
Universität Rostock, Professur für Geodäsie und Geoinformatik

GESTALTUNGSSPIELRAUM BEI DER AUTOMATISCHEN GENERIERUNG VON PUNKTKARTEN

Annette Hey

Zusammenfassung: Die Punktmethode ist eine kartographische Darstellungsmethode, die zur Visualisierung diskreter quantitativer Daten und deren räumlicher Verteilung genutzt wird. Dafür werden in Größe und repräsentiertem Wert identische Punkte (Streuungspunkte) in Form von Punktwolken angeordnet. Die Summe der Punkte ergibt den darzustellenden Wert. Der Artikel beschreibt ein Verfahren zur automatisierten Konstruktion einer Punktstreuungsdarstellung. Die verschiedenen Gestaltungsparameter werden hinsichtlich ihrer Effekte auf das Kartenbild untersucht und die Ergebnisse vorgestellt. Daraus werden Empfehlungen für kartographisch ansprechende Punktstreuungsdarstellungen abgeleitet.

Schlüsselworte: Punktmethode, Automatisierung, Visualisierung, Kartographie

SCOPE IN AUTOMATIC DESIGN OF DOT MAPS

Abstract: Dot mapping is a cartographic representation method to visualise discrete quantitative data and its spatial distribution. Therefore dots, identical in size and represented value, are placed in dot clusters. The sum of dots equals the data value to be represented. The paper describes a method to automatically produce dot maps. The effects of the visual parameters (e. g. dot size) on the map are tested and results are presented. They are used to derive recommendations for good dot maps.

Keywords: Dot mapping, automation, visualization, cartography

Autorin

Dr.-Ing. Annette Hey

Universität Rostock

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Professur für Geodäsie und Geoinformatik

Justus-von-Liebig-Weg 6

D-18059 Rostock

E: annette.hey@uni-rostock.de

1 EINLEITUNG

„Das Konstruieren korrekter Punktstreuungen verursacht viel Mühe und Arbeit“ (Imhof 1972, S. 161). Wie Imhof feststellt, ist die Konstruktion einer kartographisch ansprechenden Punktstreuungsdarstellung zeitaufwändig und erfordert viel Erfahrung. Da die Punktmethod eine der wenigen kartographischen Darstellungsmethoden ist, die bisher nur unzureichend automatisiert wurden, stand die Methode lange Zeit nur erfahrenen Kartenbearbeitern zur Verfügung und wurde entsprechend selten genutzt. Das vorgestellte Verfahren ermöglicht die automatisierte Konstruktion einer Punktstreuungsdarstellung. Dies eröffnet auch kartographischen Laien den Zugang zur Punktmethod, und es erleichtert den erfahrenen Kartographen die Entwurfsarbeit, da verschiedene Parameterkombinationen schnell getestet werden können.

Die Punktmethod wird genutzt, um diskrete quantitative Daten darzustellen. Dafür werden in Größe und repräsentiertem Wert identische Punkte eingesetzt. Diese Streuungspunkte bilden Punktwolken und ergeben in der Summe den darzustellenden Datenwert (als Vielfaches des Punktwerts). Neben der Wiedergabe der Mengen bietet die Punktmethod auch eine Darstellung der räumlichen Verteilung der Werte. Eine kartographisch ansprechende Punktstreuungsdarstellung sollte dabei folgende Bedingungen erfüllen:

- ▶ kein Durchmischen benachbarter Punktwolken,
- ▶ keine Überlagerung der Streuungspunkte untereinander,
- ▶ reproduzierbare Darstellung,
- ▶ möglichst geringer Darstellungsfehler durch möglichst kleinen Punktwert (hohe Genauigkeit in der Wiedergabe der Daten),
- ▶ Informationen zum unvermeidlichen Rundungsfehler,
- ▶ Markierung problematischer Punktwolken zur manuellen Nachbearbeitung.

Für die Punktmethod stellen die Parameter Punktgröße, Punktwert, Maßstab und Punktanordnung die Eckpunkte des Kartenentwurfs dar. Sie gilt es, in Einklang zu bringen.

Das vorgestellte Verfahren dient zur Erzeugung eines Verteilungsbilds aus statistischen Daten, die in numerischer Form vorliegen. Die Verortung der Datenwerte erfolgt zunächst grob anhand der zugehörigen

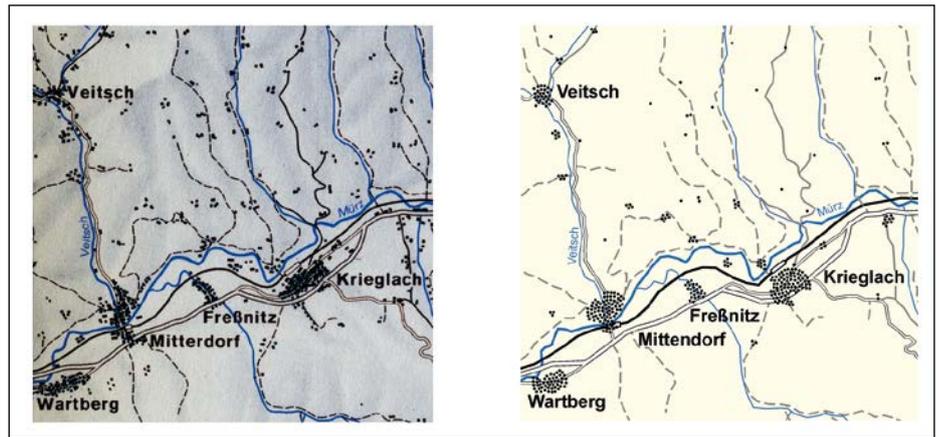


Abbildung 1: Manuell hergestellte Karte (links, Kelnhofer 1971) und automatisch erzeugte Punktstreuungsdarstellung (rechts, Hey 2012)

Erhebungseinheiten. Die daraus erzeugte Punktverteilung stützt sich daher nicht auf bereits vorliegende Verteilungsmuster, wie z. B. andere Punktkarten. Betrachtungen zur Ableitung von Punktverteilungen aus vorhandenen Punktkarten stellen z. B. de Berg et al. (2004) an. Generalisierungsschritte während der Datenerhebung, wie z. B. Aggregation und Typifizierung, werden ebenfalls nicht betrachtet.

2 AUTOMATIONSVERFAHREN

Das entwickelte Verfahren nutzt die eingegebenen Bezugspunkte mit den zugehörigen darzustellenden Werten und, falls vorhanden, Informationen über Ausschluss- und Verbreitungsgebiete, um daraus automatisch eine Punktstreuungsdarstellung zu generieren. Die Eingabe dieser Daten erfolgt in Form von Textdateien (Bezugspunkte) und Shapefiles (Gebiete). Während Verbreitungsgebiete die Bereiche in der Karte kennzeichnen, wo Streuungspunkte gesetzt werden dürfen, stehen Ausschlussflächen für Bereiche, in denen keine Punkte gesetzt werden. Diese können u. a. dazu genutzt werden, Kartenbereiche für Beschriftungen freizuhalten. Das Verfahren gliedert sich nach dem Einlesen der Daten in folgende Abschnitte:

- ▶ Bestimmen der Platzierungsfläche,
- ▶ Berechnung der möglichen Punktpositionen,
- ▶ Berechnung des Punktwerts,
- ▶ Fehlerbetrachtung,
- ▶ Ausgabe der tatsächlich in der Karte genutzten Punktpositionen.

Die Grundlage dieses Verfahrens bildet die Arbeit von Hey (2012). Darin wird die automatische Generierung einer Punktstreu-

ungsdarstellung entwickelt und auch an verschiedenen Datensätzen zur Bevölkerungsverteilung getestet (siehe Abbildung 1).

Die einzelnen Arbeitsschritte des Verfahrens sollen im Folgenden betrachtet werden.

2.1 BESTIMMEN DER PLATZIERUNGSFLÄCHE

Die Platzierungsfläche bezeichnet das Gebiet in der Karte, wo Punkte der Punktstreuungsdarstellung gesetzt werden. Da die Punkte sich um den Bezugspunkt der Daten gruppieren sollen, wird als Grundform der Platzierungsfläche der Kreis gewählt. Die Methode zur Bestimmung des jeweiligen Kreisradius hängt davon ab, welche Eingangsdaten bezüglich Verbreitungsflächen vorliegen. Wenn keine Verbreitungsflächen bekannt sind (Szenario 1), so konzentriert sich die Bestimmung der Platzierungsfläche darauf, dass sich benachbarte Punktwolken nicht überlappen. Das Gleiche gilt für den

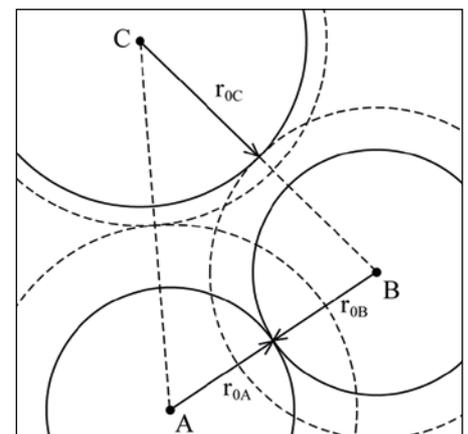


Abbildung 2: Bestimmung der Platzierungsflächen für die Szenarien 1 und 3 (Hey 2012, S. 128)

Fall, wenn eine eindeutige Zuordnung von Bezugspunkten und Verbreitungsgebieten nicht möglich ist (Szenario 3), weil z. B. manche Bezugspunkte außerhalb dieser Flächen liegen oder mehrere Bezugspunkte in ein und demselben Verbreitungsgebiet liegen. Solche Fälle können z. B. durch ungünstige Flächenformen entstehen (Schwerpunktberechnung).

Für die Szenarien 1 und 3 werden die Bezugspunkte trianguliert, um benachbarte Punkte zu finden. Als benachbart gelten jene Punkte, die nach einer Dreiecksvermischung (vgl. Bill 2010, S. 468 ff.) durch eine Dreiecksseite verbunden sind. Als Kreisradius wird nun die Hälfte der Strecke zwischen benachbarten Punkten genutzt. Es wird für jeden Bezugspunkt und damit für jede Platzierungsfläche nur der jeweils kleinste Radius genutzt, um Überlappungen benachbarter Punktwolken zu vermeiden (siehe Abbildung 2).

Ist für die Ausgangsdaten eine eindeutige Zuordnung der Datenpunkte zu den Verbreitungsgebieten gegeben (Szenario 2), so erfolgt die Bestimmung der Platzierungsflächenradien über die minimal einschließenden Rechtecke (MER) der Verbreitungsgebiete. Die Entfernung des Datenpunkts zu allen vier Eckpunkten des MERs wird bestimmt und die größte davon als Radius der Platzierungsfläche ausgewählt. Dadurch wird gewährleistet, dass das Verbreitungsgebiet vollständig für die Punktplatzierung genutzt werden kann (siehe Abbildung 3).

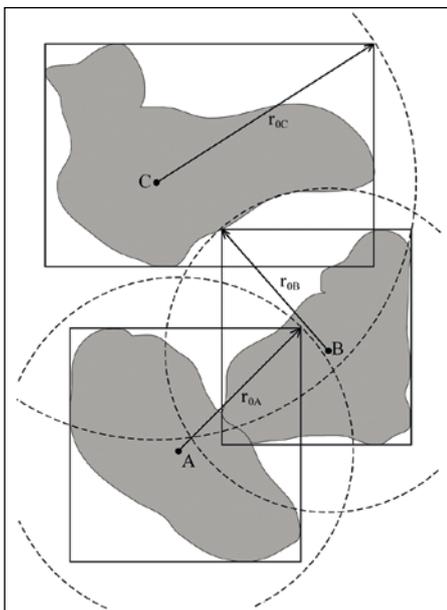


Abbildung 3: Bestimmung der Platzierungsflächen für Szenario 2 (Hey 2012, S. 129)

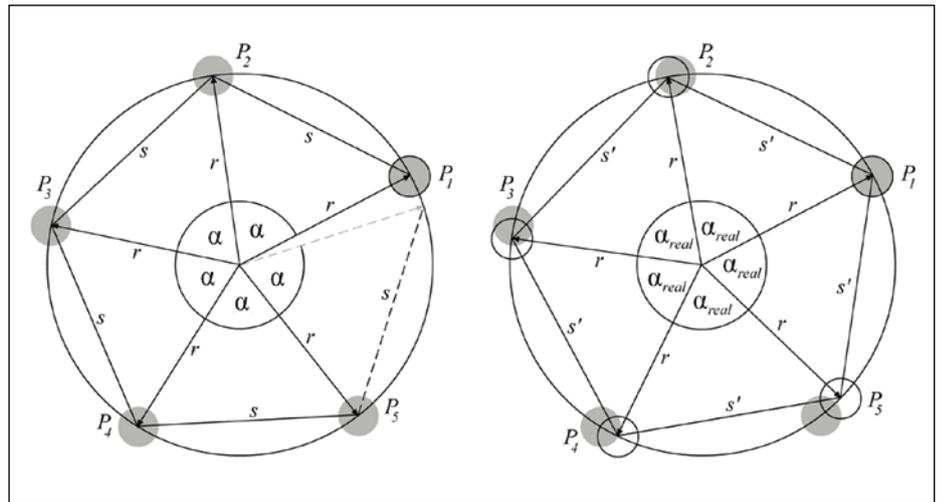


Abbildung 4: Punktpositionen auf konzentrischem Kreis mit dynamischen Abständen (Hey 2012, S. 161 f.)

Innerhalb der so bestimmten Platzierungsflächen werden im nächsten Schritt alle möglichen Positionen von Streuungspunkten berechnet.

2.2 BERECHNUNG DER MÖGLICHEN PUNKTPositionEN

Für die Anordnung der Punkte existieren verschiedene Verfahren. Die Methoden reichen von streng geordnet (z. B. auf einem Raster, siehe Aschenbrenner 1989) bis hin zu absolut zufällig (siehe Kimerling 2009). Das hier vorgestellte Verfahren nutzt eine regelbasierte Anordnung mit pseudozufälliger Punktverschiebung basierend auf der logarithmischen Spirale und konzentrischen Kreisen um den jeweiligen Bezugspunkt. Die Punkte einer Punktwolke befinden sich auf konzentrischen Kreisen, deren Abstand zueinander mit wachsendem Abstand vom Mittelpunkt der Wolke zunehmen kann. Dadurch kann die Punktwolke nach außen hin etwas aufgelockert werden. Alle konzentrischen Kreise werden mit der logarithmischen Spirale, die auf der Eulerschen Zahl e basiert, zum Schnitt gebracht. Der Schnittpunkt markiert den ersten Punkt auf dem jeweiligen konzentrischen Kreis. Nun werden auf jedem Kreis so viele Punkte gleichmäßig verteilt, wie es die definierten Mindestabstände zulassen (siehe Abbildung 4).

Die Mindestabstände können nach außen hin ebenfalls zunehmen, um die Punktwolke zum Rand hin aufzulockern. Dafür wird ein Progressionsfaktor eingeführt, der den Zuwachs der Mindestabstände steuert. Um das regelmäßige Erscheinungsbild der Punktwolke unregelmäßig aussehen zu

lassen, wird eine pseudozufällige Punktverschiebung eingeführt. Dafür werden die Punktpositionen zunächst wie beschrieben für vergrößerte Punkte berechnet. Anschließend wird innerhalb des vergrößerten Punkts der tatsächlich in der Karte erscheinende Punkt pseudozufällig verschoben (siehe Abbildung 5).

Der Verschiebungsbetrag ist dabei der maximal mögliche (Differenz der beiden Punktgrößen), um den Effekt zu erhöhen. Die Richtung wird durch einen Pseudozufallsgenerator bestimmt. Dieser erzeugt bei Eingabe identischer Startwerte immer gleiche Zufallszahlen. Als Startwerte dienen die ursprünglichen Punktpositionen. So entstehen individuelle Verschiebungen für jede Punktwolke, die jedoch bei unveränderten Daten immer dasselbe Erscheinungsbild behalten (siehe Abbildung 6). Die Forderung nach Reproduzierbarkeit ist dadurch erfüllt.

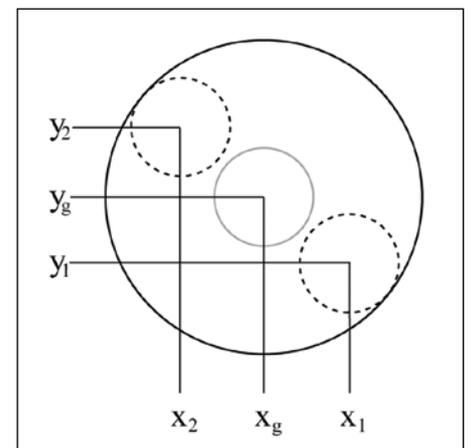


Abbildung 5: Mögliche Positionen des Streuungspunkts innerhalb des 'Pseudopunkts' (Hey 2012, S. 154)

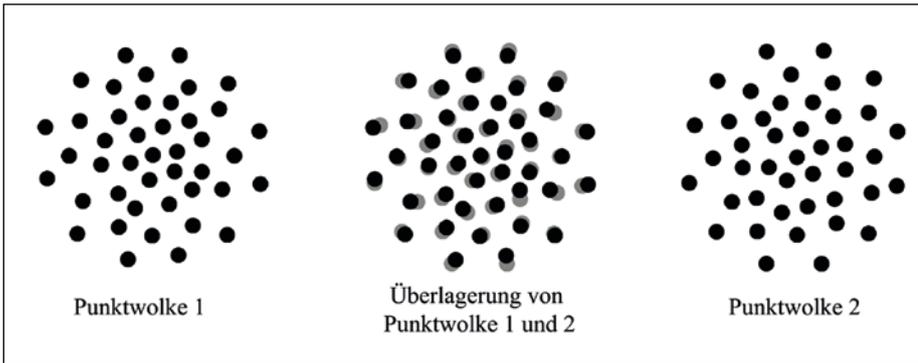


Abbildung 6: Pseudozufällige Punktverschiebung bei Punktwolken gleicher Größe (Hey 2012, S. 155)

Sind auf die beschriebene Weise alle innerhalb der Platzierungsfläche befindlichen konzentrischen Kreise mit Punkten besetzt, wird über einen Punkt-in-Polygon-Test geprüft, welche Punkte sich innerhalb der Verbreitungsgebiete und außerhalb der Ausschlussflächen befinden. Damit steht die maximal mögliche Anzahl von Punkten pro Punktwolke fest und der Punktwert kann bestimmt werden.

2.3 BERECHNUNG DES PUNKTWERTS

Die Berechnung des Punktwerts orientiert sich an jener Punktwolke, welche, im Vergleich zur möglichen Punktzahl, den höchsten Wert darstellen soll. So wird garantiert, dass stets genügend Punkte gesetzt werden können. Der Punktwert wird mittels Datenwert/Punktzahl ermittelt, wobei der so berechnete Wert mit einer zuvor automatisch angelegten Liste sinnvoller Punktwerte verglichen wird. Der nächstgrößere sinnvolle Punktwert wird als Punktwert für die Karte ausgewählt. Die Festlegung sinnvoller Punktwerte erfolgt anhand eines Multiplikatorenschemas (Hey 2012, S. 166) und wird an den darzustellenden Wertebereich angepasst.

2.4 FEHLERBETRACHTUNG

In einer Karte nach der Punktmethode entstehen unweigerlich Fehler in der Darstellung durch das Runden der Datenwerte auf ein Vielfaches des Punktwerts. Dadurch ist jede Punktwolke und auch die Karte insgesamt mit einem Fehler behaftet. Dieser wird bestimmt und mit der Punktstreuungsdarstellung ausgegeben, um eine Beurteilung der Qualität jenseits des visuellen Eindrucks vornehmen zu können. Je nach Erfahrungsgrad kann der Kartenbearbeiter darauf reagieren und Punkte individuell hinzufügen oder entfernen.

Da sich die Festlegung des Punktwerts an besonders großen Punktwolken orientiert, kann es vorkommen, dass kleinere Datenwerte theoretisch gar nicht dargestellt wer-

den können, da der Punktwert zu groß ist. Für diese Fälle wird dennoch ein Punkt gesetzt und die Punktwolke als problematisch markiert. So kann der Kartenbearbeiter im Nachhinein entscheiden, ob der Punkt gesetzt wird, oder ob die problematische Punktwolke eventuell mit einer benachbarten Punktwolke zusammengefasst wird.

2.5 AUSGABE DER TATSÄCHLICH IN DER KARTE GENUTZTEN PUNKTPositionEN

Von den zuvor berechneten Punktpositionen werden nur so viele Punkte in die Karte übernommen, wie mit dem gewählten Punktwert notwendig sind. Die Ausgabe der Daten erfolgt als Shapefile. Es werden dabei neben den Koordinaten auch die

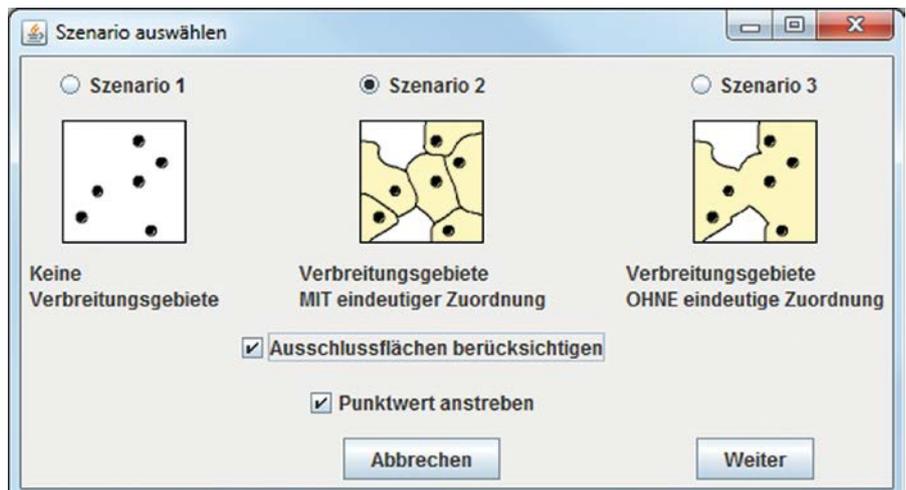


Abbildung 7: Entwurf einer grafischen Oberfläche zur Szenarienauswahl (Implementierung: M. Bothe)

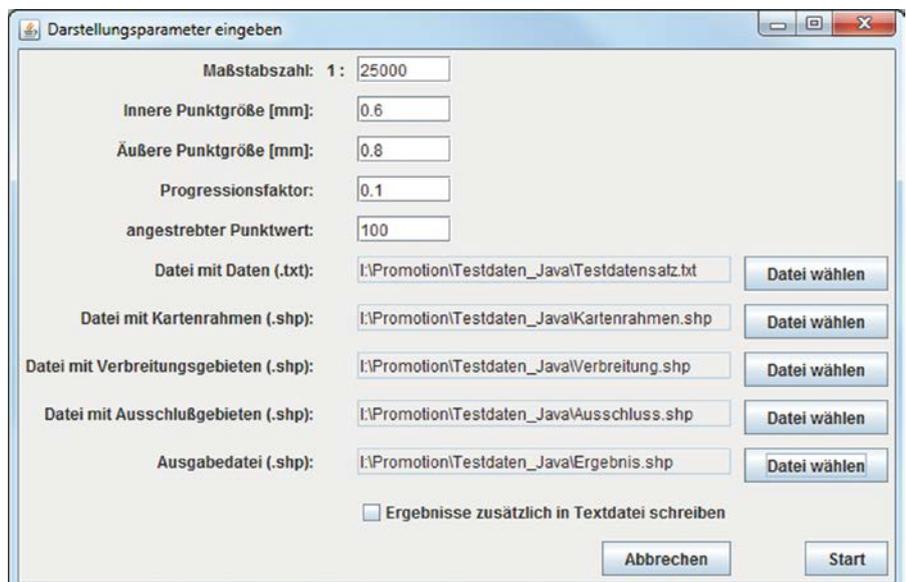


Abbildung 8: Entwurf einer grafischen Oberfläche zur Parameter- und Datenauswahl (Implementierung: M. Bothe)



Abbildung 9: Entwürfe zu Fortschrittsanzeige und Ergebnismeldung (Implementierung: M. Bothe)

verwendeten (Punktgrößen) und berechneten Parameter (Punktwert, Fehler) ausgegeben. Eine Visualisierung der Darstellung kann dann in gängigen Geoinformationssystemen erfolgen. Mithilfe des vorgestellten Verfahrens wird lediglich eine thematische Ebene erzeugt, die Punktstreuungs darstellung, die dann mit topographischen Elementen (Siedlung, Verkehrswege etc.) zu einer vollständigen Karte zusammengefügt werden kann.

2.6 BENUTZERSCHNITTSTELLE

Für die Eingabe der Parameterwerte und die Auswahl der Daten wurde eine grafische Oberfläche entworfen (siehe Abbildung 7 bis Abbildung 9). Sie soll eine

einfache Kommunikation mit dem Nutzer gewährleisten und Informationen über den Fortschritt der Berechnungen liefern.

3 TESTVERFAHREN

Im Rahmen des Testverfahrens sollte ermittelt werden, welche Parameterkonfigurationen zu guten Ergebnissen führen. Dabei wurden verschiedene Tests durchgeführt. In einem ersten Versuch wurden die Punktgrößen für die pseudozufällige Punktverschiebung getestet. Je größer der Unterschied zwischen innerer (tatsächlicher) und äußerer (vergrößerter Pseudopunkt) Punktgröße desto deutlicher sollte die kreisförmige Anordnung der Punkte verwischt werden. Sind beide Punktgrößen identisch, findet

keine Punktverschiebung statt. Die getesteten Punktgrößen bewegen sich über den für Punktkarten empfohlenen Bereich (Punktdurchmesser: 0,3 mm bis 1 mm, vgl. Koch & Stams 2002) hinaus um Grenzen des Verfahrens auszuloten. Für die weiteren Testreihen wurden Standardkonfigurationen, die den empfohlenen Bereich abdecken, genutzt.

Im zweiten Versuch wurde die Auswirkung des Progressionsfaktors untersucht. Er bestimmt die Vergrößerung der Kreis- und Punktabstände zum Rand der Punkt wolke hin in Abhängigkeit von der Punktgröße. In einem dritten Versuch wurde der Effekt des Mindestabstands auf das Kartenbild getestet. Wird der Mindestabstand auf 0 reduziert, wird ein Berühren der Punkte zugelassen. Als Empfehlung für Mindestabstände wird von Koch (2002) ein Wert von 0,15 mm bis 0,25 mm angegeben. Für die zuvor erwähnten Versuchsreihen wird der Mittelwert dieses Bereichs, 0,2 mm, angewendet.

Als Testdatensatz wird ein Bevölkerungsdatensatz verwendet, für den eindeutig zugeordnete Verbreitungsgebiete (Siedlungsflächen) vorliegen. Aus dem kartierten Gebiet werden eine einzelne Punkt wolke und die zugehörige Siedlungsfläche herausgegriffen und mit den verschiedenen

		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		0,3	0,6	1
Punktgrößenverhältnis	1:1	 Punktwert: 10	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50
	ca. 1:2	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100

Tabelle 1: Punktgrößenkombinationen im empfohlenen Größenbereich

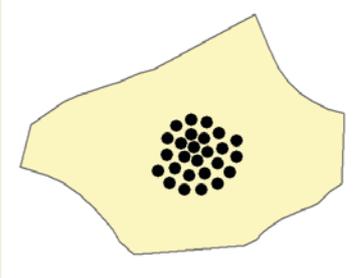
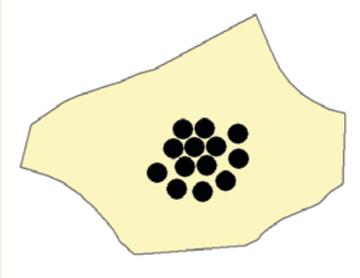
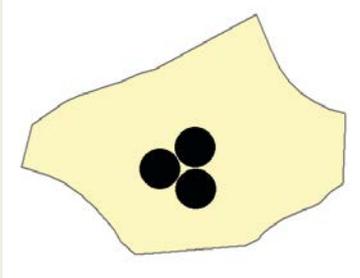
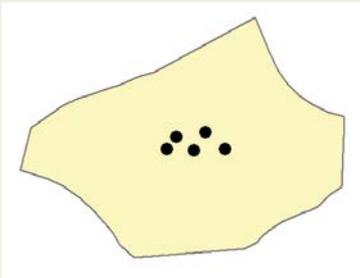
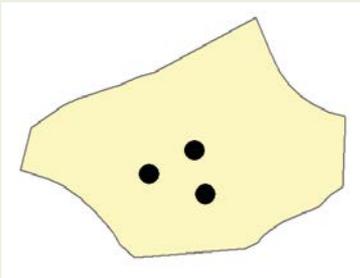
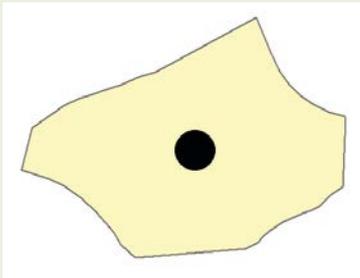
		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		1,5	2,5	5
Punktgrößenverhältnis	1:1	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100	 Punktwert: 500
	ca. 1:2	 Punktwert: 250	 Punktwert: 500	 Punktwert: 1000

Tabelle 2: Punktgrößenkombinationen oberhalb des empfohlenen Größenbereichs

Parameterkonfigurationen getestet. Der dabei erreichte Punktwert wird angegeben, um einen Anhaltspunkt für die quantitative Genauigkeit zu bieten. Da zum Datensatz auch Punktwolken mit ungünstigerem Wert-Fläche-Verhältnis gehören, ist der Zusammenhang zwischen erreichtem Punktwert und gewählten Parametern für die gezeigte Punktwolke verzerrt. Die ausgewählte Punktwolke soll eine Bevölkerungszahl von 1.321 darstellen.

Die wichtigsten Fragen, die durch die Testreihen beantwortet werden sollen, sind:

- ▶ Wann wird die Kreisstruktur soweit aufgelöst, dass die Punktwolke zufällig erscheint?
- ▶ Wann führt der Progressionsfaktor zu einem Auslaufen der Punktwolke zum Rand hin?
- ▶ Wie wirkt sich die Veränderung des Mindestabstands auf den erreichbaren Punktwert und die Lesbarkeit der Darstellung aus?

3.1 VERSUCH 1: PUNKTGRÖSSEN

Die Testreihe bestätigte die Vermutungen. Findet keine Punktverschiebung statt, erhalten die Punktwolken ein streng geordnetes kreisförmiges Erscheinungsbild. Dieses wird erst ab einem Punktgrößenverhältnis (tatsächlicher Punkt: Pseudopunkt) von

etwa 1:2 aufgelockert und schließlich komplett aufgelöst. Auffällig ist, dass die Kreisstruktur der Punktwolke auch stark von der Punktzahl, also vom Punktwert, abhängt. Je weniger Punkte gesetzt werden, was durch den steigenden Punktwert bei wachsender Punktgröße (erhöhter Platzbedarf) unvermeidbar ist, desto weniger tritt die Kreisstruktur in Erscheinung. Tabelle 1 zeigt die Gegenüberstellung von Punktwolken verschiedener Punktgrößen ohne Punktverschiebung und bei einem Punktgrößenverhältnis von etwa 1:2. Da eine Auflistung aller möglichen Punktgrößenkombinationen hier nicht möglich ist, beschränkt sich die Tabelle auf einen Querschnitt aus dem empfohlenen Punktgrößenbereich. Einen Überblick über darüber hinausgehende Punktgrößen liefert Tabelle 2.

Die Ergebnisse aus Testreihe 1 zeigen auch deutlich die Probleme zu großer Streuungspunkte. Nicht nur der notwendigerweise recht hohe Punktwert und die damit einhergehende ungenaue Darstellung sind problematisch. Der Streuungspunkt als solcher tritt zu stark als Einzelobjekt in den Vordergrund. Die ohnehin schon dürftige Darstellung der räumlichen Verteilung (ein wichtiger Aspekt für die Wahl der Punktmethode) tritt dadurch noch stärker zurück.

Als Empfehlung lässt sich ableiten, dass

eine pseudozufällige Punktverschiebung immer genutzt werden sollte und das Punktgrößenverhältnis mindestens 1:2 sein sollte. Die beste Kombination wird sich jedoch nach den gegebenen Daten richten und sollte iterativ ermittelt werden.

3.2 VERSUCH 2: PROGRESSIONSFAKTOR

Der Progressionsfaktor wirkt erst ab einer gewissen Punktwolkengröße. Erst wenn Streuungspunkte von mindestens zwei konzentrischen Kreisen für die Punktwolke genutzt werden, ist der Effekt sichtbar. Durch die zufällige Punktverschiebung wird der Effekt überlagert. Um den Effekt möglichst deutlich herauszuarbeiten, wurde der Test auf Punktwolken mit (siehe Tabelle 4) und ohne (siehe Tabelle 3) pseudozufällige Punktverschiebung angewendet. Es wurde ein Wertebereich von 0 bis 1 getestet. Da auch hier die Punktgröße einen Einfluss auf das Erscheinungsbild hat, wurde der Test für eine Auswahl von Punktgrößen aus dem empfohlenen Größenbereich durchgeführt.

Erwartungsgemäß ist der Effekt der Abstandsvergrößerung mit wachsender Punktgröße deutlicher sichtbar. Dies ist darin begründet, dass der Progressionsfaktor in Kombination mit der Punktgröße die Abstände bestimmt. Besonders groß ist die

Veränderung von 0 (keine dynamischen Abstände) zu 0,1 (Abstände werden um $0,1 \times$ Punktgröße erhöht). Der dabei stark ansteigende Platzbedarf führt zu einem höheren Punktwert und dadurch zu kleineren Punktwolken.

Allgemein lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass eine Punktstreuungsdarstellung ohne Dynamik der Punktabstände deutlich schematischer wirkt. Um eine Dynamik der Abstände im Streuungsbild zu erkennen, reicht bereits ein Progressionsfaktor

von 0,1. Ein Wert von 0,5 führt bereits zu deutlich aufgelockerten Reihen am Rand der Punktwolke. Alles darüber hinaus führt lediglich zu erhöhtem Platzbedarf, ohne das Streuungsbild positiv zu beeinflussen. Die schematische Struktur der Punktwolke wird in Kombination mit der pseudozufälligen Punktverschiebung besonders gut aufgelöst.

3.3 VERSUCH 3: MINDESTABSTAND

Die Verwendung eines Mindestabstands

zwischen den Streuungspunkten wird in der Literatur zwiespältig betrachtet. Während er von einigen als unbedingt notwendig erachtet wird (z. B. Kelnhofer 1971), arbeiten andere sogar mit Punktüberlappungen (z. B. Kimerling 2009). Einige lassen das Berühren der Punkte zu (z. B. Witt 1970). Für die Testreihe wurden Abstände von 0 bis 2 mm betrachtet. Der Test wurde für dieselben Punktgrößenkombinationen wie Versuch 2 durchgeführt. Auch hier ist zu vermuten, dass der Effekt bei Punktwol-

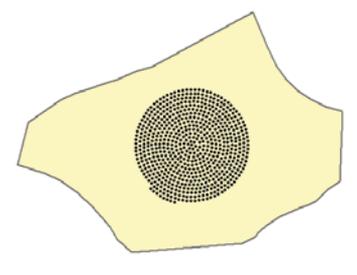
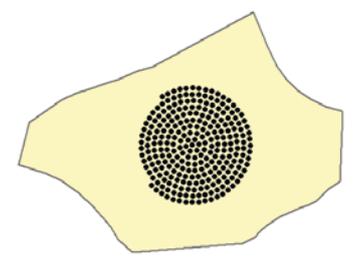
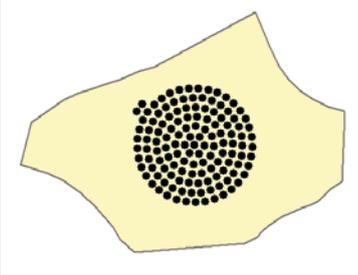
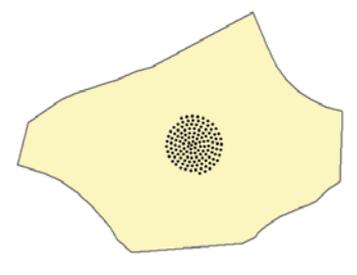
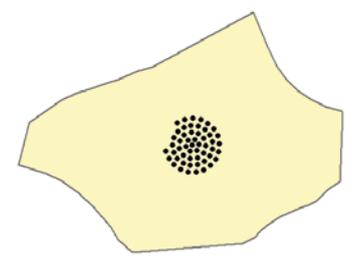
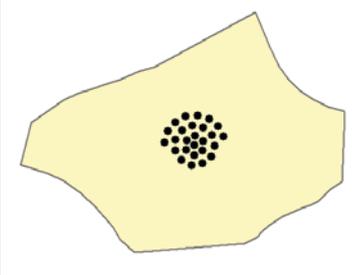
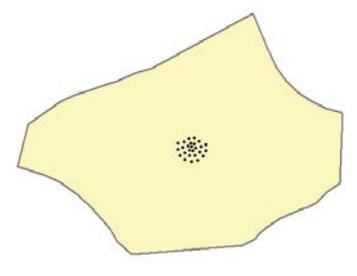
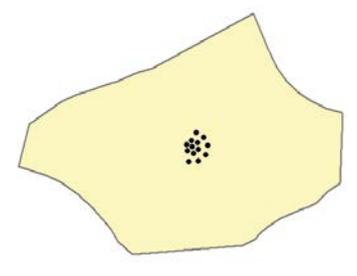
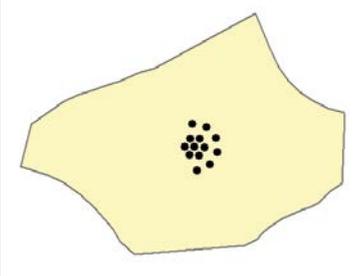
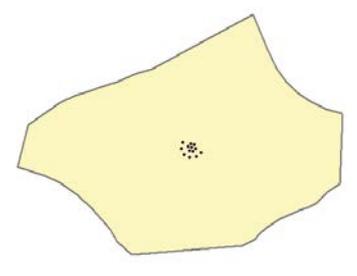
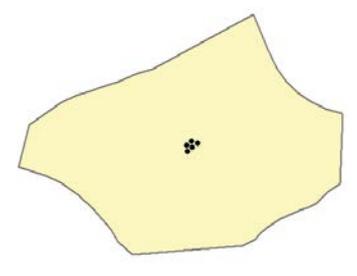
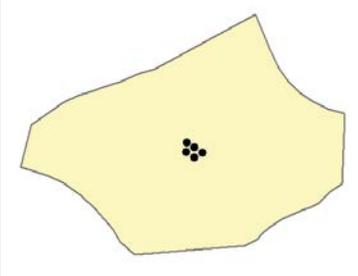
		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		0,3	0,6	1
Progressionsfaktor	0	 Punktwert: 2	 Punktwert: 5	 Punktwert: 10
	0,1	 Punktwert: 10	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50
	0,5	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100	 Punktwert: 100
	1,0	 Punktwert: 100	 Punktwert: 250	 Punktwert: 250

Tabelle 3: Auswirkungen des Progressionsfaktors ohne pseudozufällige Punktverschiebung

ken ohne pseudozufällige Punktverteilung stärker hervortritt. Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen die Ergebnisse für ausgewählte Abstandsgrößen.

Bei den Punktwolken ohne pseudozufällige Punktverschiebung ist die Wirkung des Mindestabstands sehr deutlich sichtbar. Trotz extrem vergrößerter Werte ist allerdings kaum eine Steigerung des Punktwerts zu beobachten. Positiv ist die bessere Erkennbarkeit der einzelnen Streuungspunkte bei vorhandenem Mindestabstand. Bei

den Punktwolken mit Punktverschiebung ergibt sich ein ähnliches Bild, auch wenn hier der Platzbedarf durch die Verschiebung größer ist und damit von vornherein ein größerer Punktwert gewählt werden muss. Dieser kann dann jedoch in einem jeweils recht großen Wertebereich des Mindestabstands beibehalten werden.

Allgemein kann daraus geschlossen werden, dass ein Mindestabstand zwischen den Streuungspunkten deutlich zu einer besseren Lesbarkeit führt, ohne dass

der Platzbedarf signifikant erhöht wird. Daher wird die Festlegung eines Mindestabstands uneingeschränkt empfohlen. Die genaue Größe des Mindestabstands ist dabei nicht entscheidend. Wie in den Beispielen ersichtlich, führt ein Mindestabstand von mehr als 0,5 mm vor allem mit der pseudozufälligen Punktverschiebung zu deutlich aufgelockerten Punktwolken mit erhöhtem Platzbedarf. Als sinnvoll kann daher der Bereich zwischen 0,2 mm und 0,5 mm angesehen werden.

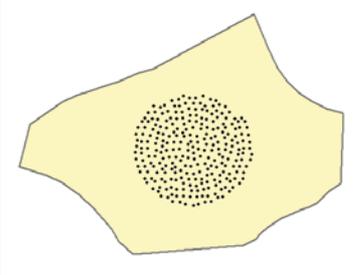
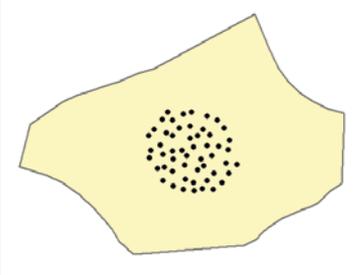
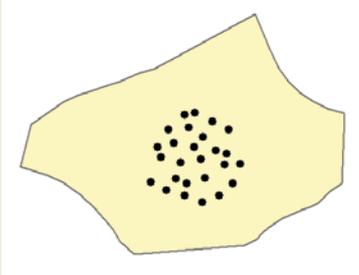
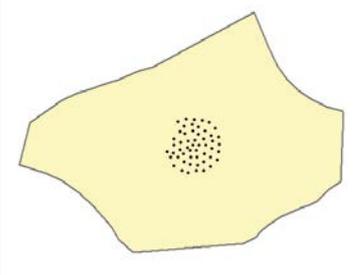
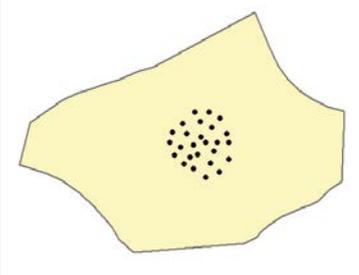
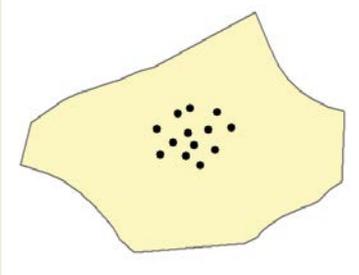
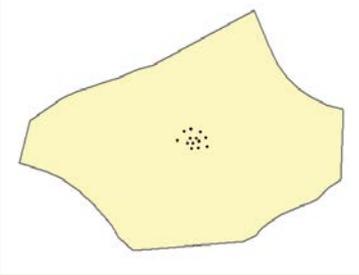
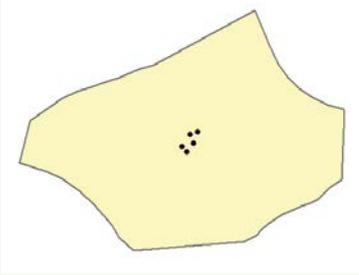
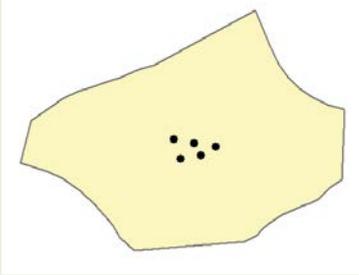
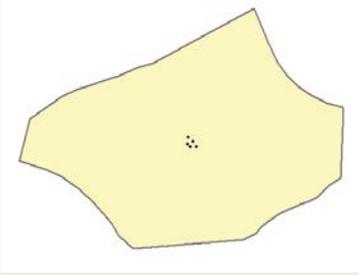
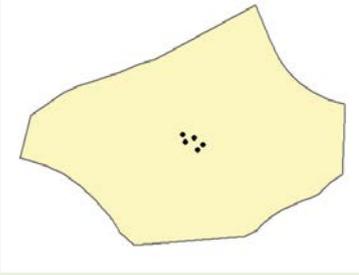
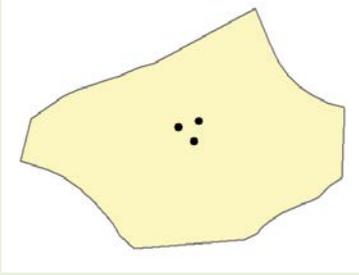
		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		0,3	0,6	1
Progressionsfaktor	0	 Punktwert: 5	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50
	0,1	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100
	0,5	 Punktwert: 100	 Punktwert: 250	 Punktwert: 250
	1,0	 Punktwert: 250	 Punktwert: 250	 Punktwert: 500

Tabelle 4: Auswirkungen des Progressionsfaktors mit pseudozufälliger Punktverschiebung

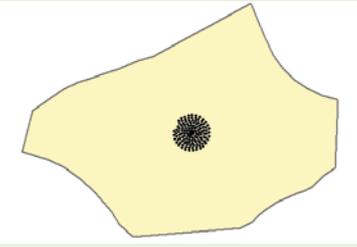
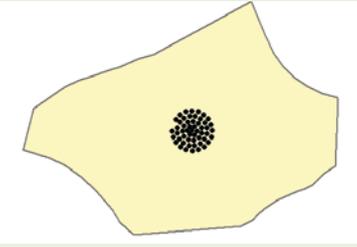
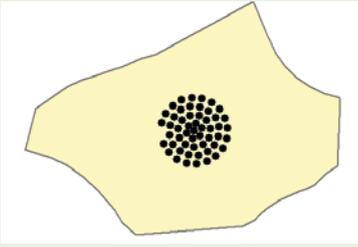
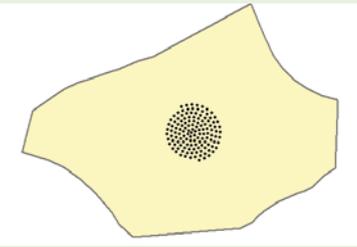
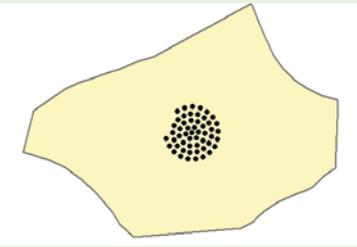
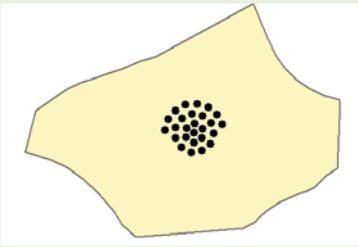
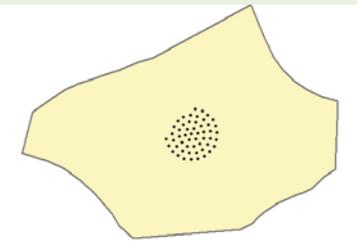
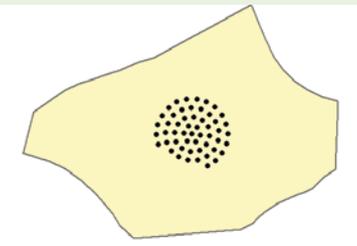
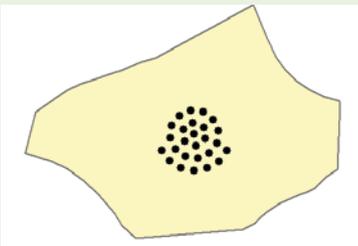
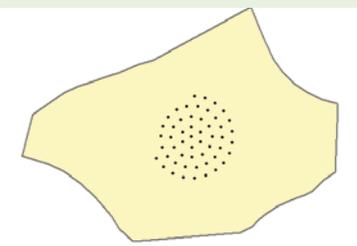
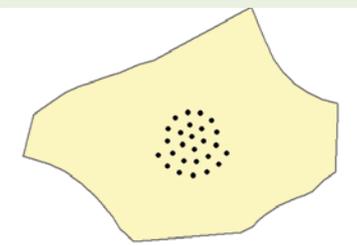
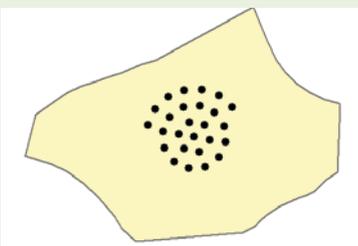
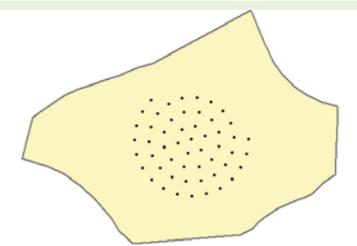
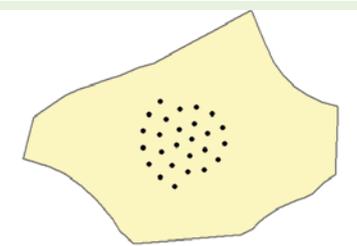
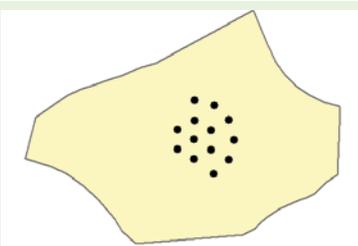
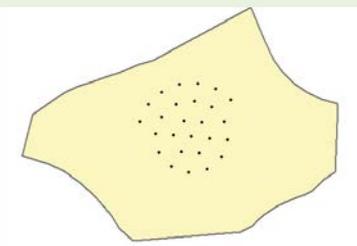
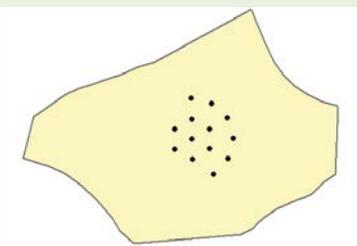
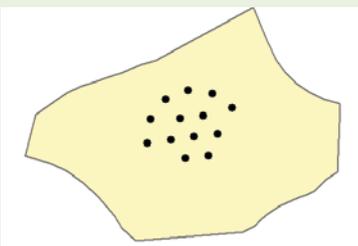
		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		0,3	0,6	1
Mindestabstand (in mm)	0	 Punktwert: 10	 Punktwert: 25	 Punktwert: 25
	0,2	 Punktwert: 10	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50
	0,5	 Punktwert: 25	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50
	1,0	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 50
	1,5	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100
	2	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100	 Punktwert: 100

Tabelle 5: Auswirkungen des Mindestabstands ohne pseudozufällige Punktverschiebung

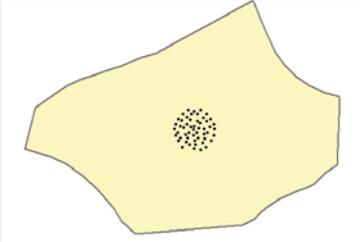
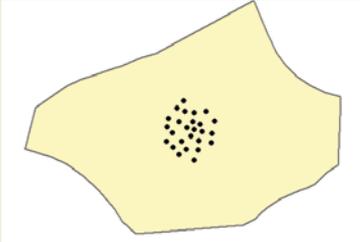
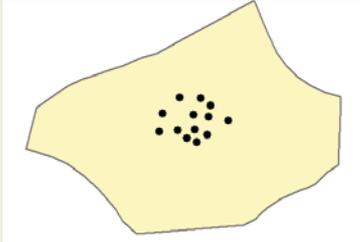
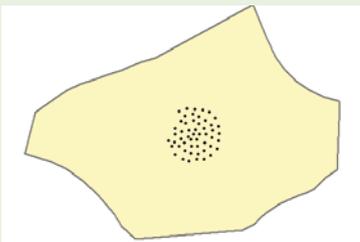
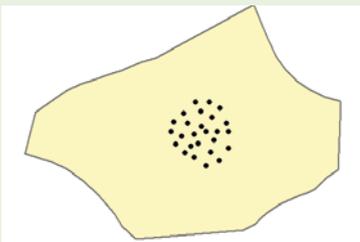
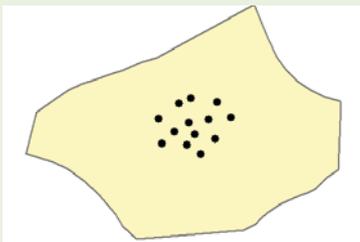
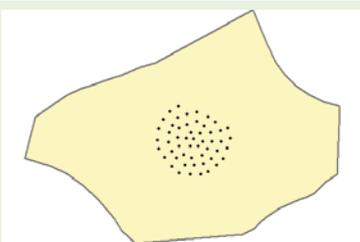
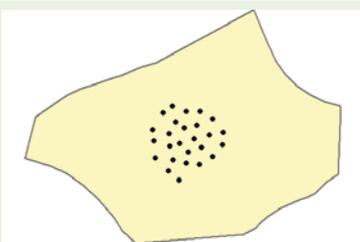
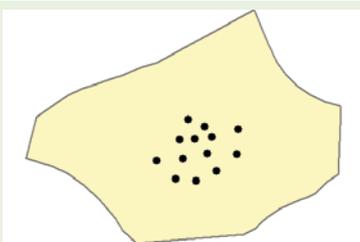
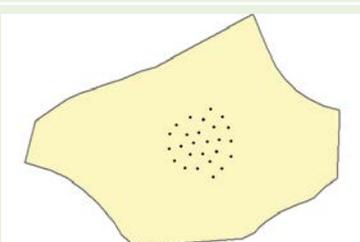
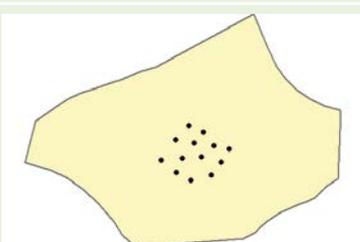
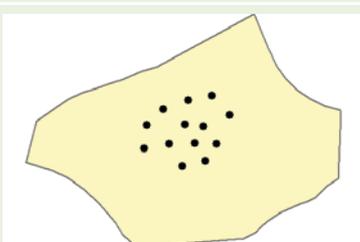
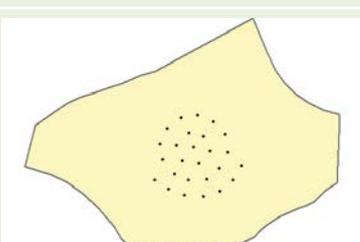
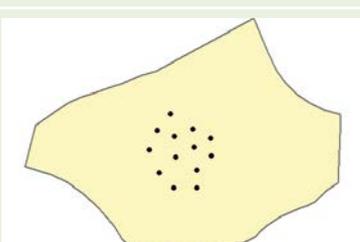
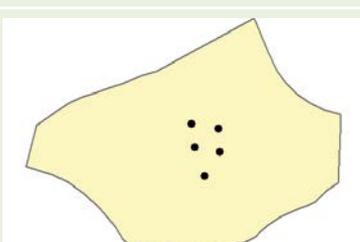
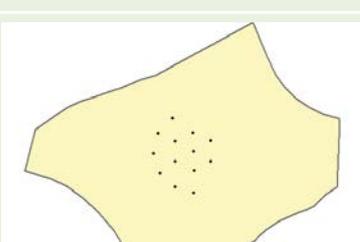
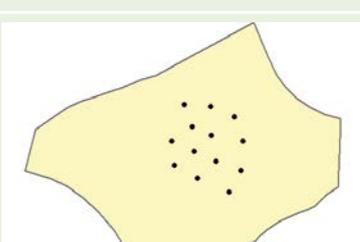
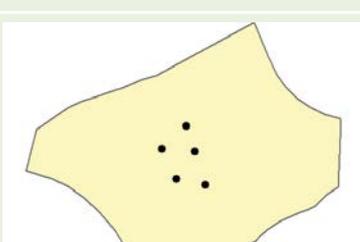
		Tatsächliche Punktgröße (Durchmesser in mm)		
		0,3	0,6	1
Mindestabstand (in mm)	0	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100
	0,2	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100
	0,5	 Punktwert: 25	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100
	1,0	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100	 Punktwert: 100
	1,5	 Punktwert: 50	 Punktwert: 100	 Punktwert: 250
	2	 Punktwert: 100	 Punktwert: 100	 Punktwert: 250

Tabelle 6: Auswirkungen des Mindestabstands mit pseudozufälliger Punktverschiebung

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen der Testreihen wurde das entwickelte Verfahren auch jenseits der Grenzen kartographisch empfohlener Parameterwerte getestet. Es lieferte auch dort verlässliche Ergebnisse, selbst wenn eine Verwendung der deutlich vergrößerten Punkte nicht empfohlen werden kann. Den größten Einfluss auf die Punktstreuungsdarstellung hat der Progressionsfaktor, dicht gefolgt vom Punktgrößenverhältnis für die pseudozufällige Punktverschiebung. Dem Mindestabstand kommt nur ein geringer Einfluss zu. Als

günstige Parameter haben sich ein Progressionsfaktor zwischen 0,1 und 0,5 und ein Punktgrößenverhältnis von etwa 1:2 bewährt. Die Nutzung eines Mindestabstands wird empfohlen. Je nach Größe der Streuungspunkte sollte ein Wert aus dem von Koch (2002) vorgeschlagenen Wertebereich (0,15 mm bis 0,25 mm) gewählt werden.

Während des Tests wurde deutlich, dass die kreisförmige Anordnung der Streuungspunkte (entsprechend der Berechnungsreihenfolge) problematisch ist, da so die Verbreitungsgebiete nur selten

vollständig genutzt werden. Da über eine Verteilung der Objekte innerhalb der Gebiete keine Informationen vorliegen, sollte die Punktverteilung sich über das komplette Gebiet erstrecken. Dies wird Gegenstand weiterer Forschung sein. Des Weiteren sind Tests mit verschiedenen Nutzergruppen geplant, um festzustellen, inwieweit kartographisches Vorwissen notwendig ist, um eine qualitativ ansprechende Punktstreuungsdarstellung mit dem vorgestellten Verfahren zu erzeugen.

Literatur

Aschenbrenner, J. (1989): Die EDV-unterstützte Herstellung von Punktstreuungskarten auf der Basis kleinster Bezugseinheiten. Wien.

Bill, R. (2010): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach.

De Berg, M.; Bose, P.; Cheong, O.; Morin, P. (2004): On simplifying dot maps. In: Computational Geometry, 27, S. 43-62.

Hey, A. (2012): Untersuchungen zur automatisierten Visualisierung statistischer Geodaten mit

tels Punktmethode. Dissertationsschrift, Universität Rostock.

Imhof, E. (1972): Thematische Kartographie. De Gruyter Verlag, Berlin.

Kelnhof, F. (1971): Beiträge zur Systematik und allgemeinen Strukturlehre der thematischen Kartographie. Teil I+II.

Kimerling, A. J. (2009): Dotted the Dot Map, Revisited. In: Cartography and Geographic Information Science, 36 (2), S. 165-182.

Koch, W. G. (2002): Minimaldimensionen von Kartenzeichen. In: Bollmann, J.; Koch, W. G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum Verlag, Heidelberg/Berlin, S. 152 ff.

Koch, W. G.; Stams, W. (2002): Punktmethode. In: Bollmann, J.; Koch, W. G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum Verlag, Heidelberg/Berlin, S. 242 f.

Witt, W. (1970): Thematische Kartographie – Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgaben. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.



Klaus Kummer /
Josef Frankenberger (Hrsg.)

Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2013

2012, XXVIII, 666 Seiten

ISBN 978-3-87907-523-2

98,- €



Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Es gelten die Liefer- und Zahlungsbedingungen des VDE VERLAGS.

Jetzt gleich hier bestellen: www.vde-verlag.de/130114



Wichmann