

## **Die Erreichbarkeit der Arbeitsmärkte für Berufspendler aus den Gemeinden Schleswig-Holsteins**

*Ann-Christine Schulz und Johannes Bröcker*

**IAB Nord in der  
Regionaldirektion Nord  
Projensdorfer Str. 82  
24106 Kiel**

# Die Erreichbarkeit der Arbeitsmärkte für Berufspendler aus den Gemeinden Schleswig-Holsteins

*Ann-Christine Schulz und Johannes Bröcker*

## **Dipl.-Vw. Ann-Christine Schulz**

Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg  
Fakultät II/Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik  
Stiftungsprofessur für Entrepreneurship  
Ammerländer Heerstr. 114-118  
26129 Oldenburg  
[ann.c.schulz@uni-oldenburg.de](mailto:ann.c.schulz@uni-oldenburg.de)

## **Prof. Dr. Johannes Bröcker**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Regionalforschung  
Olshausenstraße 40  
24118 Kiel  
[broecker@economics.uni-kiel.de](mailto:broecker@economics.uni-kiel.de)

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2 Eine Auswahl an Maßen zur Berechnung regionaler Erreichbarkeit</b>	<b>7</b>
2.1 Parametrische Verfahren	7
2.2 Ein nicht-parametrischer Indikator	10
<b>3 Die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze in Schleswig-Holstein</b>	<b>11</b>
3.1 Datenselektion	11
3.2 Ergebnisse	13
3.3 Vergleich der Indikatoren	18
<b>4 Zusammenfassung</b>	<b>19</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>21</b>

**Abbildungsverzeichnis:**

<b>Abbildung 1: Auspendlerintensitäten der schleswig-holsteinischen Gemeinden nach Hamburg</b>	<b>12</b>
<b>Abbildung 2: Erreichbare Arbeitsplätze im Umkreis von 10 min Fahrzeit</b>	<b>14</b>
<b>Abbildung 3: Erreichbare Arbeitsplätze im Umkreis von 60 min</b>	<b>15</b>
<b>Abbildung 4: Logsum-Indikator mit <math>\beta=1,0 \text{ min}^{-1}</math>, <math>\beta=0,1 \text{ min}^{-1}</math> und <math>\beta=0,01 \text{ min}^{-1}</math> (von links)</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 5: Ergebnis des Logsum-Indikators mit <math>\beta=0,062 \text{ min}^{-1}</math></b>	<b>17</b>
<b>Abbildung 6: Erreichbarkeitsindikator auf Basis der Indextheorie</b>	<b>18</b>

## **Vorwort**

In diesem Beitrag erfolgt eine Analyse der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen in Schleswig-Holstein anhand verschiedener Messkonzepte. Die Untersuchung basiert auf einer Diplomarbeit, die am Institut für Regionalforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel entstanden ist. Die für die Ermittlung der Erreichbarkeit erforderlichen Auswertungen von Beschäftigungs- und Pendlerdaten wurden im Rahmen eines Praktikums am IAB Nord im Herbst 2005 durchgeführt. In dieser IAB regional Studie sind die Kernergebnisse der Untersuchung zusammengefasst. Eine ausführliche Darstellung der Analysen und Berechnungen sind der zugehörigen Diplomarbeit zu entnehmen. Die Untersuchung liefert im Hinblick auf das Ziel gleichwertiger Lebensverhältnisse in den Regionen wichtige Informationen für die Regional- und Infrastrukturpolitik.

Kiel, im Mai 2007

Annekatrien Niebuhr

## 1 Einleitung

Wie gut sind verschiedene Regionen eines Wirtschaftsraumes, z.B. des Landes Schleswig-Holstein, mit Arbeitsplätzen ausgestattet? Die einen Regionen, z.B. die am Hamburger Rand, liegen nahe an großen Arbeitsmärkten und weisen eine hohe Ausstattung auf, andere liegen in Räumen mit geringer Arbeitsplatzdichte. Erwerbspersonen, die dort wohnen, müssen möglicherweise relativ lange Wege zurücklegen, um adäquate Arbeitsplätze zu erreichen. Die regionale Strukturpolitik oder die Infrastrukturpolitik, die neben dem Wachstumsziel auch das Ziel gleichwertiger Lebensverhältnisse in den Teilräumen im Auge haben muss, benötigt Maßstäbe, um die Unterschiede in der Erreichbarkeit der Arbeitsplätze für die Einwohner verschiedener Teilräume zu beurteilen. Man muss die Arbeitsplatzreichbarkeit also geeignet quantifizieren.

Hierfür stehen in der Raumb Beobachtung traditionelle Maßzahlen zur Quantifizierung von Erreichbarkeiten bereit, wie z.B. die Zahl erreichbarer Arbeitsplätze innerhalb einer mehr oder weniger willkürlich vorgegebenen maximalen Pendelzeit. Gegen einfache Indikatoren wie diesen lassen sich jedoch Einwände erheben: Jeder wird sofort fragen, warum z.B. ein Arbeitsplatz in 29 Minuten Pendelentfernung zur Gänze berücksichtigt wird, einer in 31 Minuten Entfernung aber nicht. Erwerbstätige werden in ihrem Urteil über erreichbare Arbeitsplätze gerade diesen kleinen Unterschied nicht hoch bewerten. In der Literatur werden diverse Varianten von Indikatoren vorgeschlagen, die diesen Mangel beheben, indem sie flexiblere Funktionsformen zur Gewichtung von Arbeitsplätzen in unterschiedlicher Entfernung vom Wohnort einführen. Es bleibt aber ein Problem: Die Formen der benötigten Gewichtungsfunktionen und die Parameter, die den Verlauf dieser Funktionen steuern, sind willkürlich. Das wäre nicht besorgniserregend, wenn es keinen bedeutenden Einfluss auf die Ergebnisse hätte. Wie wir unten zeigen werden, wirken sich jedoch Funktions- und Parameterwahl erheblich auf die Ergebnisse aus.

Ein erster Ausweg aus dieser Schwierigkeit ist, die beobachteten Zielentscheidungen von Berufspendlern zu nutzen, um die Unsicherheit in der Parameterwahl zu reduzieren. So kann man den wesentlichen Parameter, der die Sensitivität bezüglich der Pendeldistanzen beschreibt, mit Hilfe von Pendeldaten empirisch schätzen. Es bleibt dann jedoch die Unsicherheit hinsichtlich der gewählten Funktionsform bestehen. Aus diesem Grund schlagen wir in diesem Aufsatz einen nicht-parametrischen Ansatz als Alternative vor. Der Ansatz, der sich auf Ideen aus der Preisindextheorie stützt, benutzt das beobachtete Pendelverhalten, um Rückschlüsse darüber zu ziehen, wie die Erwerbstätigen selbst in ihrer Arbeitsplatzwahl die Entfernungsunterschiede bewerten.

Im Ergebnis erhält man aus den Pendeldaten – ohne Vorgabe irgendeiner willkürlichen Funktionsform oder willkürlich gewählter Parameter – einen einfach zu interpretierenden Indikator für jede Region, in unserem Fall für jede Gemeinde Schleswig-Holsteins. Der Indikator gibt für jede Gemeinde die Entfernung zum Arbeitsmarkt in Pendelminuten an, und zwar als Abweichung zu dem über alle Gemeinden des Landes genommenen Mittel. Die Ergebnisse erlauben also Aussagen wie z.B.: “Die Gemeinde x ist 15 Minuten näher an den Arbeitsplätzen als die Gemeinde y“ oder “Die Gemeinde x ist 15 Minuten näher an den Arbeitsplätzen als der Durchschnitt aller schleswig-holsteinischen Gemeinden.“ Wichtig ist, dass der Indikator nicht einfach die mittlere Pendelzeit, die die Einwohner tatsächlich zurücklegen, misst. Ein solches Maß würde nämlich die folgende Situation nicht richtig abbilden: Man stelle sich eine extrem periphere Gemeinde vor, in der praktisch jeder direkt vor seiner

Haustür arbeitet, weil der Rest der Welt nahezu unerreichbar ist. Die mittlere Pendelzeit ist ganz kurz, aber die Entfernung zum Arbeitsmarkt ist sehr hoch. Im Gegensatz zur mittleren Pendelzeit bringt unser Indikator diese Situation adäquat zum Ausdruck.

Wir referieren in diesem Aufsatz in Abschnitt 2 zuerst einige übliche Maße, zeigen ihre Mängel auf und entwickeln unsere Alternative. In Abschnitt 3 berechnen wir die Maße für die Gemeinden Schleswig-Holsteins und vergleichen sie miteinander. Abschnitt 4 fasst die Kernergebnisse noch einmal zusammen.

## 2 Eine Auswahl an Maßen zur Berechnung regionaler Erreichbarkeit

Es gibt eine Vielzahl von Definitionen, die den Begriff der Erreichbarkeit beschreiben und die in einem engen Zusammenhang zur konkreten Berechnung stehen. Allgemein ist unter Erreichbarkeit die Qualität des Zuganges eines Ortes zu z.B. Arbeitsplätzen, Kunden oder öffentlichen Einrichtungen mittels eines Transportsystems zu verstehen. Mit Qualität ist jedoch nicht allein die Verkehrsinfrastruktur gemeint, mit der die Entfernung zwischen Orten überbrückt wird, sondern auch die Masse der z.B. erreichbaren Arbeitsplätze, die sich unterschiedlich über den Raum verteilt (z.B. Geurs & Ritsema van Eck, 2005). Denn die Infrastruktur, die verschiedene Orte verbindet, kann zwar gut ausgebaut sein, befindet sich an diesen Orten jedoch nur eine geringe Masse, ist die Lagegunst dieser Standorte dennoch nicht hoch. In der Literatur lässt sich eine Vielzahl verschiedener Indikatoren zur Berechnung regionaler Erreichbarkeit unterscheiden, von denen eine Auswahl an parametrischen und nicht-parametrischen Indikatoren in diesem Kapitel am Beispiel der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen vorgestellt wird.

### 2.1 Parametrische Verfahren

Ein weit verbreiteter Indikator ist der **Kumulationsindikator**. Er misst die Anzahl von Möglichkeiten (z.B. Arbeitsplätze), die innerhalb einer bestimmten Reisezeit, eines Kostenlimits oder einer spezifischen Distanz erreichbar sind (Breheny, 1978). Mittels dieses Indikators kann für eine Gemeinde  $i$  die Erreichbarkeit  $A_i$  durch die Summe der erreichbaren Arbeitsplätze innerhalb einer Autofahrt von 30 Minuten von der Gemeinde berechnet werden. Erhöht man den Radius, nimmt der Wert des Erreichbarkeitsindikators zu. Es sind dann mehr Möglichkeiten bzw. es ist eine höhere Summe von Massen  $M_j$  innerhalb einer bestimmten Distanz oder Reisezeit  $\delta$  erreichbar. Formal wird der Indikator durch

$$A_i = \sum_{j=1}^n M_j f_{\delta}(d_{ij}) \quad \text{mit } f_{\delta}(d_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } d_{ij} \leq \delta \\ 0 & \text{wenn } d_{ij} > \delta \end{cases} \quad (1)$$

beschrieben und kann als die Summe der erreichbaren Masse innerhalb eines bestimmten Radius interpretiert werden. Dabei geht auch die Masse der Region  $i$  selbst ein. Das führt bei sehr kleinen Radien dazu, dass der Indikator gegen die Masse vor Ort konvergiert.

Der große Vorteil dieser Art von Indikatoren ist ihre intuitive Verständlichkeit sowie ihre einfache Berechenbarkeit. Problematisch ist jedoch die gleiche Gewichtung aller Massen, die innerhalb der Maximaldistanz liegen. Das bedeutet, dass z.B. zwischen den näher gelegenen und den weiter entfernten

liegenden Möglichkeiten nicht differenziert wird. Gerade bei einer hohen Maximaldistanz ist die gleiche Gewichtung der Massen, die gerade noch innerhalb einer Grenze liegen, und der Möglichkeiten vor Ort anzuzweifeln. Andererseits ist auch nicht einsichtig, warum alles, was hinter einer bestimmten Grenze liegt, gar nicht in die Bewertung einbezogen wird, obwohl einige Pendler auch weiter entfernt liegende Arbeitsplätze aufsuchen. Zu den Maßen, die dieses Problem umgehen, gehören die Potenzial- und Logsum-Indikatoren. Sie berücksichtigen, dass weiter entfernte Arbeitsplätze weniger zum Erreichbarkeitswert der Ursprungsregion beitragen als nahe.

Mit den so genannten **Potenzialmaßen** (Hansen, 1959) lässt sich die Erreichbarkeit  $A_i$  einer Region  $i$  als die Summe der gewichteten Massen (z.B. Arbeitsplätze) der umliegenden Regionen  $j$  und der eigenen Masse der Region  $i$  beschreiben:

$$A_i = \sum_{j=1}^n M_j f(d_{ij}) \quad (2)$$

Als Gewicht dient eine abnehmende Funktion der Entfernung (Distanzfunktion). Die eigenen Arbeitsplätze der Region werden mit der Funktion der inneren Distanz gewichtet und als Eigenpotenzial bezeichnet. Für die Berechnung der inneren Distanz gibt es verschiedene Varianten. Eine Möglichkeit ist z.B. die von Bröcker (1989), bei der die innere Distanz durch

$$d_{ii} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\text{Fläche}_i}{\pi}} \text{ approximiert wird.}$$

Setzt man für die Gewichtung der entfernten Massen der Regionen  $j$  eine monoton fallende Distanzfunktion ein, gehen Arbeitsplätze mit zunehmender Entfernung von der Region sukzessive weniger stark in den Erreichbarkeitswert ein als die Massen, die näher an der Quellregion liegen. Die Distanz kann sowohl durch die physische Distanz (z.B. Pendelentfernung in Kilometern) als auch durch die zeitliche Distanz (z.B. Pendelzeit in Minuten) ausgedrückt werden. Für die Distanzfunktion gibt es verschiedenen Spezifikationen, die unterschiedliche Verläufe haben (Ingram, 1970). Ein Beispiel ist die Exponentialfunktion, die zu der folgenden Potenzialformel führt:

$$A_i = \sum_{j=1}^n M_j \exp(-\beta d_{ij}) \quad (3)$$

Häufig findet man statt der Exponential- die Potenzfunktion. Sie hat den Nachteil, für eine Distanz von Null nicht definiert zu sein und für kleine Distanzen extrem hohe Werte anzunehmen. Der Funktionsparameter  $\beta$  beeinflusst die Steigung der Funktion und wird als Distanzwiderstand bezeichnet. Ein niedriger Distanzwiderstand führt dazu, dass von der Ursprungsregion weiter entfernt gelegene Regionen zum Potenzialmaß stärker beitragen als dies bei einem höherer Distanzwiderstand der Fall wäre (Dalvi & Martin, 1976). Das Gewicht der Arbeitsplätze nimmt bei einem niedrigen Distanzwiderstand mit zunehmender Entfernung langsamer ab als bei einem hohen Distanzwiderstand.

Die Ergebnisse der Berechnungen des Indikators können absolut nicht interpretiert werden, da sie keine intuitiv einsichtige Dimension besitzen. Aus diesem Grund werden die Werte in der Regel ins Verhältnis zu ihrem Mittelwert oder Median gesetzt, oder sie werden als Abweichungen vom Mittel, gemessen in Standardabweichungen, angegeben (z-Standardisierung).



Ein verwandtes Maß ist der so genannte **Logsum-Indikator**

$$A_i = -\frac{1}{\beta} \log \left[ \sum_{j=1}^n M_j \exp(-\beta d_{ij}) \right]. \quad (4)$$

Er ist eine sinkend monotone Transformation des vorher definierten Potenzialindikators, führt also zur selben (nur invertierten) Reihung der Regionen. Der Vorteil dieser Transformation ist, dass dieser Indikator eine sinnvolle Dimension hat. Er wird in denselben Einheiten wie die Distanz, also z.B. in Pendelminuten, gemessen. Dadurch sind die Werte für eine Region als *Distanz zum Markt* interpretierbar. Man beachte die inverse Interpretation im Vergleich zum Potenzialmaß: Der Logsum-Indikator, also die Distanz zum Markt, ist umso größer, je ungünstiger die Erreichbarkeitssituation von der betrachteten Region aus ist. Allerdings sind die Distanzen nicht absolut, sondern nur in ihren Differenzen zueinander interpretierbar. Das Maß ist intervallskaliert, und die Wahl des Nullpunktes ist willkürlich. Aus diesem Grund werden die regionalen Werte als Abweichung vom Mittel (oder auch als Abweichung von einer willkürlich gewählten Referenzregion) angegeben.

Bei beiden Indikatoren kann der Parameter  $\beta$  als Semi-Elastizität interpretiert werden. Ein Wert von  $\beta = 0,05 \text{ km}^{-1}$  bedeutet demnach, dass bei einem Anstieg der Distanz zu einer Zielregion um 1 km der Beitrag dieser Region zum Potenzial um 5 Prozent sinkt. Man kann mit dem Distanzwiderstand auch anhand der Halbwertsdistanz argumentieren. Die Halbwertsdistanz (HWD) gibt bei einer sukzessiven Erhöhung der Entfernung zweier Raumpunkte an, bei welcher zusätzlichen Distanz sich der Einfluss entfernter Massen auf die Hälfte reduziert:

$$HWD = \frac{\ln(2)}{\beta}. \quad (5)$$

Obwohl dieser Indikator die unrealistische „Alles-oder-nichts“-Gewichtung des Kumulationsindikators vermeidet, bleiben zwei Probleme: das Problem der geeigneten Parameterwahl und das Problem der Unsicherheit hinsichtlich der geeigneten Funktionsform.

Im nächsten Abschnitt zeigen wir, dass Variationen des Distanzparameters das räumliche Muster der Erreichbarkeit erheblich ändern. Man kann die Parameterwahl daher auf eine objektive Grundlage stellen, indem man den Distanzparameter in einem **Gravitationsmodell** schätzt, das die Pendelentscheidungen abbildet. Mit Gravitationsmodellen lassen sich räumliche Interaktionen zwischen Regionen beschreiben (z.B. Pendlerströme). Die Beziehungen zwischen den Regionen werden allgemein durch die Massen in den jeweiligen Regionen und eine Distanzfunktion beschrieben, die von der Entfernung zwischen den Regionen abhängt. In empirischen Modellen können darüber hinaus auch weitere Variablen berücksichtigt werden. Eine deterministische Gravitationsgleichung mit exponentieller Distanzfunktion hat z.B. die folgende Form:

$$P_{ij} = \frac{\alpha B_i^{\gamma_1} B_j^{\gamma_2}}{\exp(\beta d_{ij})}. \quad (6)$$

Die Pendlerfälle  $P_{ij}$  zwischen den Regionen  $i$  und  $j$  sind umso höher, je größer die Anzahl der Beschäftigten am Wohnort ( $B_i$ ) und am Arbeitsort ( $B_j$ ) und je geringer die Entfernung  $d_{ij}$  zwischen den Regionen ist. Fügt man noch einen stochastischen Störterm hinzu, lassen sich die Parameter an Hand beobachteter Pendlerzahlen schätzen. Man kann zeigen, dass sich die Gravitationsgleichung aus einem

diskreten Entscheidungsmodell (Logit-Modell) ableiten lässt, und dass der Logsum-Indikator gerade den erwarteten Maximalnutzen (mal -1) in diesem Modell darstellt. Das rechtfertigt, den in der Gravitationsgleichung geschätzten Parameter in der Logsum-Formel zu verwenden.

## 2.2 Ein nicht-parametrischer Indikator

Damit bleibt bei den dargestellten Indikatoren die Schwierigkeit, dass man durch die Vorgabe der Funktionsform das Verhalten und damit das Ergebnis in unerwünschter Weise vorbestimmen kann. Dies wird durch den nicht-parametrischen Ansatz vermieden, der hier zum ersten Mal vorgestellt wird. Die Grundidee ist dem Vorgehen bei der Konstruktion von Preisindex-Zeitreihen entlehnt. Hier geht man in zwei Schritten vor: Zuerst schätzt man die Preisindexänderung zwischen allen aufeinander folgenden Zeitpunkten. Das Gewichtungssystem gewinnt man dabei aus dem beobachteten Ausgabeverhalten zu diesen beiden Zeitpunkten. Die Schätzungen approximieren die Änderung des so genannten wahren Index, welcher die Ausgaben eines repräsentativen Wirtschaftssubjektes bei variierenden Preisen, aber unverändert gehaltenem Nutzenniveau misst. Im zweiten Schritt werden diese konsekutiven Änderungen verkettet, um zu einer Zeitreihe zu kommen.

Ähnlich berechnen wir im ersten Schritt für Regionspaare  $\{i,j\}$  eine Erreichbarkeitsdifferenz. Das Gewichtungssystem gewinnen wir dabei aus dem beobachteten Pendelverhalten der beiden Regionen, die das jeweilige Paar bilden. Im zweiten Schritt wird aus den bilateralen Differenzen ein Index extrahiert. Das ist allerdings etwas komplizierter als im Falle der Zeitreihe, weil Regionen nicht am Band aufgereiht sind und man daher keine einfache Verkettung vornehmen kann. Man muss einen Indexwert für jede Region derart finden, dass die Indextdifferenzen die im ersten Schritt gefundenen bilateralen Differenzen möglichst gut wiedergeben.

Schritt 1 ist einfach: Für jedes Regionspaar  $\{i,j\}$  definiert man eine Indextdifferenz  $\Delta(i)_{ij}$  der Region  $i$  gegenüber der Region  $j$  mit „ $i$ -Gewichtung“ als

$$\Delta(i)_{ij} = \sum_k p_{ik} (d_{ik} - d_{jk}) \quad \text{mit} \quad p_{ik} = P_{ik} / \sum_l P_{il} . \quad (7)$$

Das antwortet auf die Frage: Um welchen Betrag ist im gewichteten Mittel der Abstand von Region  $i$  zu allen Arbeitsplätzen höher als der Abstand von Region  $j$  zu allen Arbeitsplätzen? Als Gewichte dienen die Anteile  $p_{ik}$ , die angeben, welcher Anteil der Pendler aus Region  $i$  in eine Zielregion  $k$  pendelt. Man beachte, dass sich die Pendeldistanzen der beiden Regionen zu den Zielen unterscheiden, aber für beide Regionen dasselbe Gewichtungssystem verwendet wird. Als Gewichtungssystem kann man ebenso gut die Pendelanteile der Region  $j$  verwenden. Das führt zur Indextdifferenz  $\Delta(j)_{ij}$  der Region  $i$  gegenüber der Region  $j$  mit „ $j$ -Gewichtung“,

$$\Delta(j)_{ij} = \sum_k p_{jk} (d_{ik} - d_{jk}) \quad \text{mit} \quad p_{jk} = P_{jk} / \sum_l P_{jl} . \quad (8)$$

Man wählt als Schätzung der Indextdifferenz die Mitte dieser beiden Differenzen:

$$\Delta_{ij} = -\Delta_{ji} = [\Delta(i)_{ij} + \Delta(j)_{ij}] / 2 . \quad (9)$$

Das liefert ein System symmetrischer bilateralen Indextdifferenzen. Um dieses Vorgehen theoretisch zu fundieren zeigt man, dass  $\Delta_{ij}$  eine Näherung erster Ordnung für die Nutzendifferenzen in einem

diskreten Entscheidungsmodell liefert. Auf die Herleitung wird hier verzichtet. Das Vorgehen ist auch ohne diese theoretische Basis intuitiv eingängig.

In Schritt 2 suchen wir nun Indexzahlen  $I_i$  für jede Region  $i$  derart, dass für die Paare  $\{i,j\}$  (für  $i \neq j$ ) die Differenzen  $I_i - I_j$  und die geschätzten Indextdifferenzen  $\Delta_{ij}$  einander möglichst ähnlich sind. Man kann nicht alle Differenzen exakt reproduzieren; denn für  $n$  Regionen verfügt man nur über  $n$  frei zu wählende Indices  $I_i$ , mit deren Differenzen  $n(n-1)/2$  bilaterale Differenzen  $\Delta_{ij}$  reproduziert werden sollen. Deswegen werden die Indizes so gewählt, dass die quadratischen Abweichungen zwischen  $I_i - I_j$  einerseits und  $\Delta_{ij}$  andererseits, summiert über alle Regionspaare, möglichst klein werden. Dabei gewichtet man aber die quadratischen Abweichungen aller Paare nicht gleich, sondern berücksichtigt mit hohem Gewicht die Paare von Regionen, die einander nahe sind und deswegen ein ähnliches Pendelverhalten aufweisen. Das wirkt wie eine lokale Indexverkettung, wobei aber nicht wie in der Zeitreihe nur zwei „Zeitnachbarn“, sondern mehrere räumliche Nachbarn berücksichtigt werden. Wie man das „Nachbarschaftsfenster“ bei dieser Verkettung wählt, hat einen gewissen, aber nicht starken Einfluss auf das Resultat.

Da alles nur in Differenzen ausgedrückt ist, sind auch nur diese durch das Verfahren determiniert. Man kann auch hier einen beliebigen Nullpunkt als Referenz wählen. Wir setzen das Mittel über die Regionen auf Null, also drücken den Index als Differenz zum Mittel über die Regionen aus. Man beachte, dass die Interpretation dieselbe ist wie die des Logsum-Indikators: Man erhält „Abstände zum Jobangebot“ in Einheiten der Distanz (also z.B. Pendelminuten); höhere Abstände kennzeichnen eine schlechtere Erreichbarkeit.

### 3 Die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze in Schleswig-Holstein

Die Nähe zu den Arbeitsplätzen in Schleswig-Holstein wird anhand von Berufspendlerströmen auf Ebene der Gemeinden bzw. kreisfreien Städte berechnet und somit die Erreichbarkeit von Arbeitsmärkten für die Region festgestellt. Die empirische Analyse erfolgt stichtagsbezogen für das Jahr 2004. Im Folgenden werden die Selektion und die Aufbereitung der Daten beschrieben und die Ergebnisse der Erreichbarkeitsanalysen vorgestellt.

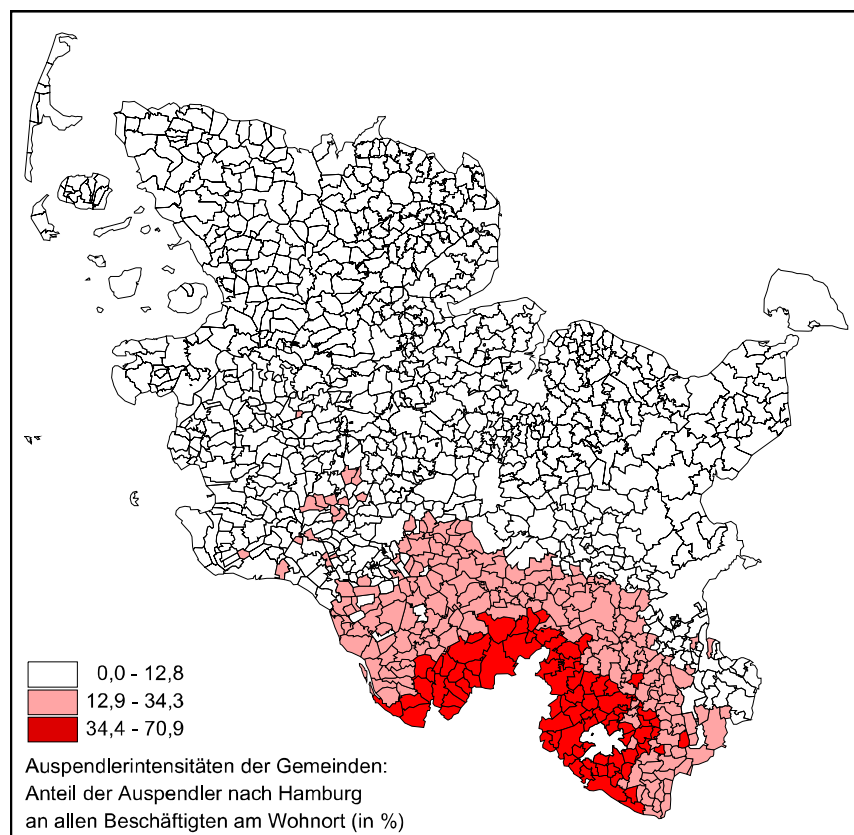
#### 3.1 Datenselektion

Die Messung der Erreichbarkeit der Gemeinden in Schleswig-Holstein erfolgt auf Basis von Berufspendlerströmen und Gemeindedistanzen, so dass sich auf Grundlage dieser Daten die implizite Größe von Arbeitsmärkten berechnen lässt.

Die **Pendlerdaten** auf Gemeindeebene werden vom *IAB Nord* für das Jahr 2004 für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Die Berufspendlerzahlen werden jährlich zum 30. Juni von der Bundesagentur für Arbeit im Rahmen der Beschäftigtenstatistik erfasst. Darin sind sowohl die gemeindeinternen Pendler enthalten, d.h. die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB), die in ihrem Arbeitsort wohnen als auch die Pendler, deren Arbeits- und Wohngemeinde nicht identisch ist. Die vollständige Pendlermatrix für Schleswig-Holstein umfasst 65 Prozent der Erwerbstätigen.

Die Anzahl der **Gemeinden** in Schleswig-Holstein liegt am 31.12. 2003 bei 1127 Gemeinden. Diese Zahl wird auch im Rahmen der Analyse der Pendlerströme für das Jahr 2004 angenommen. Von den Analysen werden jedoch die beiden Forstgutbezirke Sachsenwald (bei Hamburg) und Buchholz (Segeberg) ausgeschlossen, da es sich hierbei um gemeindefreie Gebiete handelt und keine SVB gemeldet sind. Aus dem Untersuchungsraum werden ferner die Gemeinden des Hamburger Randgebiets als Quellregion ausgeschlossen, d.h. es werden die Auspendler aus diesen Gemeinden nicht berücksichtigt. Da Hamburg nur als Raumpunkt in den Daten abgebildet ist und die innere Verteilung in Hamburg nicht zur Verfügung steht, würden in der Nähe von Hamburg die wirklichen Erreichbarkeiten unzureichend erfasst. In Abbildung 1 ist erkennbar, in welchem Umfang aus den schleswig-holsteinischen Gemeinden nach Hamburg gependelt wird.

**Abbildung 1: Auspendlerintensitäten der schleswig-holsteinischen Gemeinden nach Hamburg**



Demnach werden die Gemeinden als Wohnorte ausgeschlossen, die einen Auspendleranteil nach Hamburg von mindestens 34,4 Prozent haben. Insgesamt umfasst das Hamburger Randgebiet in Schleswig-Holstein 85 Gemeinden.<sup>1</sup> Als mögliche Pendelziele werden diese Gemeinden jedoch berücksichtigt, ebenso Hamburg sowie das restliche Deutschland, das durch Hannover<sup>2</sup> repräsentiert wird. Eine weitere Anpassung der Gemeinden ergibt sich aus der Aufspaltung der Gemeinde Groß Gladebrügge in die Gemeinden Traventhal und Klein Gladebrügge, die zwar vor dem

<sup>1</sup> Für eine homogene Darstellung des Randgebietes werden die Gemeinden Grove, Basthorst, Mühlewade und Köthel (Auspendleranteil > 30 Prozent) hinzugefügt, sowie die Gemeinden Güster, Klein Pampau und Sirksfelde abgezogen, da sie relativ nah an Lübeck liegen.

<sup>2</sup> Hannover wird ausgewählt, da die meisten Auspendler aus Schleswig-Holstein nach Hamburg, Niedersachsen oder Nordrhein-Westfalen pendeln, so dass Hannover näherungsweise als gewichtete geographische Mitte zwischen den letzten beiden Bundesländern gewählt wird.

Untersuchungszeitraum stattfand, aber aufgrund fehlender Geo-Daten für die spätere Darstellung in wirtschaftsgeographischen Karten nicht berücksichtigt werden kann. Dieses Problem wird durch eine Aggregation der beiden Gemeinden behoben.

Bei der Berechnung der **Distanzen** konnte auf bereits vorhandenes Datenmaterial aus dem *Institut für Regionalforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel* zurückgegriffen werden. Die Entfernungen zwischen den Gemeinden stellen die kürzesten Wege zwischen den Gemeinden dar und wurden auf Grundlage des Straßenverkehrsnetzes Schleswig-Holsteins berechnet. Die Distanzen liegen als Minutendistanzen für den PKW vor.<sup>3</sup> Hamburg und Hannover, sowie die Inseln Föhr, Amrum und Sylt mussten an das Verkehrsnetz angeschlossen werden. Da für die Halligen Gröde, Langeneß und Hooge weder feste Fährverbindungen noch Landwege existieren, werden sie von der Analyse ausgeschlossen. Dies gilt ebenso für die Inseln Pellworm und Helgoland.

Diese Datenlage für den Untersuchungsraum führt zu einer Pendlermatrix mit 1034 Wohngemeinden bzw. Quellregionen und 1121 Arbeitsgemeinden bzw. Zielregionen. Für diese Gemeinden liegen zur approximativen Berechnung der inneren Distanzen die **Flächendaten** in km<sup>2</sup> zum Stichtag 31.12.2003 vor, die das *Statistischen Landesamt für Schleswig-Holstein und Hamburg* bereithält.

## 3.2 Ergebnisse

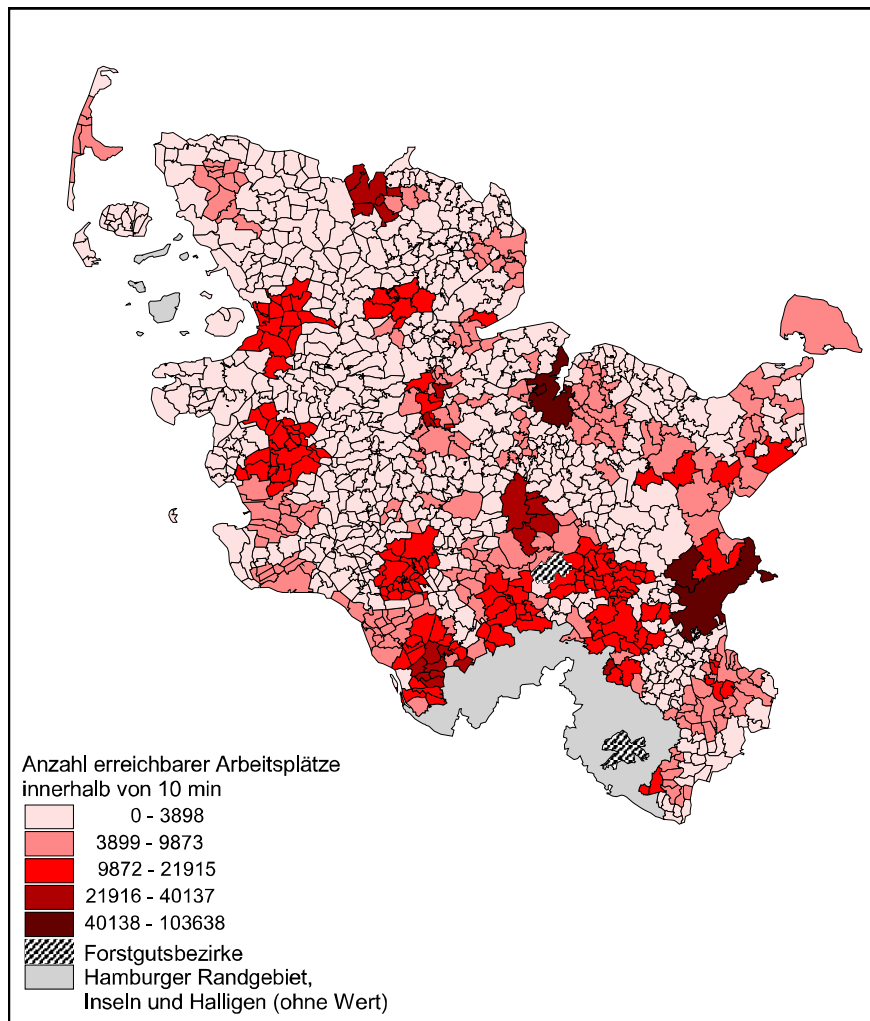
Im Folgenden stellen wir die Ergebnisse unserer Berechnungen des Kumulations-, des Logsum-Indikators (Gleichung (1) und (4)) und des nicht-parametrischen Indikators für das Jahr 2004 vor.

### Der Kumulationsindikator

Wie bereits vorgestellt, lassen sich mit dem Kumulationsindikator die erreichbaren Arbeitsplätze innerhalb eines bestimmten Umkreises einer Region berechnen. Als Arbeitsplätze dienen für die Berechnungen näherungsweise die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort. Die Arbeitsplätze von Gemeinden innerhalb einer bestimmten Maximal-Distanz gehen vollständig in die Indexwerte ein, während die weiter entfernten Gemeinden mit einer Gewichtung von Null eingehen. Die Analyse wird für verschiedene Maximal-Distanzen durchgeführt. Hiervon werden zwei ausgewählte Beispiele vorgestellt und diskutiert: (1) Berechnungen mit einer Maximal-Distanz von 10 Minuten und (2) mit einer maximalen Fahrzeit von 60 Minuten. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

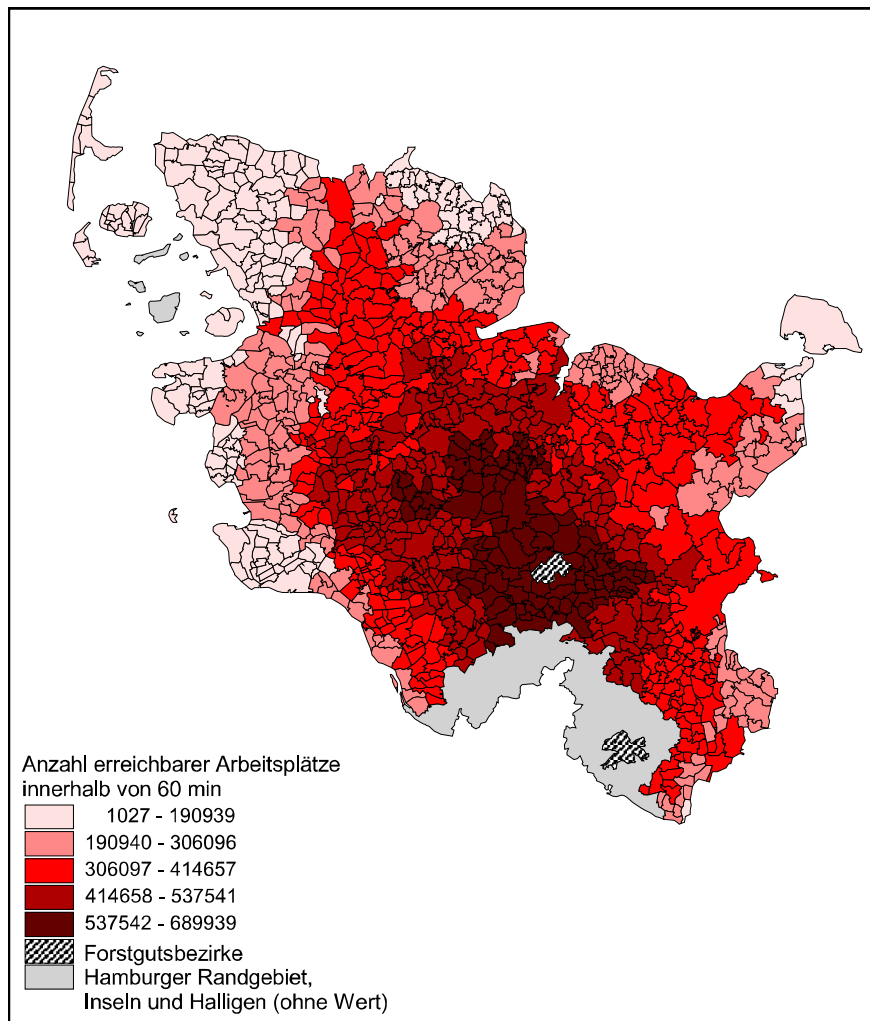
---

<sup>3</sup> Es können also nur die dementsprechenden Pendlerverflechtungen untersucht werden, da der Schienenverkehr fehlt.

**Abbildung 2: Erreichbare Arbeitsplätze im Umkreis von 10 min Fahrzeit**

Für die Maximaldistanz von 10 Minuten ergibt sich ein Muster, das die städtischen Arbeitsmarktregionen abbildet. Das sind die für Pendler wichtigsten Zielregionen, zu denen die größeren Städte gehören und die die Arbeitsmarktzentren in Schleswig-Holstein repräsentieren. Bei einem so niedrigen Distanzwert erhalten insbesondere die Regionen einen hohen Wert, die bereits eine eigene hohe Masse haben, also eine hohe Anzahl an Arbeitsplätzen wie z.B. Kiel, Lübeck und Flensburg. Man erkennt deutlich die Schwächen des Indikators: Zum einen liefert es in den ländlichen Räumen, in denen meist länger als 10 Minuten gependelt wird, keine vernünftige Information. Zum anderen kommen die Vorteile, die Gemeinden durch die Nähe von Agglomerationen genießen, die gleichwohl weiter als 10 Pendelminuten entfernt sind, nicht zum Ausdruck.

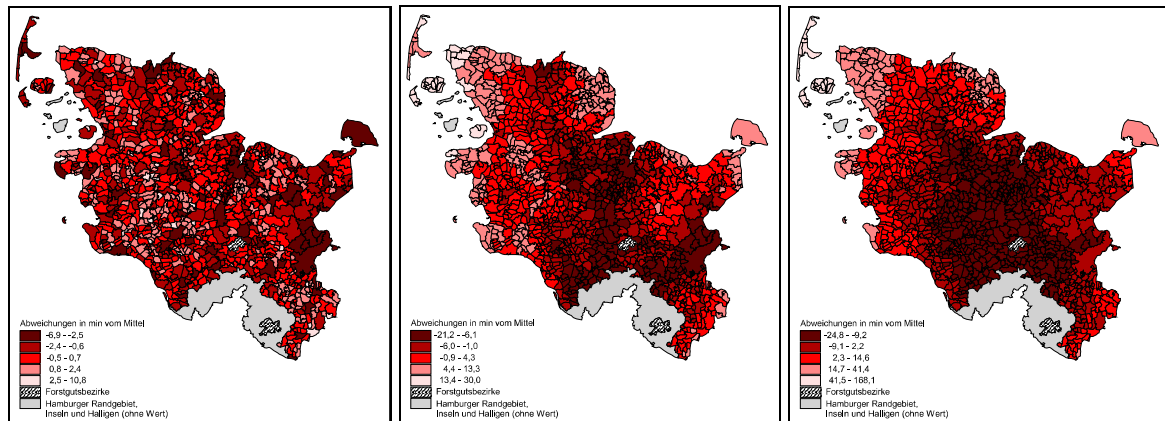
Bei einer höheren Maximal-Distanz von z.B. 60 Minuten ändert sich dieses Bild grundlegend, was das Problem der willkürlichen Wahl einer Maximaldistanz illustriert (siehe Abbildung 3).

**Abbildung 3: Erreichbare Arbeitsplätze im Umkreis von 60 min**

Es ergibt sich ein weit ausladender undifferenzierter Erreichbarkeitsvorteil aus der Nähe zu Hamburg, der die Differenzierung im Gesamttraum nicht geeignet zum Ausdruck bringt.

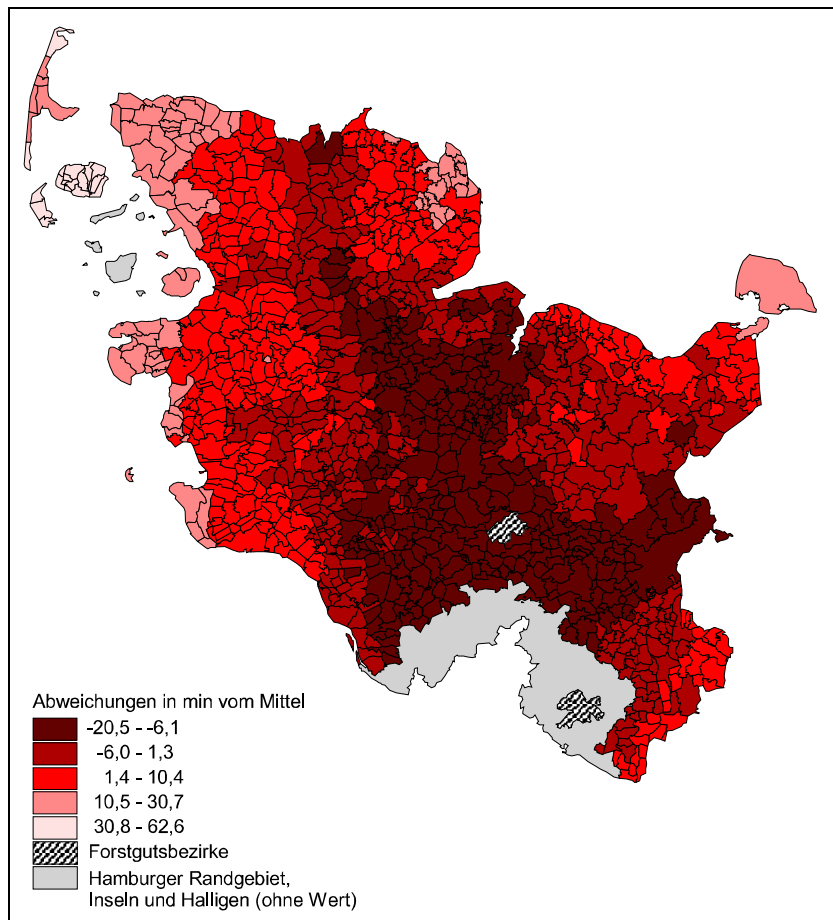
### Der Logsum-Indikator

Variationen des Distanz-Parameters führen beim Logsum-Indikator (Gleichung (4)) ebenfalls zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Dies illustriert die Abbildung 4 in der die Ergebnisse der Berechnungen des Logsum-Indikators mit den Distanzparametern  $\beta = 1,0 \text{ min}^{-1}$ ,  $\beta = 0,1 \text{ min}^{-1}$  und  $\beta = 0,01 \text{ min}^{-1}$  beispielhaft dargestellt sind. Als Masse  $M_j$  werden auch hier die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort verwendet, um die Arbeitsplätzen näherungsweise darzustellen. Man erhält dadurch die Distanz zum Arbeitsmarkt in Minuten für die einzelnen Gemeinden des Untersuchungsraumes. Alle Angaben sind Abweichungen vom Mittel über die Regionen.

Abbildung 4: Logsum-Indikator mit  $\beta=1,0 \text{ min}^{-1}$ ,  $\beta=0,1 \text{ min}^{-1}$  und  $\beta=0,01 \text{ min}^{-1}$  (von links)

Wegen der unterschiedlichen Ergebnisse wird in einem zweiten Schritt auf Grundlage des in Kapitel 2.1 vorgestellten Gravitationsmodells der Distanzparameter empirisch geschätzt. Der so ermittelte Distanzwiderstand von  $\beta = 0,062 \text{ min}^{-1}$  wird erneut in die Logsum-Formel (4) eingesetzt. Graphisch sind die Ergebnisse in Abbildung 5 dargestellt. Die Karte zeigt, dass die Regionen um Schleswig, Kiel, Neumünster und Lübeck sowie um den Hamburger Rand hohe negative Erreichbarkeitswerte aufweisen. Das bedeutet, dass sie einen besseren Zugang zum Arbeitsmarkt haben als der Durchschnitt. Auch von den Gemeinden, die sich zwischen diesen städtischen Arbeitsmarktregionen aufspannen, ist der Zugang zum Markt gut. Die Gemeinden in der Region Flensburg, der vierten kreisfreien Stadt, weisen dagegen wegen ihrer Randlage niedrigere Erreichbarkeitswerte auf. Von den Gemeinden in den Landkreisen an der Nord- (Nordfriesland, Dithmarschen) und Ostseeküste (Schleswig-Flensburg, Ostholstein) sind die anderen Gemeinden vergleichsweise schwerer zu erreichen. Dieses Ergebnis ist insofern zu erwarten, als dass Gemeinden in den Randlagen eine relativ niedrige Masse aufweisen und von den größeren Städten vergleichsweise weit entfernt sind. Insbesondere gilt dies für die Inseln und die Gemeinden an der Küste.

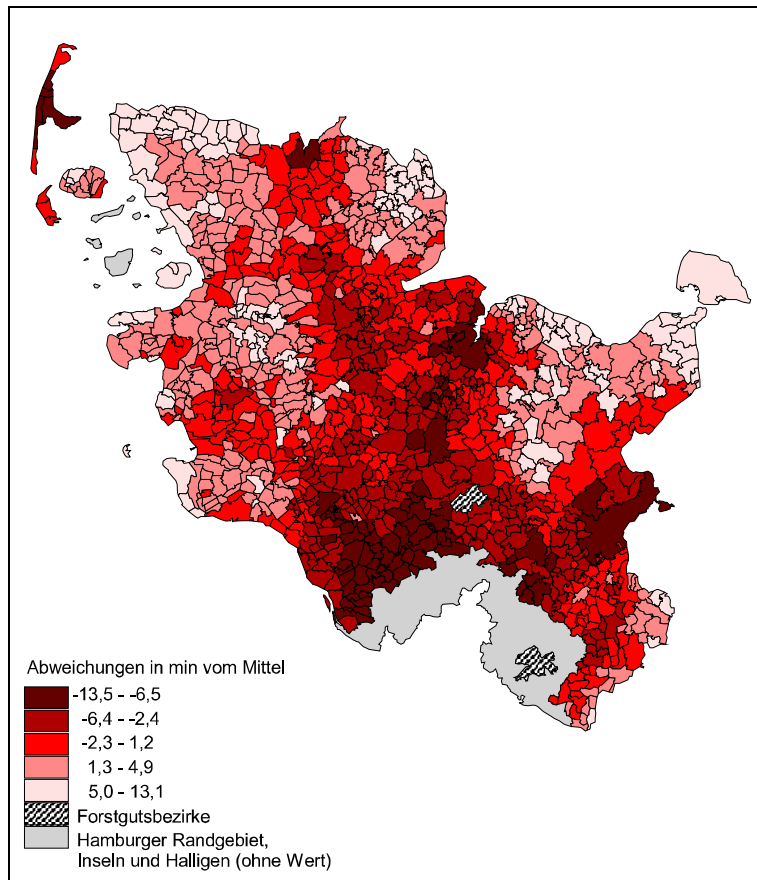


Abbildung 5: Ergebnis des Logsum-Indikators mit  $\beta=0,062 \text{ min}^{-1}$ 

### Der nicht-parametrische Indikator

Nachdem im Rahmen der klassischen Potenzial- und Kumulationsanalyse gezeigt werden kann, dass die Erreichbarkeitswerte stark von den gewählten Distanzparametern abhängen, werden in diesem Teil die Ergebnisse des nicht-parametrischen Indikators diskutiert.

Die Karte in Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Das Bild der Erreichbarkeit der schleswig-holsteinischen Gemeinden ist sehr differenziert. Die Verkehrswege lassen sich noch besser erkennen als bei der Berechnung des Logsum-Indikators mit dem geschätzten Distanzparameter in Abbildung 5. Die gut erreichbaren Gemeinden grenzen sich deutlich von den peripheren ab. Die Werte lassen sich ähnlich wie beim Logsum-Indikator als Abweichungen vom Mittel interpretieren. Negative Werte drücken eine bessere Erreichbarkeit als der Durchschnitt der Gemeinden aus, positive eine schlechtere. Von Kiel ist z.B. der Arbeitsmarkt um 13 Minuten besser erreichbar als vom Durchschnitt der Gemeinden. Von Lübeck und Neumünster aus ist der Arbeitsmarkt um 9 Minuten besser erreichbar als vom Durchschnitt. In solchen Werten kommt die Standortattraktivität zum Ausdruck bzw. auch die Notwendigkeit von Infrastrukturmaßnahmen. Gut erkennbar sind in der Karte nämlich die Verkehrswege für den PKW. Die Gemeinden entlang der Hauptverkehrswege weisen eine überdurchschnittliche Lagegunst auf. So ist der Verlauf der Autobahn A7 von Hamburg in Richtung Flensburg gut erkennbar sowie der Verlauf der A20, der Heide an Hamburg anschließt, und der Verlauf der Bundesstraße nach Husum.

**Abbildung 6: Erreichbarkeitsindikator auf Basis der Indextheorie**

Interessant ist hierbei die Betrachtung der Erreichbarkeit zwischen zwei Arbeitsmarktzentren wie Kiel und Neumünster sowie Kiel und Lübeck. Der Arbeitsmarkt Kiel grenzt sich kaum von Neumünster ab. Die Gemeinden um und zwischen diesen Zentren weisen ähnliche Erreichbarkeitswerte auf, während die Gemeinden zwischen Kiel und Lübeck eher niedrige Werte aufweisen und sich daher die Zentren deutlich voneinander abgrenzen. Für Beschäftigte zwischen diesen Gemeinden sind also beide Zentren schlecht erreichbar.

Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass die Erreichbarkeitsunterschiede in ihrer absoluten Größenordnung nicht dramatisch sind, ihr Maximum liegt bei ca. 25 Pendelminuten. Mit Ausnahme der hier nicht berücksichtigten Inseln kann man daher nirgendwo in Schleswig-Holstein von Teilräumen sprechen, die hinsichtlich des Arbeitsmarktes extrem peripher sind.

### 3.3 Vergleich der Indikatoren

Nachdem wir einen Indikator konstruiert haben, der ohne Wahl von Parametern oder Funktionsformen auskommt, ist die Frage nahe liegend, ob die herkömmlichen Indikatoren bei geeigneter Parameterwahl ein ähnliches Muster liefern und damit als Näherung an den nicht-parametrischen Indikator verwendet werden können. Schließlich zeichnen sich die herkömmlichen Indikatoren durch den Vorteil eines geringeren Datenaufwandes aus. Man benötigt lediglich die Angaben über die Verteilung der Beschäftigung nach Wohn- und Arbeitsort und die Distanzen. Die vollständige Pendlermatrix braucht man nicht für die Berechnung. Die Information aus der Pendlermatrix ist in den parametrischen Indikatoren in je einem einzigen Parameter verdichtet.

Mit einer Korrelationsanalyse kann man zeigen, dass sich die Indikatoren tatsächlich ähneln, wenn man die Parameter so wählt, dass die Korrelation mit dem nicht-parametrischen Indikator maximal wird. Für beide herkömmlichen Indikatoren, den Kumulations- und den Logsum-Indikator ergibt sich ein deutlich ausgeprägtes eindeutiges Maximum. Dieses Maximum liegt bei 33,2 Minuten Maximaldistanz für den Kumulationsindikator und bei  $\beta = 0,15 \text{ min}^{-1}$  (entspricht 4,6 Minuten Halbwertszeit) für den Logsum-Indikator. Das ist deutlich höher als der oben aus den Pendelströmen geschätzte Parameter  $\beta = 0,062 \text{ min}^{-1}$ , was daran liegt, dass die der Schätzung zugrunde liegende Exponentialfunktion die Pendelintensitäten auf kurzer Entfernung eher überschätzt. Tabelle 1 zeigt die Korrelationen zwischen den Indikatoren. Hinsichtlich der Vorzeichen beachte man, dass der Kumulationsindikator so definiert ist, dass ein höherer Wert eine bessere Erreichbarkeit ausdrückt, während die beiden anderen Indikatoren als Distanzen zum Markt definiert sind, also derart, dass ein höherer Wert eine schlechtere Erreichbarkeit ausdrückt. Daher rührt die negative Korrelation des Kumulationsindikators mit den beiden anderen und die positive Korrelation der beiden anderen Indikatoren untereinander.

**Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten der Erreichbarkeitsmaße**

	<b>KUM</b> Kumulationsindikator mit 33,2 min.	<b>LOG</b> Logsum-Indikator mit $\beta=0,15 \text{ min}^{-1}$	<b>ACC</b> Nicht-parametrischer Indikator
<b>KUM</b> Kumulationsindikator mit 33,2 min.	1	-0,775	-0,763
<b>LOG</b> Logsum-Indikator mit $\beta=0,15 \text{ min}^{-1}$	-0,775	1	0,855
<b>ACC</b> Nicht-parametrischer Indikator	-0,763	0,855	1

Wie angesichts der oben ausgeführten Kritik am Kumulationsindikator zu erwarten war, schneidet der Logsum-Indikator mit einer Korrelation von 0,855 mit dem nicht-parametrischen Indikator deutlich besser ab als der Kumulationsindikator. Bei nicht verfügbaren Pendlerdaten ist er somit als gute Näherung des nicht-parametrischen Indikators durchaus verwendbar.

## 4 Zusammenfassung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Erreichbarkeit zu definieren und zu messen. Grundsätzlich kann man zwischen parametrischen und nicht-parametrischen Verfahren unterscheiden. Von den parametrischen Indikatoren werden Kumulations- und Logsum-Indikatoren für die Gemeinden Schleswig-Holsteins berechnet. Ein nicht-parametrischer Indikator, der auf Basis der Indextheorie konstruiert ist, wird erstmalig vorgestellt und angewandt.

In der Analyse der Erreichbarkeit auf der Ebene schleswig-holsteinischer Gemeinden steht die Arbeitsmarkterreichbarkeit für Berufspendler im Fokus. Während die Ergebnisse der klassischen Indikatoren eine deutliche Abhängigkeit von den gewählten Distanzparametern zeigen, wird der nicht-parametrische Indikator lediglich durch die frei wählbare Breite des „Nachbarschaftsfensters“ bei der

lokalen Indexverkettung beeinflusst. Der Einfluss ist jedoch sehr gering, weshalb der Indikator weitgehend frei von der Willkür in der Wahl funktionaler Formen und Parameter ist und sich daher besser eignet, das regionale Muster der Erreichbarkeit datengestützt abzubilden. Ein Vergleich mit den traditionellen Indikatoren zeigt darüber hinaus, dass man den nicht-parametrischen Indikator mit dem Logsum-Indikator recht gut approximieren kann, wenn man für diesen einen geeigneten Distanzparameter wählt. Als optimal für die Approximation erweist sich ein Parameter, der einer unerwartet geringen Halbwertsdistanz von weniger als 5 Minuten Pendelzeit entspricht.

Für die Erreichbarkeit der Arbeitsmärkte in Schleswig-Holstein zeichnet der nicht-parametrische Indikator folgendes Bild: Erwartungsgemäß sind die städtischen Arbeitsmarktzentren in der Mitte des Landes (Kiel, Lübeck, Neumünster, etc.) gut erreichbar, während die Gemeinden und Städte in der Peripherie diesbezüglich einen Standortnachteil haben. Außer den westlichen und nördlichen ländlichen Gemeinden weisen auch die ostholsteinischen Gebiete zwischen Lübeck und Kiel vergleichsweise ungünstige Erreichbarkeitswerte aus. Hier schlägt sich die weniger gute Straßeninfrastruktur nieder. Trotzdem lässt sich insgesamt feststellen, dass die Erreichbarkeitsunterschiede zwischen den Gemeinden in ihrer absoluten Größenordnung nicht dramatisch sind. Nirgendwo in Schleswig-Holstein kann man daher von Teilräumen sprechen, die hinsichtlich des Arbeitsmarktes extrem peripher sind. Auffällig ist auch der Einfluss der Infrastruktur auf die Erreichbarkeit: Von den Gemeinden entlang der Hauptverkehrswege (Autobahnen, Bundesstraßen) sind die übrigen Gemeinden sehr gut erreichbar. Die Ergebnisse für die regionalen Erreichbarkeiten sind allerdings insoweit verzerrt, als dass die Transportkosten lediglich durch die PKW-Minuten approximiert werden. Es taucht daher die Frage auf, ob die Resultate für Fahrzeiten mit dem öffentlichen Personennahverkehr robust sind.

## Literaturverzeichnis

- Breheny, M.J. (1978): The Measurement of Spatial Opportunity in Strategic Planning. *Regional Studies*, 12, S. 463-479.
- Bröcker, J. (1989): How to Eliminate Certain Defects of the Potential Formula. *Environment and Planning A*, 21, S. 817-830.
- Dalvi, M.Q./Martin, K.M. (1976): The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results. *Transportation*, 5, S. 17-42.
- Geurs, K.T./Ritsema van Eck, J.R. (2005): Accessibility Measures: Review and Application, RIVM report 408505006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Hansen, W. (1959): How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25 (2), S. 73-76.
- Ingram, D.R. (1970): The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form. *Regional Studies*, 5 (2), S. 101-107.
- Morris, Dumble und Wigan (1979): Accessibility Indicators for Transport Planning. *Transport Research A*, 13, S. 91-109.

## *Impressum*

### **IAB regional. IAB Nord**

Nr. 01 / 2007

### **Herausgeber**

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung  
der Bundesagentur für Arbeit  
Weddigenstr. 20-22  
D-90478 Nürnberg

### **Rechte**

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit  
Genehmigung des IAB gestattet

### **Bezugsmöglichkeit**

Volltext-Download dieses Forschungsberichtes  
unter:

[http://doku.iab.de/regional/N/2007/regional\\_n\\_0107.pdf](http://doku.iab.de/regional/N/2007/regional_n_0107.pdf)

### **IAB im Internet**

<http://www.iab.de>

### **Rückfragen zum Inhalt an**

Frau Ann-Christine Schulz, Tel. (0441) 798-4729,  
oder e-Mail: [ann-c.schulz@uni-oldenburg.de](mailto:ann-c.schulz@uni-oldenburg.de)

**ISSN** 1861-051X