune in den einzelnen Szenarien zu. In keinem der Szenarien wird das existierende Erreichbarkeitsgefüge grundsätzlich revidiert, d.h. die Ähnlichkeit der Szenariokarten mit dem Referenzfall ist sehr hoch. Auszumachen sind jedoch im Szenario E11 (Stärkung der oberzentralen Verbindungen) und im Szenario E31 (Stärkung der RE1-Achse) eine Ausdehnung des Bereichs sehr hoher regionaler Erreichbarkeiten, v.a. in der Rheinschiene. Dieser Effekt tritt in Szenario E21 (Stärkung der Verbindungen zwischen Mittel und Oberzentren) nicht auf.

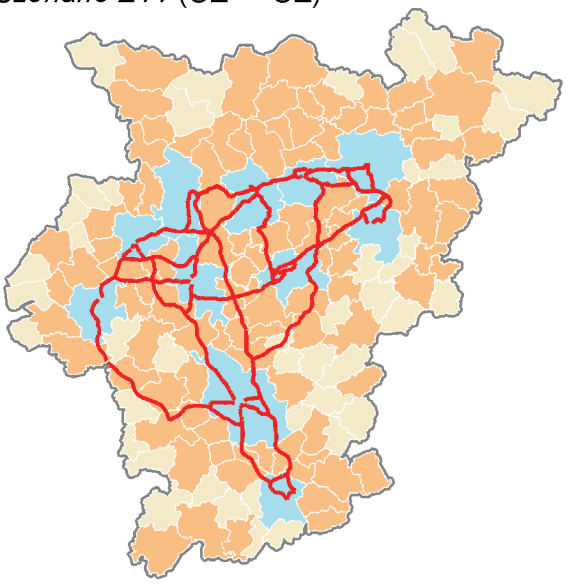
In Abbildung 5.11 sind die Veränderungen der Indexwerte zwischen dem Referenzszenario E01 (Abbildung 5.1) und dem jeweiligen, auf seinen eigenen Durchschnitt standardisierten Szenario abgebildet (Abbildung 5.10). Die Differenzenkarten machen so sichtbar, welche Teilbereiche der Metropolregion relativ gewinnen und welche verlieren. Wie schon festgestellt, sind die relativen Veränderungen gering. Sie sind in Szenario E11 mit -3 Indexpunkten und +5 Indexpunkten noch am größten, in den Szenarien E21 und E31 ist die Spannweite nur zwischen -2 und +3 Indexpunkten. Die klarste Positionsveränderung in den Szenarien E11 und E21 weist die Region Bonn auf, ansonsten sind die Steigerungen überwiegend gering. Szenario E21 bewirkt ein diffuses Muster von Verbesserungen und Verschlechterungen; das klarste räumliche Muster ergibt die Stärkung der RE1-Achse (E31). Erstmalig sichtbar sind Effekte der lokalen Maßnahmen zur Stärkung des Standortes Zollvereins (E41). Dies ist aber beschränkt auf zwei Stadtteile des Essener Nordens, von denen Katernberg eine Steigerung der relativen regionalen Erreichbarkeit um 4 Indexpunkte erreicht.

Erreichbarkeitsszenarien öffentlicher Verkehr

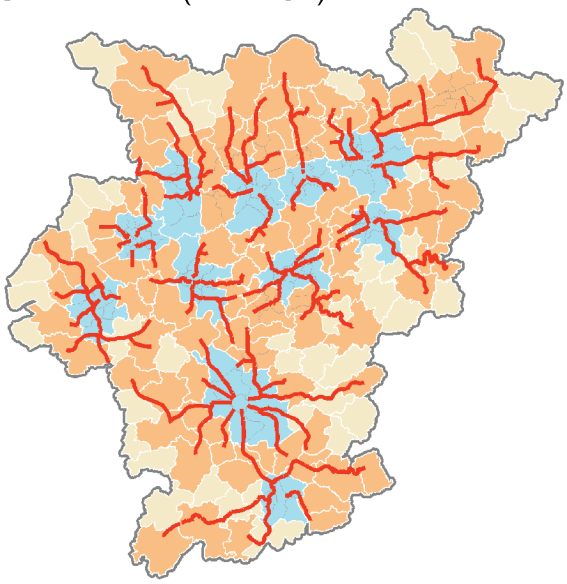
In Abbildung 5,12 werden für die Szenarien im öffentlichen Verkehr (E12 bis E42) diejenigen Streckenabschnitte kartographisch dargestellt, die eine Beschleunigung erfahren. Diese Verbesserung findet überwiegend auf Eisenbahnstrecken statt. Nur im Szenario E42 wird die existierende Straßenbahn zwischen Essen-Zollverein und dem Essener Hauptbahnhof sowie dem S-Bahn-Haltepunkt Essen-Katernberg Süd in eine schnelle Stadtbahn umgewandelt. Die Beschleunigung findet in den Szenarien auf zwei Arten statt. Zum einen wird angenommen, dass sich die heutige Reisezeit auf den einzelnen Streckenabschnitten durch entsprechende bauliche und technologische Veränderungen auf durchwegs 75 Prozent der heutigen Reisezeit verbessern lässt. Zum anderen wird unterstellt, dass sich die Taktzeit auf den ausgewählten Bahnstrecken in den Szenarien E12 und E22 auf 15 Minuten verbessert; sollte der heutige Takt besser sein, wird dieser beibehalten. Im Szenario E32, welches mit der Stärkung der heutigen RE1-Achse einen Kernbestandteil des zukünftigen MetroExpress-Netzes darstellt, ist die Taktfrequenz auf 10 Minuten gesetzt worden. Für die Stadtbahnabschnitte in Szenario E42 wird eine Taktzeit von 5 Minuten zum Anschluss des Zollverein-Geländes angenommen.

Abbildung 5.13 zeigt die in den einzelnen Szenarien erzielten Erreichbarkeitsverhältnisse. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Referenzfall E02 sind alle Erreichbarkeiten auf den regionalen Durchschnittswert des Referenzszenarios skaliert (MRR E02 = 100). Da im Szenario E42 zur lokalen Anknüpfung des Geländes Zollvereins die Erreichbarkeitsgefüge sich quasi nicht von denjenigen des Referenzszenarios E02 unterscheiden, ist die entsprechende Karte identisch mit Abbildung 5.2 und kann als Karte für das Referenzszenario betrachtet werden. Die Szenarien E12, E22 und E32 erbringen eine deutliche Ausdehnung des Kernbereichs hoher und höchster Erreichbarkeit. Diese ist im Szenario E22 am größten; hier würde sich die Zone der heute höchsten Erreichbarkeitswerte im regionalen Kontext, sehr weit in der Metropolregion ausdehnen. In Szenario E32 (RE1-Achse) beschränkt sich die Erreichbarkeitssteigerung im Wesentlichen auf den Korridor entlang der Achse.

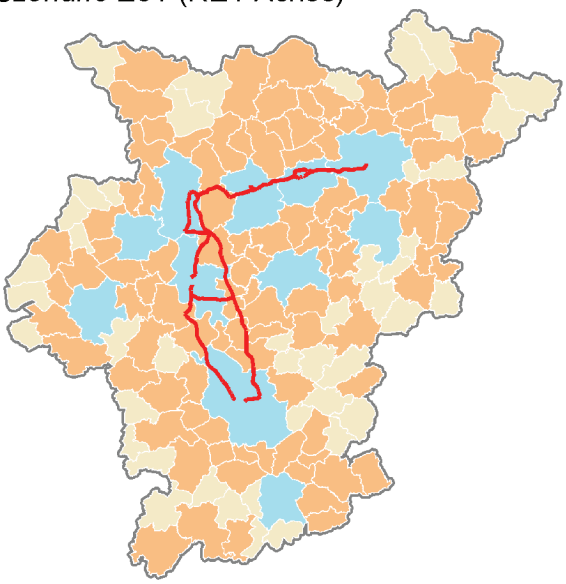
Szenario E11 (OZ -> OZ)



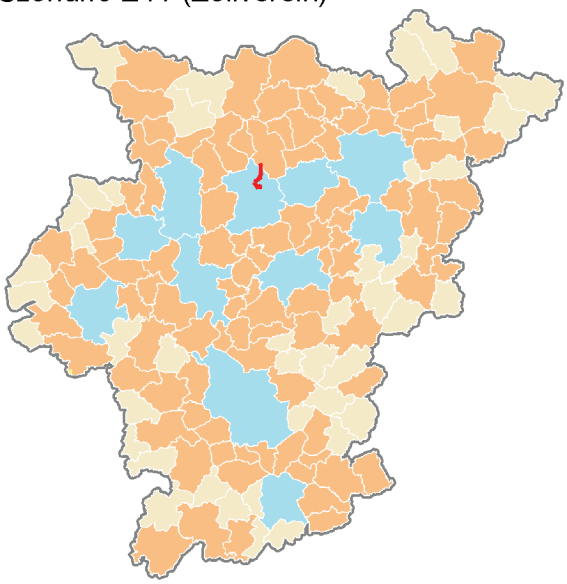
Szenario E21 (MZ -> OZ)



Szenario E31 (RE1-Achse)



Szenario E41 (Zollverein)



Metropolregion Rhein-Ruhr

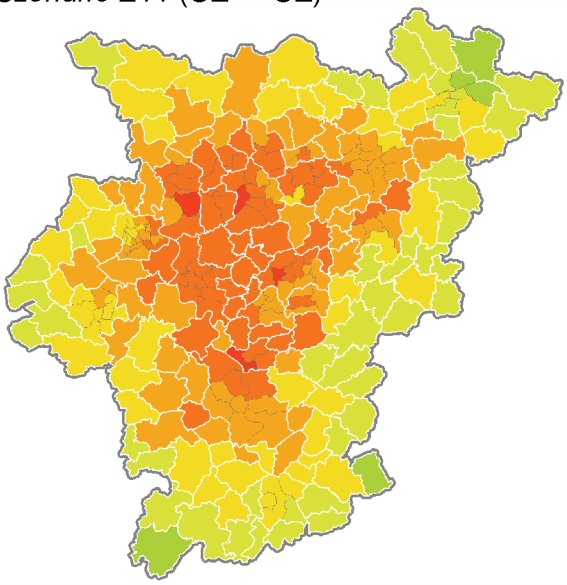
- Oberzentrum
- Mittelzentrum
- sonstige Gemeinde

Szenariomaßnahme

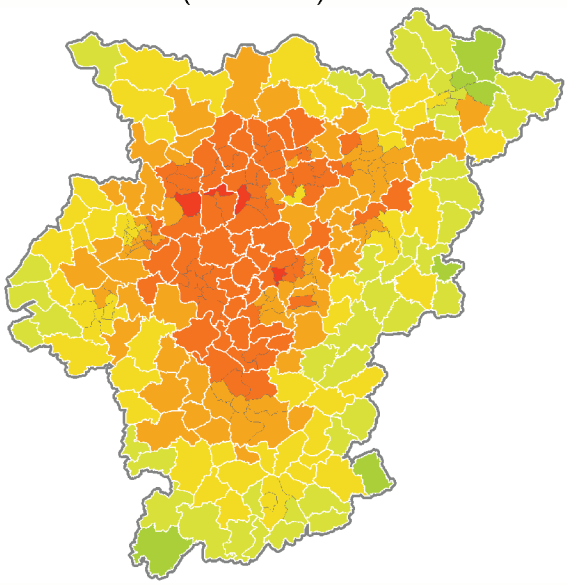
- Kapzitäts- und Geschwindigkeitsverbesserung

Abbildung 5.7. Infrastrukturausbau in den Szenarien zum Straßenverkehr.

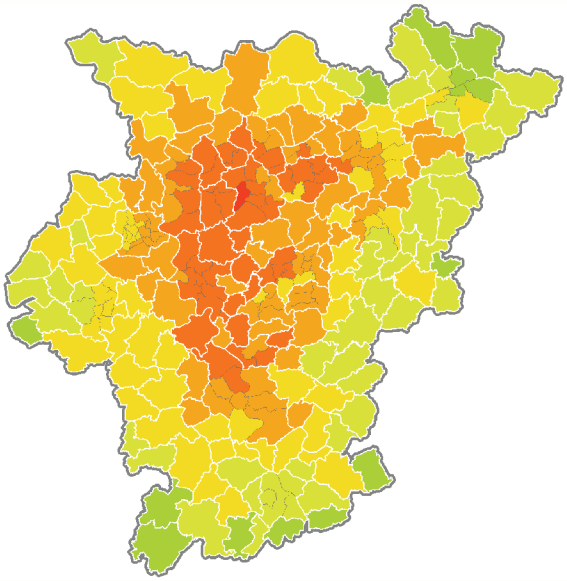
Szenario E11 (OZ -> OZ)



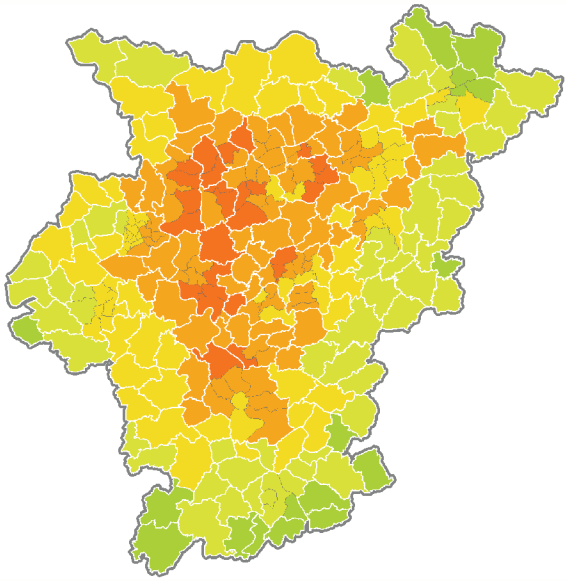
Szenario E21 (MZ -> OZ)



Szenario E31 (RE1-Achse)



Szenario E41 (Zollverein)



Erreichbarkeit motorisierter Individualverkehr
(Metropolregion Rhein-Ruhr Szenario E01 = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

Abbildung 5.8. Szenarien Straße, Erreichbarkeit auf Referenzszenario skaliert.

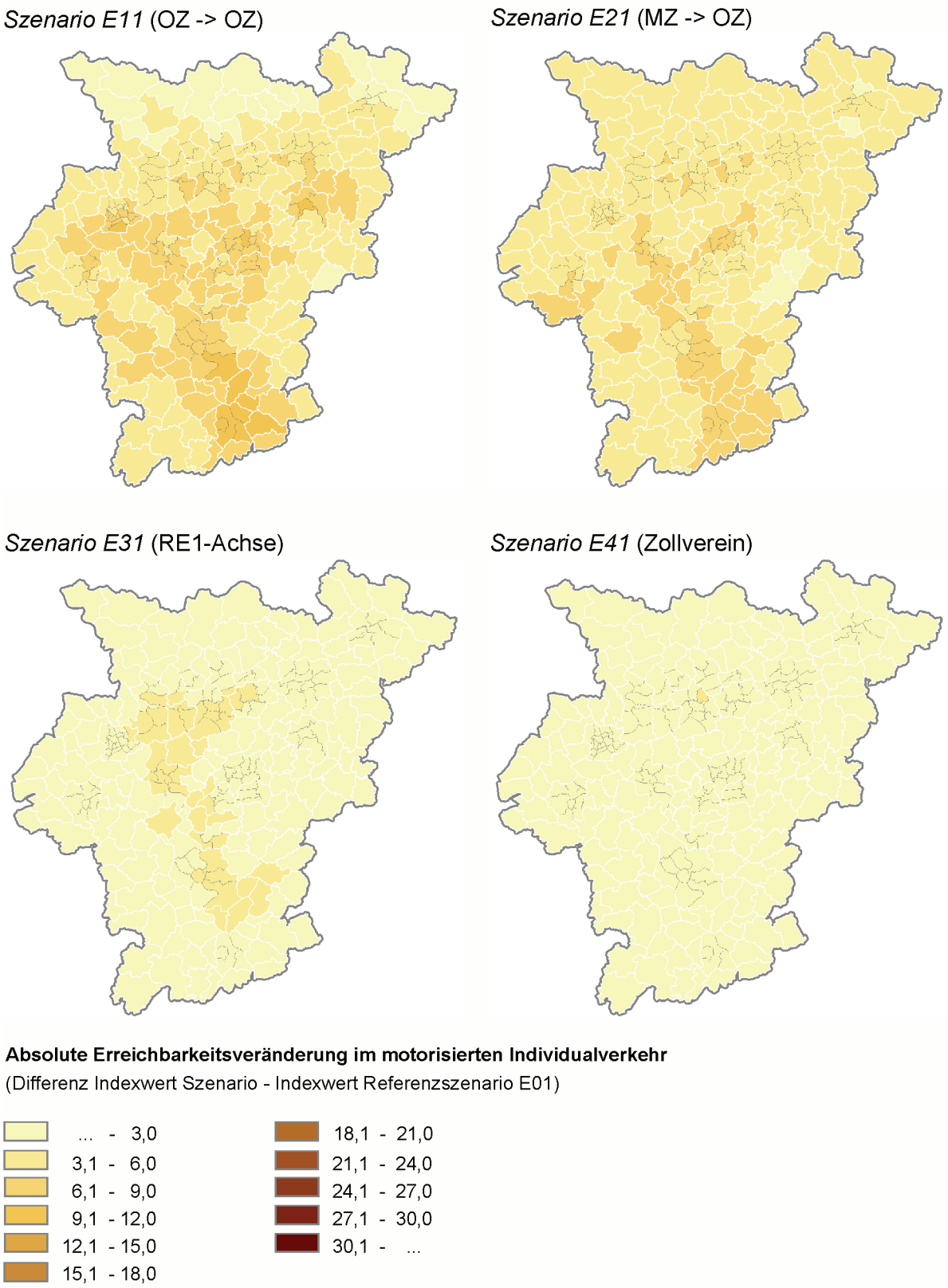


Abbildung 5.9. Szenarien Straße, Erreichbarkeitszuwachs gegenüber Referenzszenario.

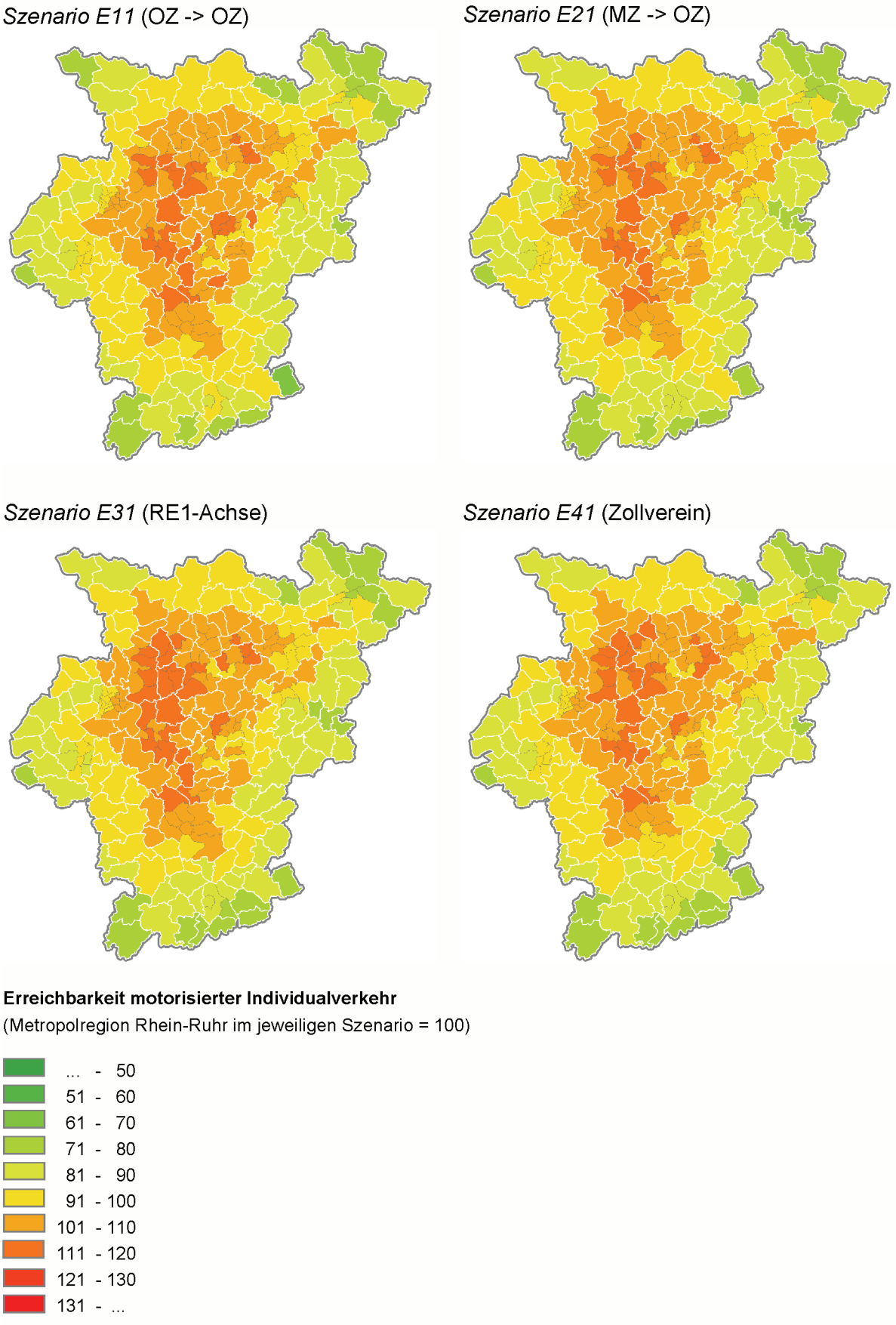


Abbildung 5.10. Szenarien Straße, Erreichbarkeit auf jeweiliges Szenario standardisiert.

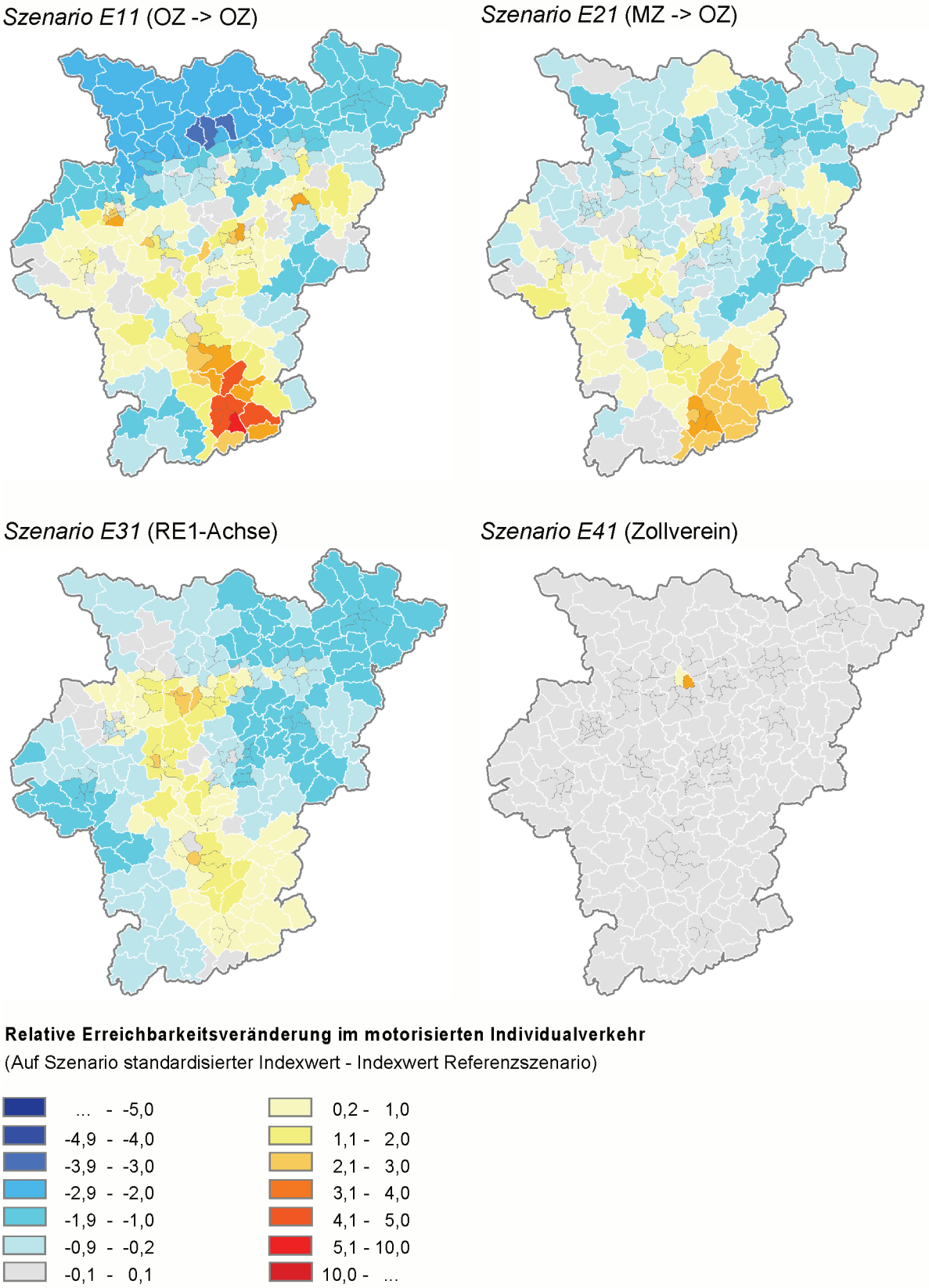


Abbildung 5.11. Szenarien Straße, Veränderung Indexwert zwischen szenariospezifischer Standardisierung und Referenzszenario.

In Abbildung 5,14 werden die absoluten Unterschiede zwischen dem jeweiligen Szenario und dem Referenzszenario als absolute Steigerung der Indexwerte dargestellt. Die höchsten Steigerungen liegen bei weit über 30 Indexpunkten und sind im Szenario E22 in den Randbereichen der Metropolregion vorzufinden. In dem Szenario beträgt die Steigerung mindestens 10 Indexpunkte. Die Spitzenlagen im Referenzszenario, aber auch einige Randlagen weisen die geringsten Steigerungen der regionalen Erreichbarkeit auf; das räumliche Muster ist ansonsten jedoch diffus. Etwas klarer strukturiert sind die Veränderungen im Szenario E12, in dem die oberzentralen Verbindungen gestärkt werden. Bei insgesamt deutlich niedrigeren Zuwächsen als in Szenario E22, profitieren hier insbesondere die am Rande des Metropolenraum Rhein-Ruhr gelegenen Oberzentren wie Mönchengladbach, Krefeld, Bonn und Dortmund; die stärksten Zuwächse sind allerdings in einem zentralen Bereich zwischen den Oberzentren Essen, Düsseldorf und Wuppertal zu finden. Die Stärkung der RE1-Achse (E32) führt zu moderaten Erreichbarkeitssteigerungen in diesem Korridor; bemerkenswert ist, dass aufgrund der Netzeffekte auch Kommunen außerhalb des Korridors begünstigt sind.

In Abbildung 5.15 sind die regionalen Erreichbarkeiten für jedes Szenario neu auf den jeweiligen regionalen Durchschnittswert standardisiert, d.h. der Vergleich der Karten lässt Rückschlüsse auf die relative regionale Standortgunst einer Kommune in den einzelnen Szenarien zu. In keinem der Szenarien wird das existierende Erreichbarkeitsgefüge grundsätzlich revidiert, d.h. die Ähnlichkeit der Szenariokarten mit dem Referenzfall ist sehr hoch. Auszumachen sind jedoch im Szenario E12 (Stärkung der oberzentralen Verbindungen) und im Szenario E32 (Stärkung der RE1-Achse) eine Stärkung der zentraleren Bereiche, während Szenario E22 (Stärkung der Verbindungen zwischen Mittel und Oberzentren) eher eine Nivellierung der Erreichbarkeitsverhältnisse bewirkt.

In Abbildung 5.16 sind die Veränderungen der Indexwerte zwischen dem Referenzszenario E02 (Abbildung 5.2) und dem jeweiligen, auf seinen eigenen Durchschnitt standardisierten Szenario abgebildet (Abbildung 5.15). Die Differenzenkarten machen so sichtbar, welche Teilbereiche der Metropolregion relativ gewinnen und welche verlieren. Die relativen Veränderungen sind weitaus höher als für den motorisierten Individualverkehr.

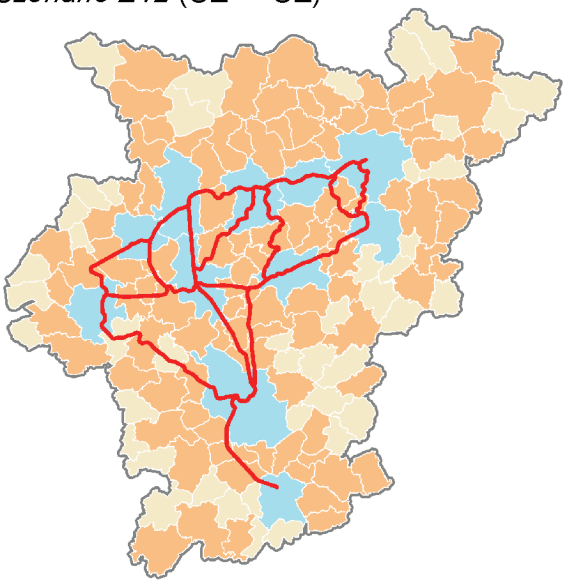
Die deutlichsten Verschiebungen bewirkt Szenario E22 mit einer Spanne von -11 bis zu +18 Indexpunkten. In den Szenarien E12 und E32 ist die Spannweite ebenfalls relevant und reicht von -6 bzw. -5 bis zu +12 bzw. +5 Indexpunkten. Szenario E12 (Verknüpfung zwischen Oberzentren) begünstigt weite Teile des südlichen Ruhrgebiets sowie die Bereiche um Mönchengladbach und Krefeld sowie die Region Bonn zu Lasten der Rheinschiene und des nördlichen Ruhrgebiets. Die verbesserte Anbindung der Mittelzentren an die Oberzentren (E22) gibt ein deutlich unterschiedliches Bild: die höchsten Steigerungen sind in Gemeinden mit niedriger Erreichbarkeit vorzufinden, die relative Verschiebung der Lagegunst geht insbesondere zu Lasten der Oberzentren in der Region. Die Stärkung der RE1-Achse hat positive Auswirkungen auf die meisten Städte im Ruhrgebiet, auf weite Teile Düsseldorfs und in geringerem Ausmaß auf Köln und sein Umland. Die verbesserte Anbindung des Standorts Zollverein in Szenario E42 befördert die Erreichbarkeit dort um +6 Indexpunkte und ist zusätzlich in einigen anliegenden Bereichen als kleine relative Verbesserung sichtbar.

Erreichbarkeitsszenarien multimodaler Verkehr

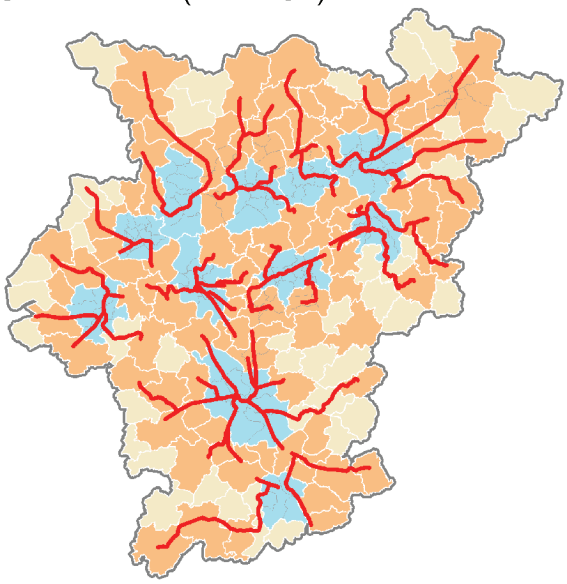
Die räumliche Ausprägung der Infrastrukturmaßnahmen der Szenarien für den multimodalen Verkehr sind in Abbildung 5.7 für den Straßenverkehr und Abbildung 5.12 für den öffentlichen Verkehr dargestellt. Wie in Kapitel 3 dargestellt, werden die multimodalen Erreichbarkeitsindikatoren auf der Basis der aggregierten Reisewiderstände des MIV und des ÖV berechnet.

Abbildung 5.17 zeigt die in den einzelnen Szenarien erzielten Erreichbarkeitsverhältnisse im multimodalen Verkehr. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Referenzfall E03 sind alle Erreichbarkeiten auf den regionalen Durchschnitt des Referenzszenarios skaliert (MRR E03 = 100). Alle Szenarien mit Ausnahme des lokalen Infrastrukturszenarios E43 verbessern die Erreichbarkeitsverhältnisse in der Metropolregion Rhein-Ruhr. Jedoch sind Intensität und räumliche Ausprägung szenariospezifisch.

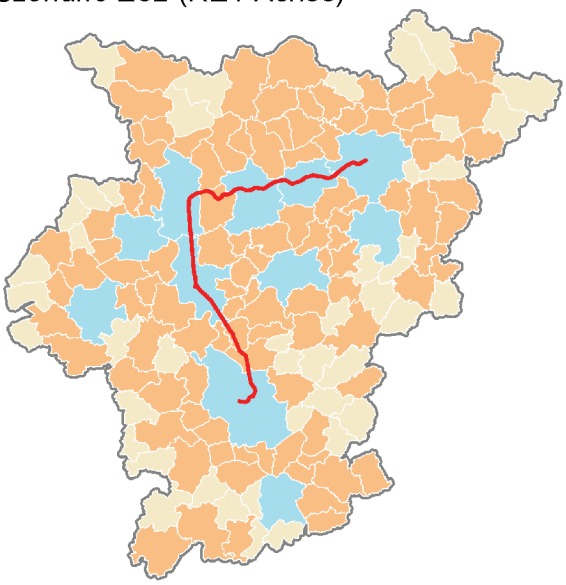
Szenario E12 (OZ -> OZ)



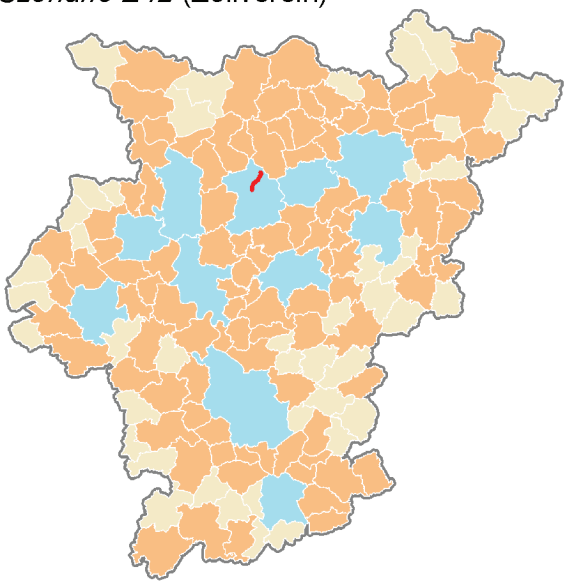
Szenario E22 (MZ -> OZ)



Szenario E32 (RE1-Achse)



Szenario E42 (Zollverein)



Metropolregion Rhein-Ruhr

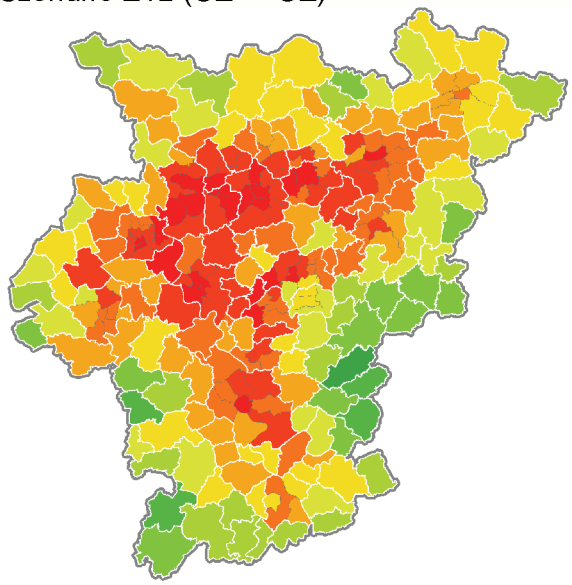
- Oberzentrum
- Mittelzentrum
- sonstige Gemeinde

Szenariomaßnahme

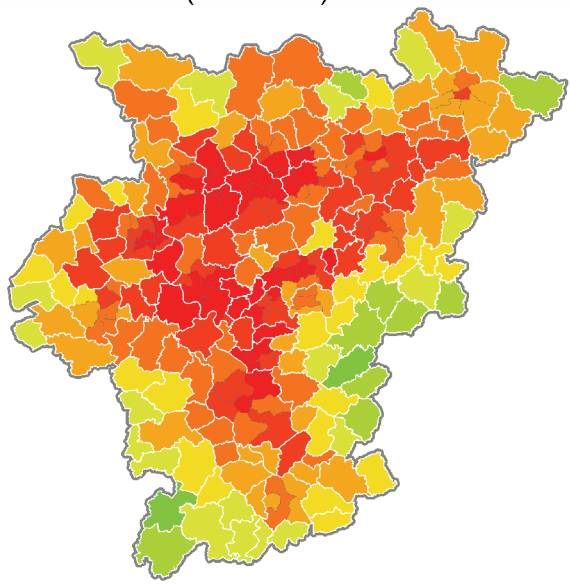
- Reisezeit- und Taktverbesserung

Abbildung 5.12. Infrastrukturausbau in den Szenarien zum öffentlichen Verkehr.

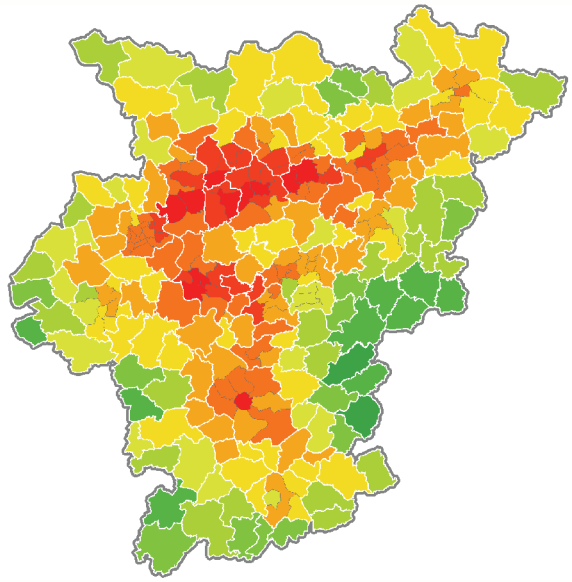
Szenario E12 (OZ -> OZ)



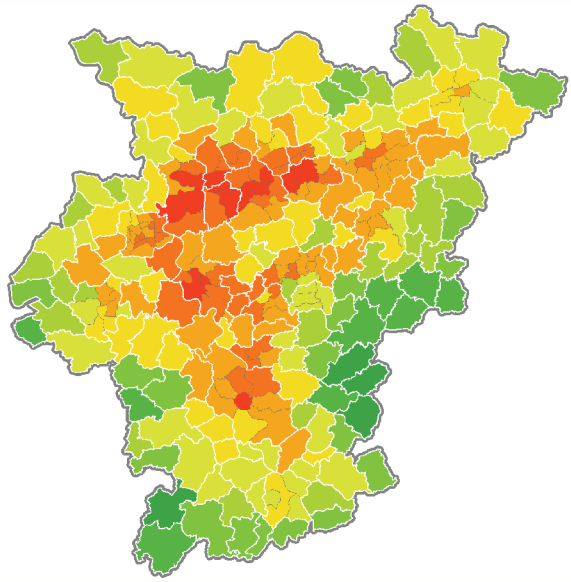
Szenario E22 (MZ -> OZ)



Szenario E32 (RE1-Achse)



Szenario E42 (Zollverein)



Erreichbarkeit öffentlicher Verkehr
(Metropolregion Rhein-Ruhr Szenario E02 = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

Abbildung 5.13. Szenarien öffentlicher Verkehr, Erreichbarkeit auf Referenzszenario skaliert.

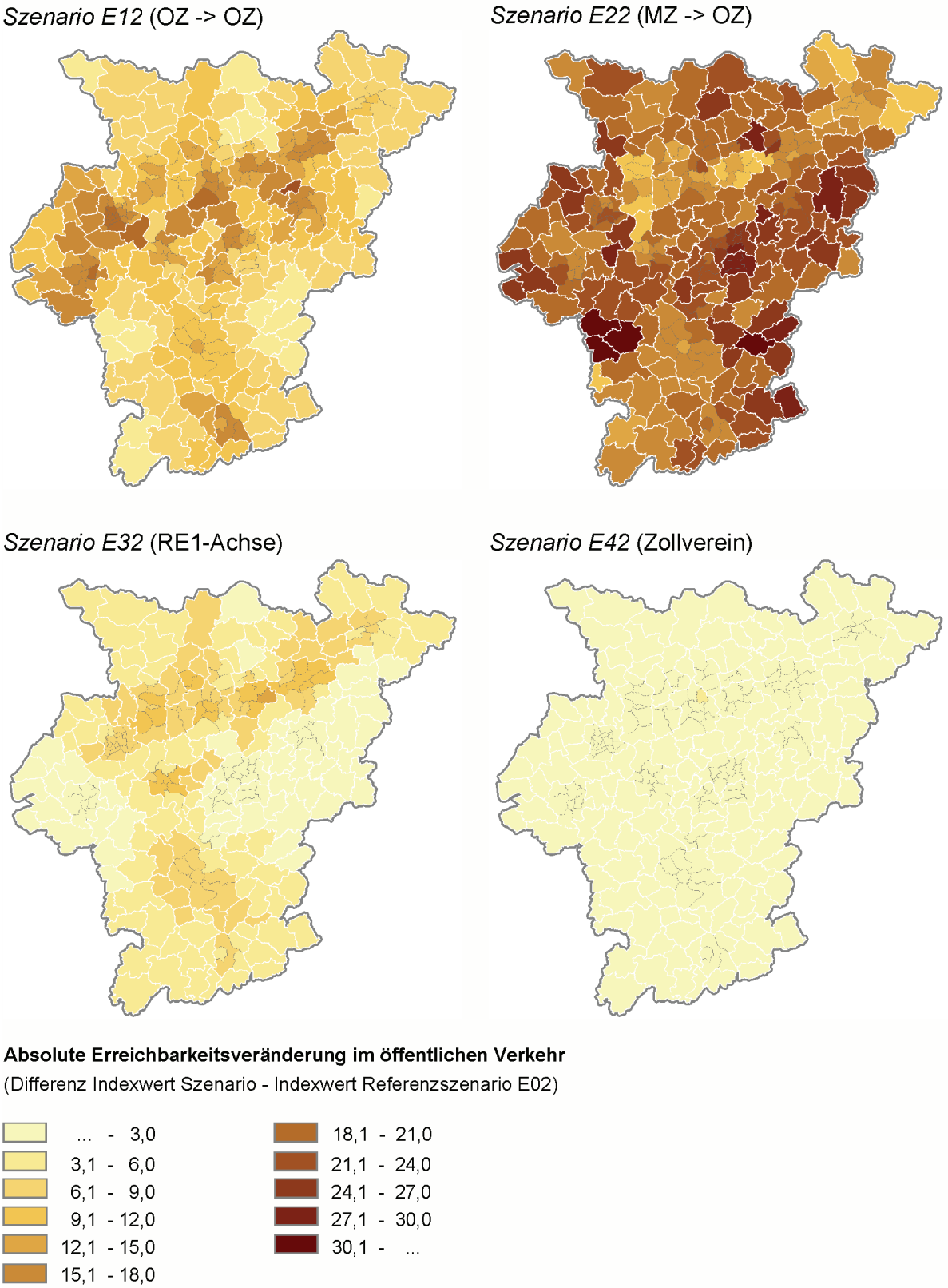
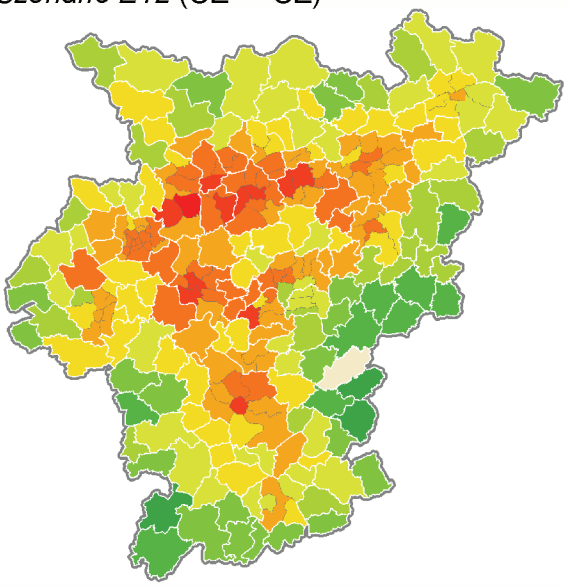
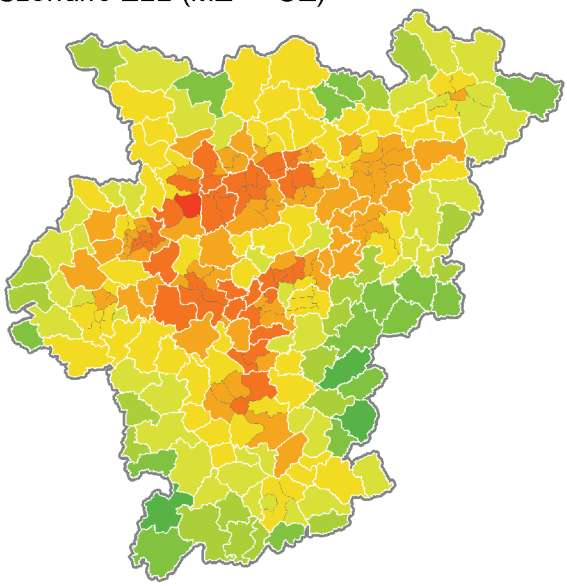


Abbildung 5.14. Szenarien öffentlicher Verkehr, Erreichbarkeitszuwachs gegenüber Referenzszenario.

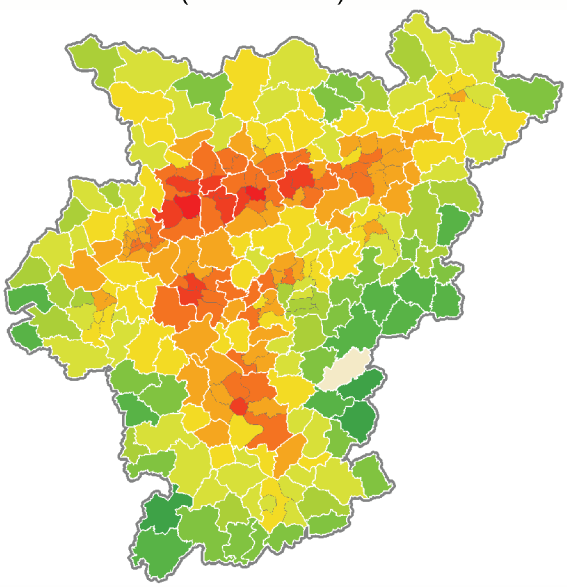
Szenario E12 (OZ -> OZ)



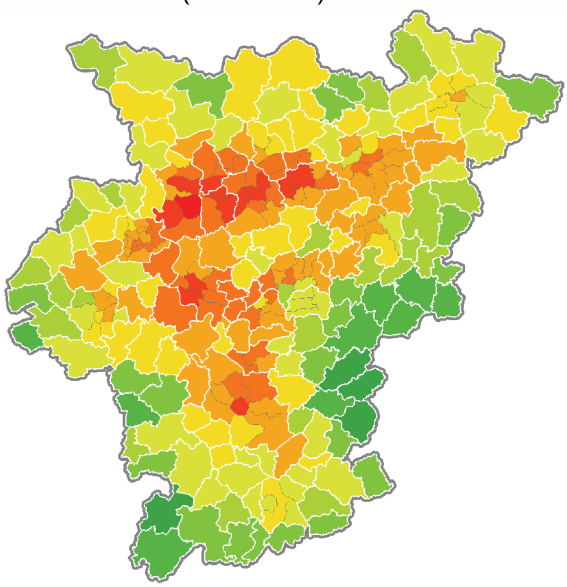
Szenario E22 (MZ -> OZ)



Szenario E32 (RE1-Achse)



Szenario E42 (Zollverein)



Erreichbarkeit öffentlicher Verkehr

(Metropolregion Rhein-Ruhr im jeweiligen Szenario = 100)

- ... - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- 101 - 110
- 111 - 120
- 121 - 130
- 131 - ...

Abbildung 5.15. Szenarien öffentlicher Verkehr, Erreichbarkeit auf jeweiliges Szenario standardisiert.

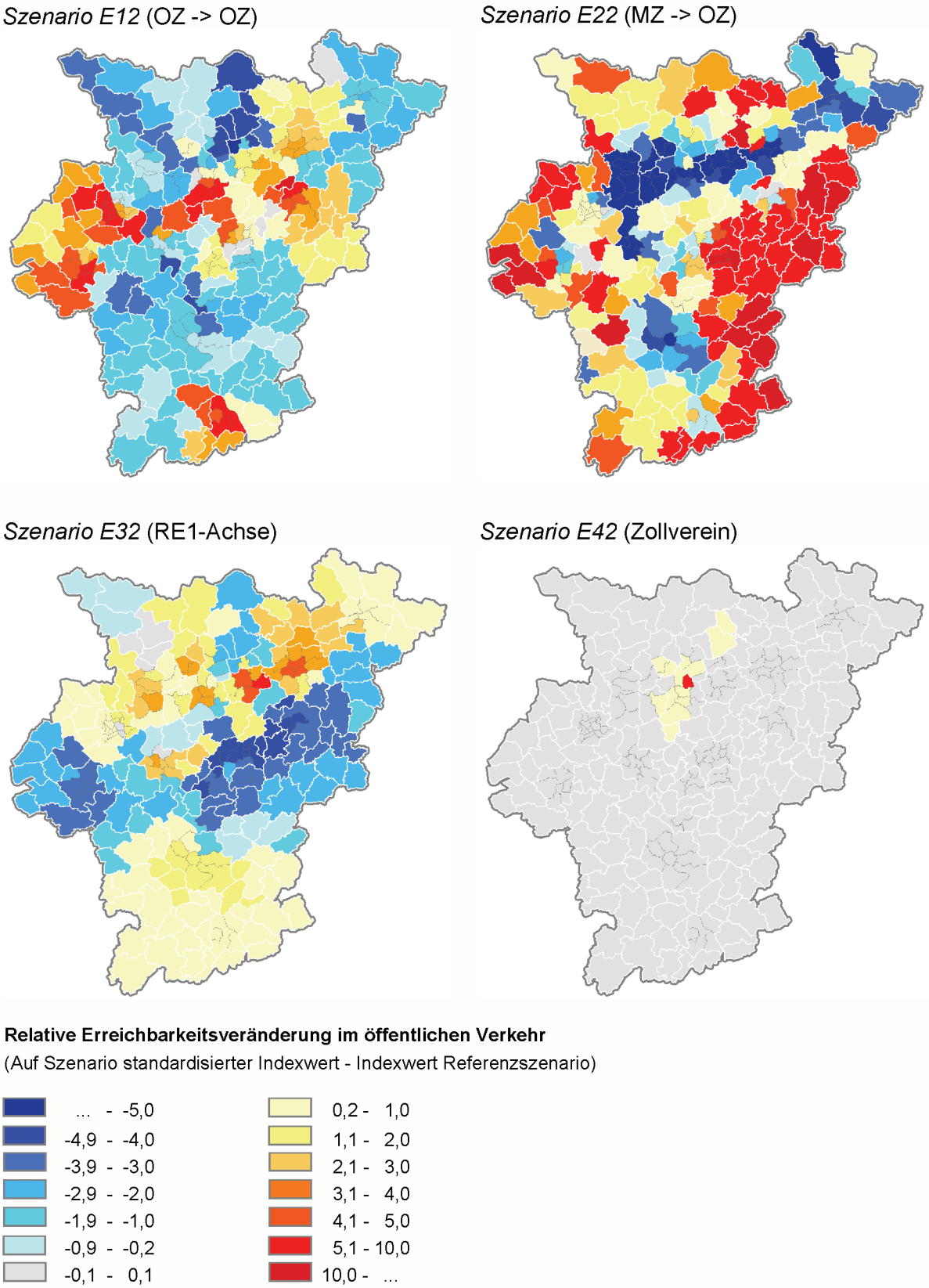


Abbildung 5.16. Szenarien öffentlicher Verkehr, Veränderung Indexwert zwischen szenariospezifischer Standardisierung und Referenzszenario.

Abbildung 5.19, in dem die absoluten Erreichbarkeitszuwächse zwischen den Szenarien und dem Referenzfall E03 kartiert sind, macht dies deutlich. Die höchsten Zuwächse an regionaler Erreichbarkeit sind durch die Stärkung der Verbindungen zwischen Mittel- und Oberzentren (Szenario E23) zu erzielen; allerdings ergibt sich kein eindeutiges räumliches Muster. Dieses ist klarer ausgeprägt in den Szenarien zur Stärkung der oberzentralen Verbindungen (E13) und zur Stärkung der RE1-Achse (E33); allerdings sind hier die absoluten Erreichbarkeitssteigerungen geringer. Die räumliche Struktur der Zuwächse besteht in beiden Szenarien in der Konzentration der Steigerungen auf zwei Achsen. Dies ist zum einen die Rheinschiene, zum anderen die nach Westen verlängerte Hellwegschiene des Ruhrgebiets. Während der profitierende Korridor in Szenario E13 breiter ist und auch größere Zuwächse hat als in Szenario E33, ist dort eine stärkere Akzentuierung der Stadtzentren der Oberzentren entlang dieser Achse zu beobachten.

In Abbildung 5.19 wird nochmals deutlich, dass keines der Szenarien eine grundsätzliche Veränderung des regionalen Erreichbarkeitsgefüges in der Metropolregion bewirken kann. Die Abbildung zeigt die Erreichbarkeiten für jedes Szenario neu standardisiert, d.h. damit lassen sich die relativen Positionen der Teilräume unabhängig von der Höhe des durchschnittlichen Erreichbarkeitsniveaus miteinander vergleichen.

Deutlich wird die relative Positionsveränderung der Teilräume in Abbildung 5.20, in der die Veränderungen der Indexwerte zwischen dem Referenzfall E03 und dem jeweiligen Szenario kartiert sind, d.h. die absolute Differenz der Indexwerte der Karten in den Abbildungen 5.3 und 5.19, So können relative Gewinner und Verlierer der Szenarien identifiziert werden. Von der Stärkung der oberzentralen Verbindungen profitieren vor allem die Oberzentren und ihre Nachbargemeinden am Rande der Metropolregion (Mönchengladbach, Krefeld, Bonn, Hagen und Dortmund). Die größte Verbesserung weist allerdings der Raum zwischen den Oberzentren Essen, Düsseldorf und Wuppertal auf, wobei deren Randbereiche ebenfalls profitieren. Zudem gewinnt die Region Bonn durch die verbesserten Verbindungen in den Rest der Region. Relative Verlierer dieses Szenarios sind das Oberzentrum Duisburg, sowie Teilbereiche von Düsseldorf und Köln, zudem das gesamte nördliche Ruhrgebiet und dessen Umland sowie die weniger stark urbanisierten Gemeinden im Süden der Metropolregion.

Durch die Stärkung der Verbindungen der Mittelzentren zu den Oberzentren (Szenario E23) werden relativ gesehen die Oberzentren geschwächt, die fast alle Verluste an Indexpunkten zu verzeichnen haben. Relativ geschwächt werden aber auch einige Mittelzentren. Relative Gewinner sind überwiegend kleinere Kommunen, seien es Mittelzentren oder nicht. Die stärksten Zuwächse sind in einigen Randbereichen der Metropolregion zu finden. Allerdings hat Abbildung 5.16 gezeigt, dass diese Zuwächse nicht dazu ausreichen, diese Kommunen aus der, intraregional gesehen, peripheren Lage zu befreien.

Das Szenario E33 mit der Stärkung der RE1-Achse ergibt das deutlichste Muster räumlicher Veränderungen, wenn auch der Umfang der relativen Positionsverschiebungen kleiner ist als in den beiden anderen Szenarien. Von einer derartigen Investition in die zentrale Achse der Metropolregion würden insbesondere die an der Achse gelegenen Ober- und Mittelzentren profitieren. In den Stadtzentren dieser Städte sind die größten Verbesserungen der relativen Lagegunst zu verzeichnen. Die Stärkung der relativen Erreichbarkeit dieser Zentren würde zu Lasten vieler suburbaner und eher ländlicher Bereiche der Metropolregion geschehen.

Das Szenario E34 mit der verbesserten lokalen Anbindung des Standortes Zollverein im Essener Norden hat nur einen sehr eng begrenzten Wirkungsraum. Die Maßnahme würde dazu führen, dass der Stadtteil Essen-Katernberg seine regionale Erreichbarkeit um 5 Indexpunkte verbessern würde.

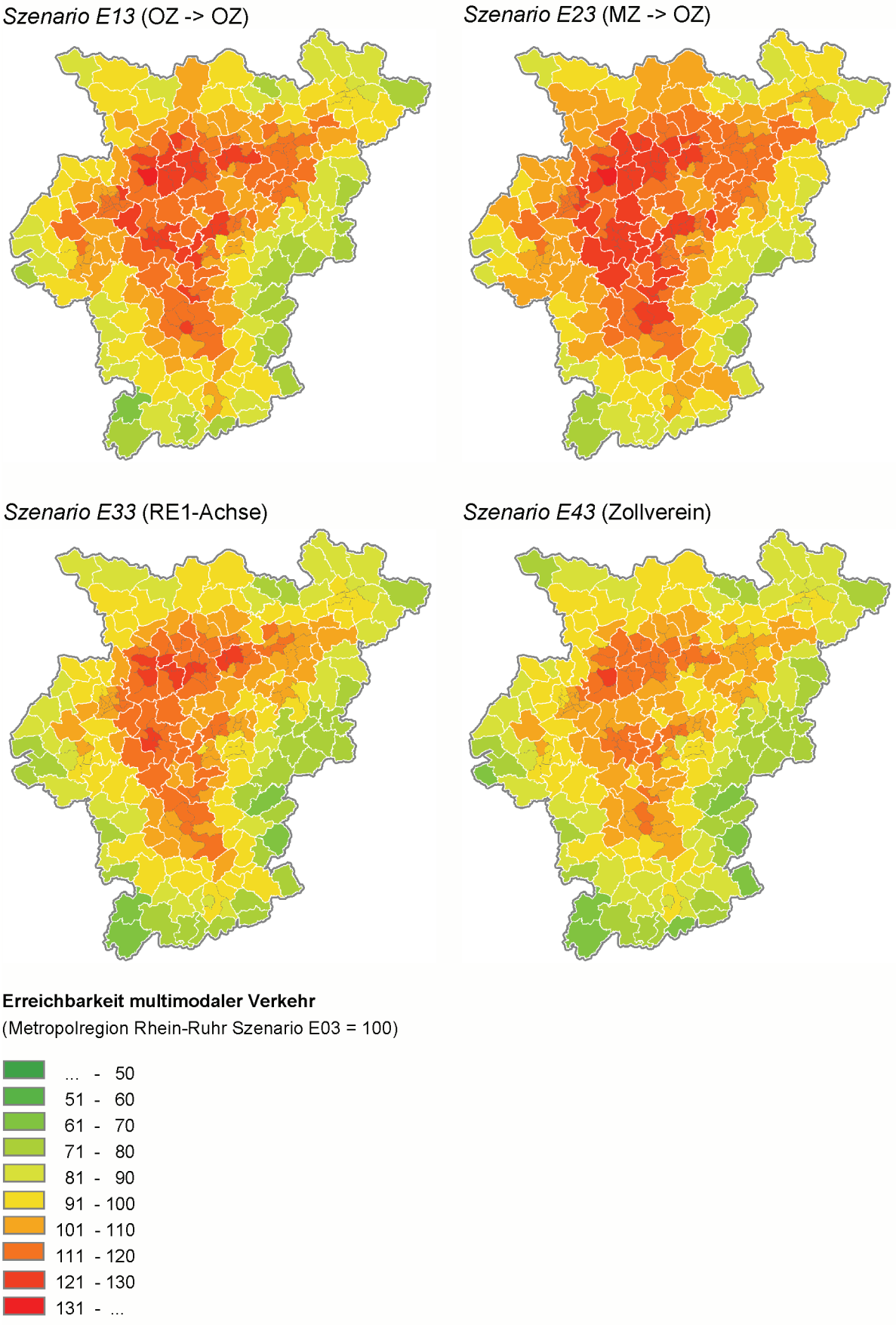


Abbildung 5.17. Szenarien multimodal, Erreichbarkeit auf Referenzszenario skaliert.

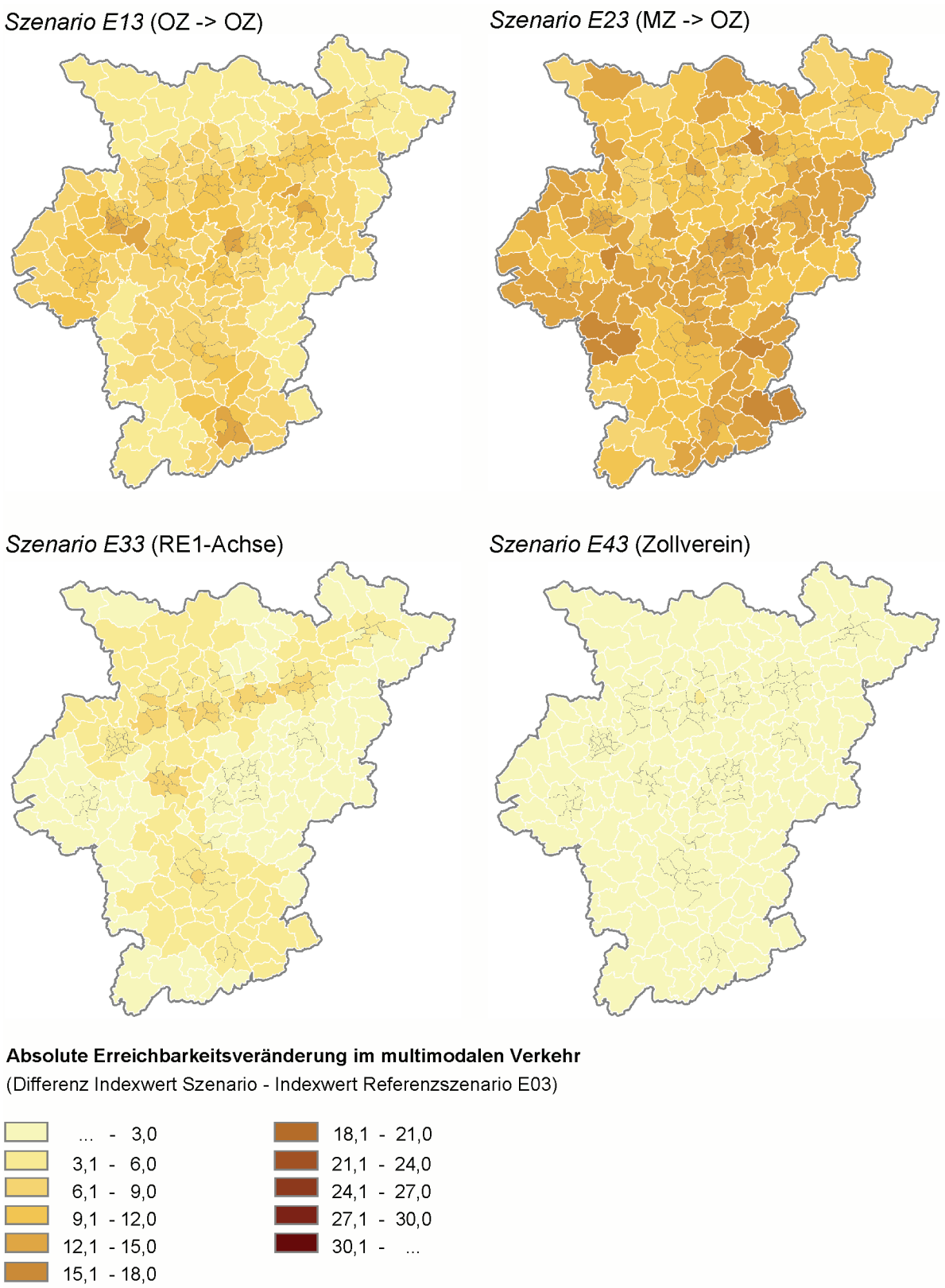


Abbildung 5.18. Szenarien multimodal, Erreichbarkeitszuwachs gegenüber Referenzszenario.

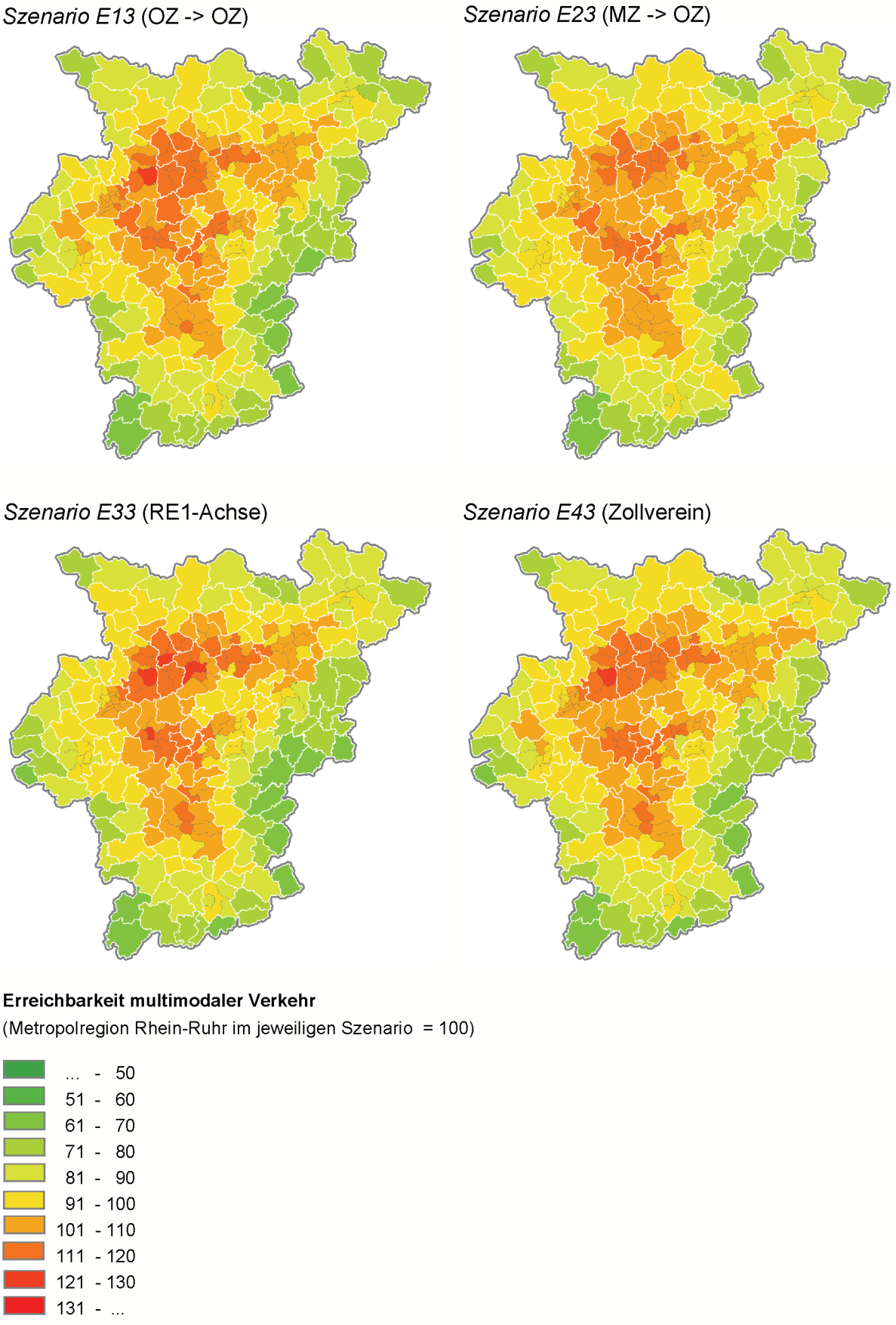


Abbildung 5.19. Szenarien multimodal, Erreichbarkeit auf jeweiliges Szenario standardisiert.

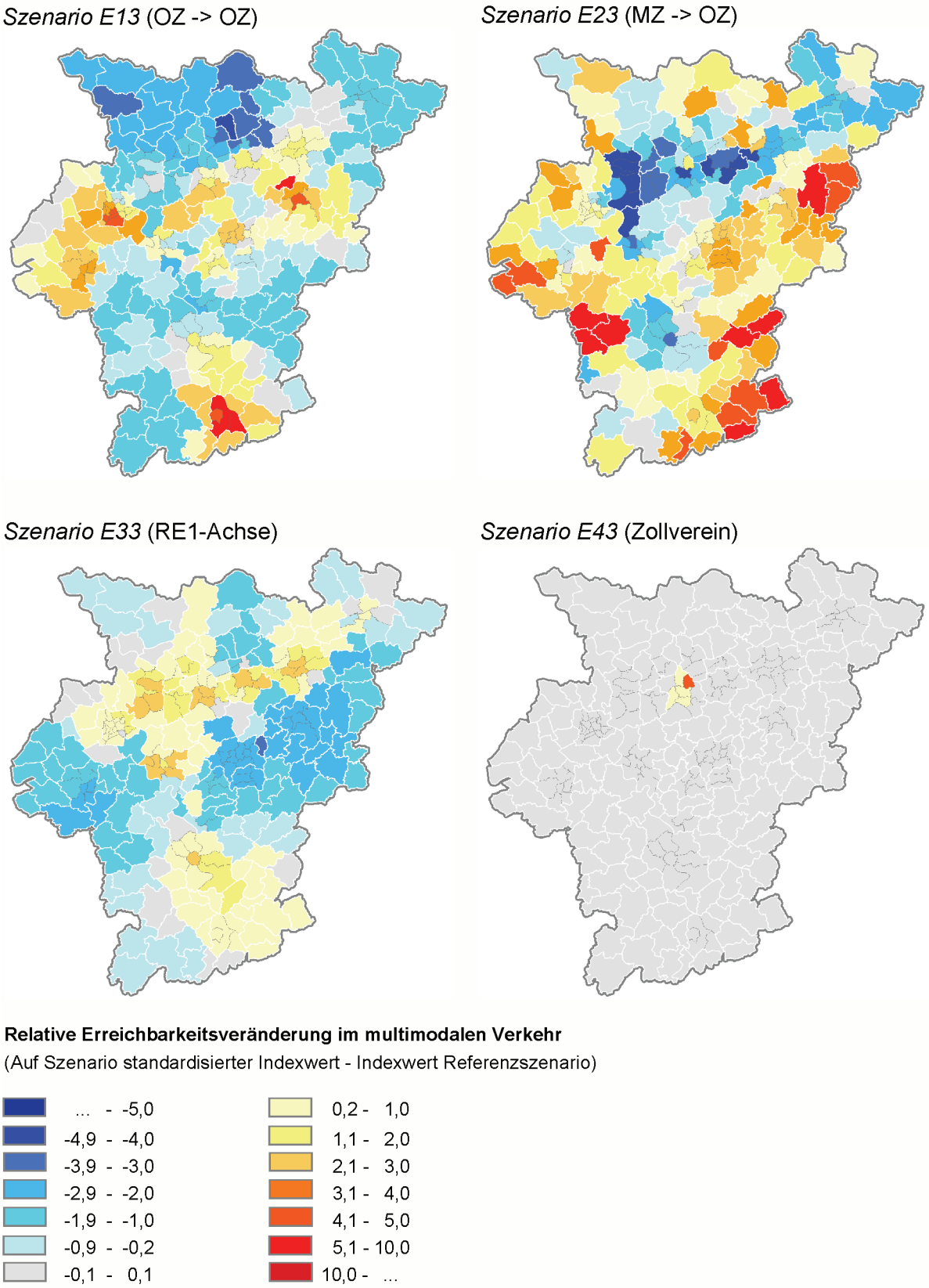


Abbildung 5.20. Szenarien multimodal, Veränderung Indexwert zwischen szenariospezifischer Standardisierung und Referenzszenario.

6 Fazit

Der vorliegende Bericht hat die aktuellen Erreichbarkeitsverhältnissen in der Metropolregion Rhein-Ruhr und Politikoptionen zur Veränderung dieses Standortfaktors untersucht. Die wesentlichen Erkenntnisse werden in diesem abschließenden Kapitel zusammenfassend interpretiert.

Bei europäischer Erreichbarkeit Spitzenplatz innerhalb Europas

Die Metropolregion Rhein-Ruhr ist im europäischen Kontext in Bezug auf die Lagegunst im Verkehrssystem hervorragend aufgestellt. Sie verfügt im Straßen- und Schienenverkehr über die höchsten Erreichbarkeitspotentiale des Kontinents. Kein anderer Ballungsraum erzielt Erreichbarkeitswerte, die 150 Prozent über dem Durchschnitt der Europäischen Union mit 15 Mitgliedsstaaten liegen. Im Straßenverkehr verfügen selbst die Teilbereiche mit den niedrigsten Werten innerhalb der Metropolregion noch über höhere Erreichbarkeitspotentiale als selbst die Spitzenlagen aller anderen Verdichtungsräume. Das Erreichbarkeitspotential im Luftverkehr bleibt aufgrund der geringer entwickelten Knotenfunktion der Flughäfen Düsseldorf und Köln etwas hinter den anderen Top-Regionen zurück.

Regionale Erreichbarkeit im motorisierten Individualverkehr relativ ausgeglichen

Die aktuellen regionalen Erreichbarkeitsverhältnisse sind im motorisierten Individualverkehr innerhalb der Metropolregion relativ ausgeglichen. Die höchsten Erreichbarkeitswerte liegen nur etwa 15 Prozent über dem regionalen Durchschnitt, die niedrigsten, in den Randgemeinden der Region, nur 20 bis 30 Prozent darunter. Die höchsten Erreichbarkeitswerte werden im Ruhrgebiet, insbesondere in Duisburg und Essen, sowie entlang des Rheins nach Düsseldorf erreicht. Im Kernbereich der Metropolregion haben nahezu alle Kommunen überdurchschnittliche Erreichbarkeitswerte im motorisierten Individualverkehr. Damit kann dem Straßennetz keine wirklich entscheidende raumdifferenzierende Wirkung innerhalb der gesamten Metropolregion, aber auch nicht zwischen den Großstädten zugesprochen werden.

Regionale Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr stark polarisiert

Im öffentlichen Verkehr sind die regionalen Erreichbarkeiten viel weiter gespreizt; die höchsten Erreichbarkeiten liegen 32 Prozent über dem regionalen Durchschnittswert, die niedrigsten erreichen nur 43 Prozent des Durchschnitts, d.h. die Differenz zwischen den Extremwerten entspricht fast dem regionalen Durchschnittswert. Die höchsten regionalen Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr liegen in den Stadtzentren von Duisburg, gefolgt von Bochum, Essen, Mülheim, Oberhausen, Düsseldorf und Köln. Von dort fällt die Erreichbarkeit schnell ab, schon in den anderen Stadtteilen liegt sie vielfach nur noch leicht über dem regionalen Durchschnitt. Nahezu alle Gemeinden im engeren suburbanen Umfeld der Großstädte weisen schon unterdurchschnittliche Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr auf. Von dort fällt die Erreichbarkeit in die kleineren und eher ländlich geprägten Umlandgemeinden nochmals stark ab. Das heutige öffentliche Verkehrsnetz von Eisenbahn, Stadt- und Straßenbahn führt mit der starken Konzentration der am besten zu erreichenden Lagen und dem starken Abfall der Erreichbarkeit zu einer sehr ausgeprägten räumlichen Differenzierung der Metropolregion Rhein-Ruhr.

Beschleunigung zwischen Oberzentren stärkt Zentren am Rande

Eine Stärkung der Verkehrsverbindungen zwischen den Oberzentren würde insbesondere die Oberzentren am Rande der Metropolregion absolut und relativ begünstigen. Die Erreichbarkeitssteigerungen würden sich nicht punktuell auf diese Oberzentren beschränken, sondern auch das jeweilige Umland mit stärken. Die Oberzentren im Kernbereich, die heute über die höchsten regionalen Erreichbarkeiten verfügen, würden relativ gesehen, sogar zurückfallen.

Beschleunigung zwischen Mittel- und Oberzentren stärkt das Umland

Die verbesserten Verkehrsverbindungen zwischen den Hierarchiestufen des Zentrensystems haben im Straßenverkehr eine eher diffuse Wirkung auf das Erreichbarkeitsgefüge. Im öffentlichen Verkehr und damit auch in der multimodalen Erreichbarkeit werden die im suburbanen Raum gelegenen Gemeinden der Metropolregion Rhein-Ruhr absolut am höchsten profitieren. Damit werden sie auch relativ gestärkt. Die intraregionalen Unterschiede in der Erreichbarkeit werden so zwar nicht aufgehoben, aber deutlich vermindert. Relativ verlieren würden insbesondere im öffentlichen Verkehr die Großstädte an den beiden zentralen Achsen der Metropolregion, der Hellwegschiene und der Rheinschiene.

Stärkung der RE1-Achse stärkt Zentren im zentralen Korridor

Die Stärkung der RE1-Achse kann als räumlich konzentrierte Teilmaßnahme des Szenarios zur Beschleunigung zwischen den Oberzentren angesehen werden. Raumstrukturell gesehen führt dieses Szenario zu den klarsten Ergebnissen. Zwar ist die absolute Steigerung der Erreichbarkeit geringer als in den anderen Szenarien - in denen allerdings auch deutlich mehr investiert werden müsste - die räumliche Konzentrierung der Effekte auf die Zentren im RE1-Korridor ist aber offensichtlich.

Wirkung lokaler Infrastrukturmaßnahmen im regionalen Kontext nicht sichtbar

Infrastrukturinvestitionen, die das Ziel haben, einen einzelnen, intraregional nicht optimal erschlossenen Standort besser durch lokale Maßnahmen in die Verkehrssysteme zu integrieren, haben im lokalen Kontext sicher ihre Berechtigung, im regionalen Kontext sind die Wirkungen kaum wahrnehmbar. Dies bedeutet, dass derartige lokale Maßnahmen nicht geeignet sind, die verkehrliche Lagegunst eines singulären Standorts aus seiner Umgebung herauszuheben.

Maßnahmen im öffentlichen Verkehr wirksamer als im Straßenverkehr

In den untersuchten Szenarien hat sich gezeigt, dass die Maßnahmen im Netz des öffentlichen Verkehrs in Bezug auf die Erreichbarkeitssteigerungen viel wirksamer sind, als Maßnahmen im Straßennetz. Die bedeutet, dass das regionale Erreichbarkeitsgefüge und damit das Standortgefüge viel leichter durch Investitionen in den öffentlichen Verkehr gesteuert werden kann als durch Investitionen in de Straßeninfrastruktur. Selbstverständlich ist diese Aussage nur mit Einschränkungen gültig, die sich aus den im Erreichbarkeitsmodell und in den Szenarien getroffenen Annahmen ergeben. Es ist auch nicht untersucht worden, welche Investitionsvolumina in den Szenarien bei den einzelnen Verkehrsträgern gebraucht würden. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass bei etwa gleichem Ausgangsniveau der Erreichbarkeiten im motorisierten Individualverkehr und im öffentlichen Verkehr bei Maßnahmen zur Reisezeiterhöhung auf den vorhandenen Infrastrukturen in denselben Korridoren, sich die Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr stärker verändern lässt.

Politikoptionen im landesplanerischen Kontext zu diskutieren

Mit der vorliegenden Analyse können keine abschließenden Politikempfehlungen zu den zukünftigen Investitionsstrategien für die Verkehrsinfrastruktur in der Region gegeben werden. Vielmehr ist es zunächst erforderlich, die Frage nach einer angemessenen Raumstruktur der Metropolregion und den dafür erforderlichen Bewertungskriterien im Spannungsfeld von internationaler Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit zu klären. Die Optionen liegen zwischen einer Stärkung der Oberzentren und ausgeglicheneren Lebensbedingungen in der Region. Dies ist somit die Frage nach der Zukunft des zentralörtlichen Systems. Die vorliegende Studie kann danach genutzt werden, die entsprechende Investitionsstrategie für die Verkehrsinfrastruktur zu definieren, da gezeigt wurde, dass die verschiedenen Optionen sehr unterschiedliche räumliche Wirkungen entfalten.

7 Literatur

Biehl, D. (Hg.) (1986): *The Contribution of Infrastructure to Regional Development*. Final Report of the Infrastructure Studies Group to the Commission of the European Communities. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Biehl, D. (1991): The role of infrastructure in regional development. In: Vickerman, R. W. (Hg.): *Infrastructure and Regional Development.* European Research in Regional Science 1. London: Pion, 9-35

Bökemann, D. (1982): *Theorie der Raumplanung*. München/Wien: Oldenbourg.

Bruinsma, F., Rietveld, P. (1996): The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning A* 30, 499-521.

Hansen, W. G. (1959): How accessibility shapes land-use. *Journal of the American Institute of Planners* 25, 73-76.

IRPUD (2001): *European Transport Networks.* http://irpud.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/pro/en_e.htm. Dortmund: Institute of Spatial Planning.

Keeble, D., Owens, P.L., Thompson, C. (1982): Regional accessibility and economic potential in the European Community. *Regional Studies* 16, 419-432

Keeble D, Offord J, and Walker S (1988): *Peripheral Regions in a Community of Twelve Member States.* Luxembourg: Commission of the European Community.

Lutter, H., Pütz, T., Spangenberg, M. (1993): *Lage und Erreichbarkeit der Regionen in der EG und der Einfluß der Fernverkehrssysteme.* Forschungen zur Raumentwicklung Band 23. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.

Ruppert, W.-R. (1975): *Erschließungsqualität von Verkehrssystemen. Lagegunstindizes und ihre Anwendungen*, Frankfurt am Main: Battelle-Institut e.V.

Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M. (1997): *Accessibility Indicators.* Berichte aus dem Institut für Raumplanung 39. Dortmund: IRPUD

Spiekermann, K., Grimm, J., Schürmann, C. (2001): *Transport Systems and Accessibility.* Study for the INTERREG IIc Project GEMACA II (Group for European Urban Areas Comparative Analysis). Dortmund: S&W/IRPUD.

Törnqvist, G. (1970): *Contact Systems and Regional Development.* Lund Studies in Geography B 35. Lund: C.W.K. Gleerup.

Wegener, M., Eskelinnen, H., Fürst, F., Schürmann, C., Spiekermann, K. (2001): *Kriterien für die räumliche Differenzierung des EU-Territoriums: Geographische Lage.* Forschungen Heft 102.1. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.