



## Flächennutzungsmonitoring II Konzepte – Indikatoren – Statistik

IÖR Schriften Band 52 · 2010

ISBN: 978-3-941216-47-1

## Kartogramme – Wege zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge

*Markus Burgdorf*

Burgdorf, M. (2010): Kartogramme – Wege zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring II. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 52, S. 55-63.

# Kartogramme – Wege zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge

Markus Burgdorf

## Zusammenfassung

Thematische Karten mit regionalstatistischen Inhalten bedienen sich meist einer Kartengrundlage mit flächentreuer Projektion. Bei der häufig verwendeten flächenhaften Wertstufendarstellung (Choroplethenkarte) tritt so die Größe der Bezugseinheiten und nicht die Verteilung der thematischen Daten selbst in den Vordergrund. Im Endeffekt bedeutet dies eine graphische Verzerrung der Daten. Als eine interessante, aber noch weitgehend ungenutzte Möglichkeit zur Lösung dieses themakartographischen Grundproblems, bietet sich die wertproportionale Darstellung im Kartogramm an, bei der die Bezugsflächen proportional zu einer thematischen Variable skaliert werden. Der Beitrag stellt diese ungewohnte und zunächst gewöhnungsbedürftige Form der thematischen Karte im Überblick vor und setzt sich anhand mehrerer Beispiele aus der Raumbearbeitung des BBSR kritisch mit den Einsatzmöglichkeiten in der Praxis auseinander.

## 1 Statistik in der Karte

Die Darstellung regionalstatistischer Daten in der Karte stellt besondere Anforderungen an eine gewissenhafte Informationskodierung durch den Kartographen. In der Regel werden hier Daten dargestellt, die für meist administrative Bezugsflächen durch Zählung erfasst und z. T. mit statistischen Verfahren weiterverarbeitet sind. Aufgrund des Raumbezugs der Darstellungs- und Berechnungseinheiten bietet sich die kartographische Darstellung an. Allerdings ist dabei zu beachten, dass es sich hier stets um Aggregate handelt. Diese Aggregate sind durch die räumlichen Grenzen der Bezugsflächen definiert, es werden aber keineswegs Phänomene abgebildet, die im gesamten Gebiet der Bezugsfläche vorkommen oder gar gleichmäßig über deren Fläche verteilt sind. Die Größe dieser Aggregate variiert häufig extrem und entspricht in den seltensten Fällen der Bezugsflächengröße. Aufgrund der Bevölkerungsverteilung sind in den Städten meist hohe Fallzahlen auf relativ kleinen Flächen und auf dem Land niedrige Fallzahlen auf größeren Flächen vorzufinden. Hieraus ergibt sich ein Grundproblem in der kartographischen Darstellung statistischer Werte bei Bevölkerungs- bzw. Siedlungskennzahlen: die größeren Flächen erhalten ein stärkeres Gewicht, unabhängig davon wie groß die eigentliche Bezugsgröße der dargestellten Werte ist. Dieser Umstand hat auf die Wirkung der Karte und auf den Leser einen erheblichen Einfluss.

Flächenwertstufenkarten (Choroplethenkarte) bedienen sich in der Regel einer flächentreuen Kartengrundlage. Sie vermitteln uns beispielsweise ein Bild der von Bevölke-

rungsrückgang, hohen Mietpreisen oder Arbeitslosigkeit betroffenen Flächen. Tatsächlich beziehen sich solche Inhalte in der Regel jedoch nicht auf die Fläche, sondern auf die dort lebende Bevölkerung oder Teilmengen davon. Das benötigte Wissen über die Einwohnerzahl der einzelnen Gebiete wird stillschweigend vorausgesetzt. Man verlangt damit vom Kartenleser eine nicht unerhebliche geistige Transferleistung. Da die visuelle Botschaft gleichzeitig aber flächenbezogene Signale übermitteln, werden selbst geübte Leser anfällig für Fehlinterpretationen. Die Problematik findet sich auch bei der Darstellung von Indikatoren im Handlungsfeld Ökologie, z. B. Flächenverbrauch je Einwohner, installierte Leistung aus regenerativen Energiequellen je Einwohner usw. Als eine interessante Alternative bietet sich daher die Darstellung in einem *Kartogramm* an.

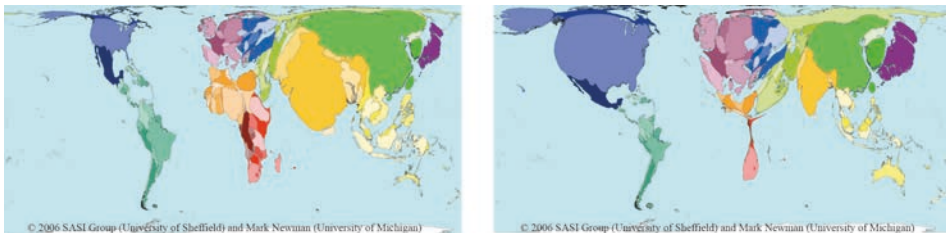


Abb. 1: Kartogramme aus Worldmapper: Staaten der Erde proportional zur Bevölkerung (links) und zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß (rechts) (Quelle: [www.worldmapper.org](http://www.worldmapper.org))

## 2 Kartogramme – mehr als verzerrte Karten

### 2.1 Was sind Kartogramme?

Als *Kartogramme* werden im Folgenden absichtlich verzerrte Karten bezeichnet, deren räumliche Eigenschaften nicht direkt mit der Lage auf der Erdoberfläche, sondern mit dem Wert einer thematischen Variablen zusammenhängen (Rase 2001). Das bedeutet, dass die einzelnen Bezugsflächen proportional zum Variablenwert skaliert werden. Dies mutet zunächst wie ein Bruch kartographischer Gesetzmäßigkeiten an, da topographische Grenzen auf der Erdoberfläche eindeutig vermessen sind. Tatsächlich ist es aber möglich, auch die 2 Dimensionen der Ebene als graphische Variablen zu nutzen, welche nach Bertin (1974) dieselben bedeutungstragenden Eigenschaften wie die Variable Größe aufweisen. Es ist demnach möglich, proportionale Mengen nicht nur durch unterschiedliche Größen von Symbolen, sondern auch durch die Variation der Größe ihrer Bezugsflächen in der Karte darzustellen. Auf diese Weise lassen sich absolute Werte ohne Zuhilfenahme von weiteren Symbolen in der Karte abbilden (Abb. 1). Gleichzeitig kann die so veränderte Karte wieder als Grundlage für eine Choroplethendarstellung dienen.

Der Begriff *Kartogramm* lehnt sich an das im Englischen gebräuchliche *cartogram* an. In der deutschsprachigen Literatur ist häufig noch der Begriff *kartographische Anamorphose* anzutreffen. Die direkte Übersetzung aus dem Englischen wurde lange vermieden, da der Begriff in der Kartographie traditionell eine andere bzw. umfassendere Bedeutung hatte. Man fasste dort häufig alle Formen der Bezugsflächenkarte unter dem Begriff *Kartogramm* zusammen (Arnberger 1997). Diese statistischen Karten sind mittlerweile aber solch eine Selbstverständlichkeit, dass in der Praxis dafür keine gesonderte Bezeichnung mehr verwendet wird.

Die Verwendung von Kartogrammen ist bis in die Mitte des 19. Jh. zurück dokumentiert. Recht populär sind sie insbesondere in den USA für die Darstellung von Wahlergebnissen. Mehrere moderne Atlaswerke (z. B. Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz, People and Places – UK Census Atlas, Atlas of the Island of Ireland) verwenden serienmäßig Kartogramme als Grundlage für die themakartographische Darstellung.

Der gedankliche Weg zum Kartogramm ist am leichtesten nachzuvollziehen, wenn man versucht, sich zunächst einmal vorzustellen, wie man einen Sachverhalt im Diagramm anstatt in der Karte veranschaulichen würde: Im Beispiel in Abbildung 2 würde man vielleicht ein Diagramm wählen, in dem die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung in Beziehung zur Bevölkerungszahl im Ausgangsjahr dargestellt ist, also z. B. durch farbliche Klassifizierung von Kreisen je nach Art und Stärke der Entwicklung. Die Größe der Kreise entspricht dann der Bevölkerungszahl in den einzelnen Raumordnungsregionen, die Summe der Kreisgrößen entspricht der Gesamtbevölkerung im Untersuchungsgebiet. Man käme wohl kaum auf die Idee, die Kreisgrößen entsprechend der Katasterfläche zu zeichnen, denn die Fläche hat mit der Bevölkerungsentwicklung inhaltlich nichts zu tun. Reichert man das Diagramm um die Lagebeziehungen der Raumordnungsregionen an, ergibt sich ein Kartogramm. Das Kartogramm lässt sich also als Sonderfall eines um Nachbarschaftsbeziehungen angereicherten Diagramms verstehen.

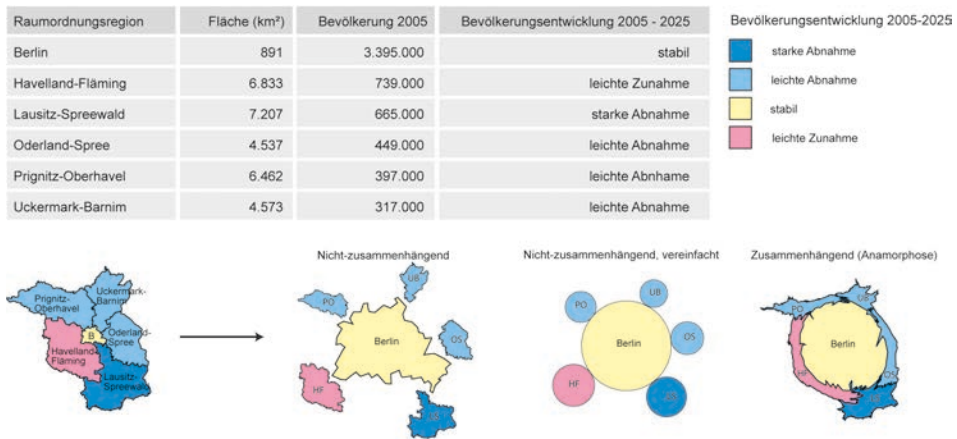


Abb. 2: Von der Tabelle zu verschiedenen Kartogrammtypen (Quelle: Eigene Bearbeitung)

## 2.2 Kartogrammtypen im Überblick

Die manuelle Konstruktion von Kartogrammen ist hochkomplex und sehr zeitaufwändig, daher waren sie bis zum Beginn des Computerzeitalters nur sehr wenig verbreitet. Seit den 1960er Jahren wurden mehrere Computeralgorithmen für die Herstellung von Kartogrammen entwickelt, von denen einige mittlerweile für gängige Geo-Informationssysteme als Werkzeuge zur Verfügung stehen (Tobler 2004). Bei der Herstellung von Kartogrammen sind stets die sich widersprechenden Eigenschaften Mengentreue (Wert-Proportionalität), Formerhaltung – sowohl des Gesamtgebiets als auch der Einzelflächen – und nicht zuletzt ein vertretbarer Herstellungsaufwand gegeneinander abzuwägen. Entsprechend hat sich eine Vielzahl von teils manuellen, teils automatischen Lösungen für die Kartogrammerstellung entwickelt, die sich grob in zwei Gruppen unterteilen lassen (Burgdorf 2008):

- Zusammenhängende Kartogramme:** Die proportionale Skalierung der Bezugsflächen geschieht hier unter Beibehaltung der topologischen Zusammenhänge. Damit einhergehend ergeben sich zwangsläufig Verzerrungen der ursprünglichen Form. Dies sind jene Darstellungen, die zutreffenderweise mit dem Begriff *Anamorphose* (=Gestaltumwandlung) bezeichnet werden. Für diesen Typ wurden seit den 1970er Jahren die meisten Computeralgorithmen entwickelt, u. a. der Algorithmus von Gastner und Newman (2004), mit dem die Kartogramme im Projekt *Worldmapper* und für diesen Beitrag erzeugt werden. Das Verfahren beruht auf der Beschreibung von Diffusionsprozessen aus der Elementarteilchenphysik. Bildlich gesprochen „fließen“ dabei Wertanteile aus Gebieten mit einer überdurchschnittlichen Wertdichte in solche mit einer unterdurchschnittlichen Wertdichte. Sie dehnen dabei die Gren-

zen ihrer Bezugsflächen aus, solange bis eine gleichmäßige Wertdichte über das gesamte Untersuchungsgebiet erreicht ist.

- *Nicht-zusammenhängende Kartogramme*: Die topologischen Zusammenhänge werden bei diesem Typ aufgelöst. Die geographische Form der Flächen kann dabei erhalten bleiben oder auf einfache geometrische Grundformen, wie Kreise oder Rechtecke, vereinfacht werden. Durch das in Kauf genommene Aufbrechen der Nachbarschaftsbeziehungen entstehen Lücken zwischen den einzelnen Einheiten, die ein Wiedererkennen der realen Geometrie erschweren. Andererseits sind solche Kartogramme deutlich leichter manuell zu konstruieren.
- Weiterhin gibt es *Mischformen* aus diesen beiden Typen. Manche manuelle Verfahren der Herstellung gebietlich zusammenhängender Kartogramme bedienen sich hier wieder der Reduzierung auf geometrische Grundformen und verzichten dabei auf durchgängige topologische Konnektivität.

### 3 Warum Kartogramme?

#### 3.1 Wahrnehmungswege verstehen und nutzen

Die größte Wirkung erzielen Kartogramme sicherlich über den Überraschungseffekt. Selbstverständlich gibt es für jeden Sachverhalt immer eine andere, den Sehgewohnheiten eher entsprechende Darstellungsweise. Mit Kartogrammen eröffnet sich aber die Möglichkeit, den Leser emotional stärker anzusprechen.

Unsere visuelle Wahrnehmung funktioniert nach psychophysischen Gesetzmäßigkeiten. Wir sind in der Lage, aus einer Vielzahl von Elementarinformationen innerhalb Sekundenbruchteilen übergeordnete Muster zu erkennen. Große Objekte werden schneller erfasst als kleine und es wird ihnen eine höhere Bedeutung zugewiesen. Dieser Wahrnehmungseigenschaften bedient sich die thematische Kartographie ganz gezielt, um aus Werten für viele Einzelgebiete Verteilungsmuster oder räumliche Konzentrationen erkennbar zu machen. Das Erscheinungsbild dieser Muster ist also nicht nur von den Einzelwerten, sondern ganz erheblich auch von der Größe der Bezugsflächen abhängig.

#### 3.2 Mehr Wesentliches sehen

Die räumlichen Grenzen der Bezugsflächen definieren die Grenzen für die Bildung von regionalstatistischen Aggregaten. Die Größe dieser Aggregate variiert häufig extrem und entspricht in den seltensten Fällen der Bezugsflächengröße. Das Kartogramm verdeutlicht auf einen Blick die tatsächlichen Relationen. Am Beispiel der Bevölkerung finden sich in den Städten die höchsten Einwohnerzahlen auf meist vergleichsweise kleiner Fläche. Tatsächlich sind diese Aggregate so groß und von so hoher Bedeutung für den

Gesamtraum, dass auch aus der Gesamtsicht eine nähere Betrachtung sinnvoll ist. Dies ist die Motivation für Initiativen wie das Urban Audit auf europäischer Ebene oder die Innerstädtische Raumbewachung (IRB) des BBSR. In der IRB werden in Kooperation mit 50 deutschen Großstädten kleinräumige Daten auf Stadtteilebene vergleichend analysiert (BBSR 2007). Das Kartenbeispiel verdeutlicht, wie solche Informationen in eine bundesweite kartographische Darstellung eingebunden werden können.

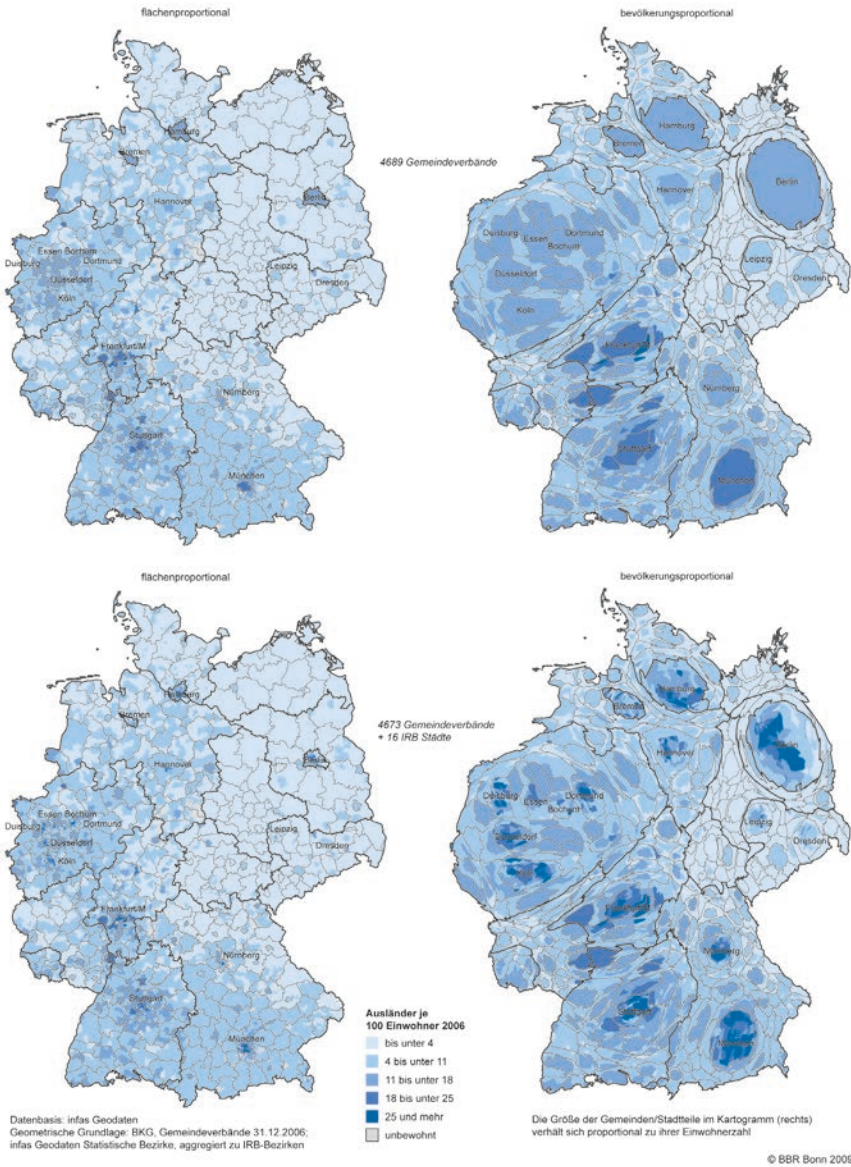


Abb. 3: Aufbrechen von Aggregaten mit Kartogrammen (Quelle: Eigene Bearbeitung)

### 3.3 Der praktische Aspekt

Neben den besonderen Wahrnehmungseigenschaften bieten Kartogramme heute aber auch ganz praktische Vorteile: Der Herstellungsaufwand ist mit den verfügbaren GIS-Werkzeugen mitunter deutlich geringer als für die Alternative einer Karte mit Proportionsymbolen. Dies zeigt sich vor allem bei Darstellungen mit einer hohen räumlichen Auflösung. Proportionsymbolkarten sind bei einer hohen Zahl von Bezugsflächen und einer häufig damit verbundenen breiten Wertestreuung nur noch schwer lesbar und verlangen ein hohes Maß an Nacharbeit.

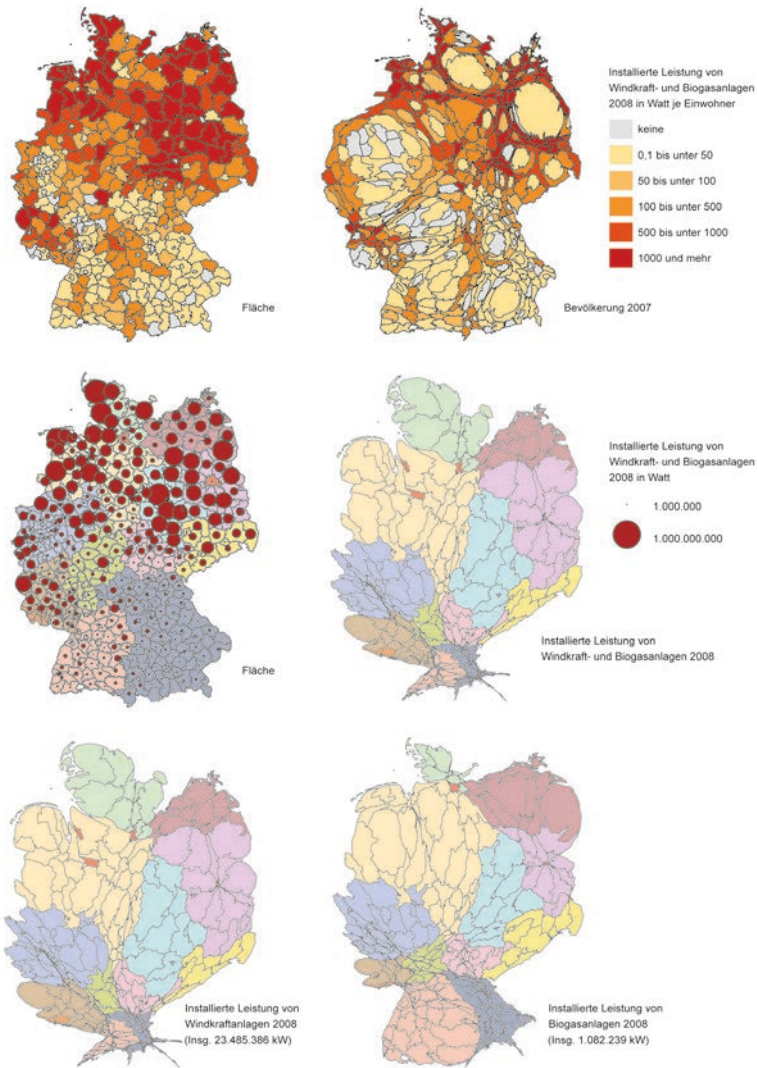


Abb. 4: Alternative Darstellungsweisen am Beispiel Erneuerbare Energien (Quelle: Eigene Bearbeitung)



## 4 Perspektiven einer praxisgerechten Anwendung

Die in diesem Beitrag aufgeführten Beispiele belegen, dass Kartogramme die objektiven Kriterien für eine wertproportionale Darstellung von statistischen Daten mit Raumbezug erfüllen. Aber können solche Darstellungen dem Leser zugemutet werden? Sind auch ungeübte Kartennutzer in der Lage, einen Erkenntnisgewinn daraus zu ziehen?

Bei vielen Lesern rufen Kartogramme zunächst spontan ablehnende Reaktionen hervor. Das Abweichen vom gewohnten Kartenbild wird häufig als unästhetisch, vor allem aber auch als unrealistisch und „falsch“ empfunden. Hinzu kommt, dass aus gleichen Daten über die verschiedenen Algorithmen jeweils sehr unterschiedlich aussehende Kartogramme erzeugt werden können. Durch Fehleranalysen lässt sich jedoch belegen, dass die Restfehler bei der Transformation in Kartogramme vernachlässigbar sind (z. B. Burgdorf, Huter 2009). Die Algorithmen arbeiten also fehlerfrei.

Deutlich schwieriger zu begegnen sind Vorbehalte mit Blick auf die Verständlichkeit. Tatsächlich bedarf es zunächst eines erweiterten Raumverständnisses, um Kartogramme sinnvoll nutzen zu können. Solange der Leser die Darstellung nur im Absolutraum der Erdoberfläche festmacht, wird er nur verzerrte und falsch begrenzte Flächen erkennen. Kartogramme stellen aber immer relative Räume dar. Relativraumkonzepte sind weder in der Wissenschaft noch im alltäglichen Gebrauch etwas Neues. Unbewusst nutzen wir sie jeden Tag, sobald wir räumliche Metaphern benutzen, wie z. B. „ein Gedanke ist weit hergeholt“ oder „das Finale rückt näher“. Analysen von Sozialräumen, Zeit-Räumen oder politischen Räumen bedienen sich in ihren Darstellungen deshalb kartographischer Mittel (z. B. Hermann 2009). Man kann also davon ausgehen, dass das Potenzial für ein Verständnis von Kartogrammen durchaus bei den meisten Menschen vorhanden ist. Kartogramme können aber nur funktionieren, wenn der Leser die Relativraumdarstellung in den gewohnten Absolutraum gedanklich zurück transformieren kann. Dieser Prozess wird unterstützt, indem immer die flächentreue Karte neben dem Kartogramm abgebildet ist. Zusätzlich sollten in beiden Darstellungen viele topographische Anhaltspunkte, wie z. B. Grenzverläufe und Städte, enthalten sein. Sinnvoll kann auch ein Größenmaßstab für die transformierten Gebiete in der Legende sein. In jedem Fall sollte die Darstellungsform kurz erläutert werden.

Schließlich bleibt festzustellen, dass es keinesfalls darum geht, die traditionelle Form der Karte abzuschaffen oder Darstellungsformen gegeneinander auszuspielen. Vielmehr geht es darum, alle Wege zu nutzen, die zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge führen können.

## 5 Literatur

Arnberger, E. (1997): Thematische Kartographie. Das Geographische Seminar.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2007): Sturm, G.: Innerstädtische Raumbewachung – Methoden und Analysen. Berichte Band 25.

Bertin, J. (1974): Graphische Semiologie – Diagramme, Netze, Karten.

Burgdorf, M.; Huter, J. (2009): Eine alternative Methode zur Darstellung regionaler Strukturen am Beispiel der Arbeitslosigkeit. Statistische Monatshefte Niedersachsen, 12/2009, S. 610-618.

Burgdorf, M. (2008): Verzerrungen von Raum und Wirklichkeit in der Bevölkerungskartographie. Kartographische Nachrichten 58(5), S. 234-242.

Gastner, M. T.; Newman, M. E. J. (2004): Diffusion-based method for producing density equalizing maps. Proceedings of the NAS 101 (20), S. 7499-7504.

Hermann, M. (2009): Kartographie sozialräumlicher Zusammenhänge. Informationen zur Raumentwicklung (10/11.2009), S. 701-709.

Rase, W.-D. (2001): Kartographische Anamorphosen und andere nicht-lineare Darstellungen. Kartographische Bausteine 19, S. 31-38.

Tobler, W. (2004): Thirty-Five Years of Computer Cartograms. Annals of the Association of American Geographers 94 (1), S. 58-73.