

User-gestützte Gestaltung von Tilemaps

User-based Design of Tilemaps

Sarah Baumgartner¹, Michele Felfernig¹, Helene Fuchsbichler¹, Melanie Häusel¹, Melanie Hinterdorfer¹, Florian Hruby², Elena Küng¹, Sabine Oberrauter¹, Markus Rieger¹, Maren Vallant¹

¹Universität Graz

²Beuth Hochschule für Technik Berlin · florian.hruby@beuth-hochschule.de

Zusammenfassung: Tilemaps ersetzen geographische Regionen durch flächen- und formneutrale Bezugseinheiten und haben sich in den letzten Jahren als eine Datenvisualisierungsmethode etabliert, mit welcher die in Choroplethenkarten typischerweise vorkommenden Regionalisierungsfehler neutralisiert werden können. Auf Basis von Computeralgorithmen erstellte Tilemaps entsprechen dem räumlichen Verständnis der User oft nur eingeschränkt bzw. gar nicht und behindern den kartographischen Kommunikationsprozess dementsprechend. Vor diesem Hintergrund präsentiert der vorliegende Beitrag anhand zweier empirischer Studien einen alternativen Gestaltungsprozess, bei dem KartennutzerInnen sowohl in die Definition von äußerer Form als auch innerer Struktur einer Tilemap eingebunden werden. Wesentliches Resultat ist eine auf unterschiedliche räumliche Kontexte anwendbare Methodik, die zudem auf solche Problembereiche innerhalb einer Tilemap hinweist, wo eine 1:1-Zuordnung die Karteninterpretation erschwert.

Schlüsselwörter: Tilemaps, Choroplethenkarten, empirische Kartographie, Gebrauchstauglichkeit, Zuordnungsproblem

Abstract: *Tilemaps represent geographic regions by means of geometrical enumeration units identical in shape and area. Hence, they eliminate those interpretation errors that are introduced by small geographical regions overlooked by the map user. Usually, tilemaps are generated in an automatic manner applying computer algorithms on the so-called assignment problem. However, these rules of assignment between geographic regions and tiles often remain incomprehensible to users, thus complicating effective interpretation. Against this background, in this paper we present an alternative process of designing tilemaps based on user rather than computer input. Two user studies on both shape and internal structure of tilemaps will be discussed for this purpose. The results obtained provide a scalable method, which can be applied to a variety of geographic scenarios but also indicates those weak spots of a tilemap, where standard 1:1 assignment fails.*

Keywords: *Tilemaps, choropleth mapping, empirical cartography, usability, assignment problem*

1 Einleitung und Problemstellung

Choroplethenkarten (in der deutschen Fachliteratur auch als Flächenkartogramme bezeichnet) haben sich in den vergangenen 200 Jahren als eine der meistverbreiteten Methoden thematischer Kartographie etabliert, da sie eine effiziente Visualisierung räumlicher Verteilungen ermöglichen (Hruby, 2016). Dem Vorteil, räumliche Datenvariation durch eine entsprechende Variation von Farbparametern sichtbar zu machen, stehen jedoch die folgenden drei Fehlergruppen gegenüber (Jenks & Caspall, 1971): (1) Verteilungsfehler ergeben sich aus der Zuweisung einer Farbe pro Bezugseinheit, wodurch der Eindruck gleichförmiger Datenverteilung entsteht. (2) *Regionalisierungsfehler* entstehen aus der meist unterschiedlichen

Form und Größe der (z. B. administrativen) Bezugseinheiten. (3) Einerseits geht durch Klassifikation der Zugang zu den genauen Datenwerten verloren, andererseits erzeugen unterschiedliche Klassifikationsmethoden Ambivalenz in der Visualisierung. Beides führt zu *Klassifikationsfehlern*.

Dieser Beitrag widmet sich den Regionalisierungsfehlern, wozu mit Gitterchoroplethenkarten und Tilemaps zwei Lösungsvorschläge in der Fachliteratur diskutiert werden (Hruby, 2016). Während erstere eine topologisch korrekte Basiskarte mit einem Gitternetz *überlagern*, dessen Elemente als unabhängige Bezugsflächen der Datenaggregation dienen, definieren wir Tilemaps als kartenverwandte Darstellungen, welche die Bezugseinheiten der Basiskarte (z. B. Bezirksgrenzen) durch uniforme Geometrien eines regelmäßigen Gitternetzes *ersetzen*. Es sei darauf hingewiesen, dass es noch keinen etablierten Fachbegriff für entsprechende Darstellungen gibt, und die hier verwendeten „Tilemaps“ nur einer unter mehreren aktuell erprobten Termini sind (Schiewe, 2021). Zwischen beiden Optionen wird das Augenmerk nachfolgend auf Tilemaps gelegt, die sich in den letzten Jahren im Bereich des Datenjournalismus als Geovisualisierungsmethode etablierten (Berkowitz & Gamio, 2015) und Regionalisierungsfehler der NutzerInnen vermeiden können (Schiewe, 2021).

Tilemaps stellen eine Reihe kartographischer Fragen zu Herstellung und Gebrauchstauglichkeit: Beide Aspekte können graphentheoretisch als *Zuordnungsproblem* verstanden werden, bei dem jeder realen Bezugseinheit (z. B. jeder Verwaltungseinheit) ein entsprechendes Tile zuzuordnen ist. Da die Tiles einem vordefinierten regelmäßigen Gitternetz unterworfen sind, kann diese Zuordnung zu Verschiebungen und Trennungen ursprünglich benachbarter Bezugseinheiten führen, weshalb Tilemaps allgemein keine Topologietreue eignet. Entsprechend sind Tilemaps mit GIS nicht ohne Weiteres herstellbar, sodass für deren Gestaltung meist Datenvisualisierungs- und Grafiksoftware verwendet wird (Meulemans et al., 2020).

Sollen also Tilemaps für kartographische Zwecke genutzt werden, muss erstens eine Zuordnung von realen Bezugseinheiten zu Tiles erzeugt, und zweitens diese Zuordnung von den Usern auch nachvollzogen werden. Während der erste Zuordnungsschritt computergestützt anhand verschiedener Kriterien (McNeill & Hale, 2017) berechnet werden kann (z. B. eine in Summe möglichst geringe Verschiebung der geometrischen Schwerpunkte der realen Bezugseinheiten), deutet die (nach unserem besten Wissen) bislang einzige empirische Studie zu dieser Frage darauf hin, dass eine algorithmisch erzeugte Zuordnung von den NutzerInnen mitunter nur schwierig nachvollzogen werden bzw. dem Verständnis der User auch völlig widersprechen kann (Schiewe, 2021). Vor dem Hintergrund dieser Problematik präsentiert vorliegender Beitrag einen komplett empirischen Gestaltungsprozess, bei dem NutzerInnen bereits in den ersten der beiden ebengenannten Zuordnungsschritte eingebunden werden.

2 Methodik

2.1 Stichprobe

Aufgrund der COVID-19-Pandemie und entsprechenden Maßnahmen der Infektionskontrolle wurde der nachfolgend diskutierte empirische Test über eine internetbasierte Befragungsplattform durchgeführt. Aufbauend auf ältere Studien zu kartographischen Fragestellungen (Šavrič et al., 2015) wurden mittels Crowdsourcing im Rahmen von zwei Testläufen

jeweils 46 (Testlauf 1; Alter: $M = 30,2$; $SD = 10,0$; Geschlecht: 69 % ♀, 31 % ♂) und 45 (Testlauf 2; Alter: $M = 30,2$; $SD = 9,9$; Geschlecht: 56 % ♀, 44 % ♂) ProbandInnen befragt.

2.2 Testmaterialien und -durchführung

Aufbauend auf einem allgemeinen Problemverständnis (vgl. Abschnitt 1) wurden zunächst für die Steiermark (als geographisch naheliegendem Versuchsgebiet) verschiedene Tilemaps zur Darstellung der steirischen Verwaltungsbezirke erstellt. Diese Erstellung des Testmaterials erfolgte im Sinne eines User-orientierten Designprozesses (Knight et al., 2019) durch die AutorInnen unter der Maxime, falsche und fehlende Nachbarschaftsbeziehungen zu minimieren. Dabei wurden sowohl auf Hexagonen als auch auf Quadraten basierende Entwürfe gesammelt (Abb. 1). Diese Entwürfe wurden in Testlauf 1 auf ihre äußere Form hin bewertet (vgl. Abschnitt 2.2.1). Das jeweils favorisierte Design wurde dann in Testlauf 2 auch bezüglich seiner inneren Struktur empirisch untersucht (vgl. Abschnitt 2.2.2).

Beide Testläufe wurde mit einem Werkzeug für Online-Umfragen (in Analogie zu Schiewe (2021) mit Google Forms) erstellt. In keinem Moment wurde den ProbandInnen eine politische Karte der Steiermark als Referenz präsentiert. Folgende Fragen wurden gestellt.

2.2.1 Testlauf 1 – Fragestellung

Welche Abbildung gibt Ihrer Meinung nach die geographische Gestalt der Steiermark am besten wieder? Weisen Sie bitte jeder Abbildung (A bis H) einen Rang von 1 (finde ich am geeignetsten) bis 8 (finde ich am ungeeignetsten) zu, bis alle Rangplätze zwischen 1 und 8 vergeben sind.

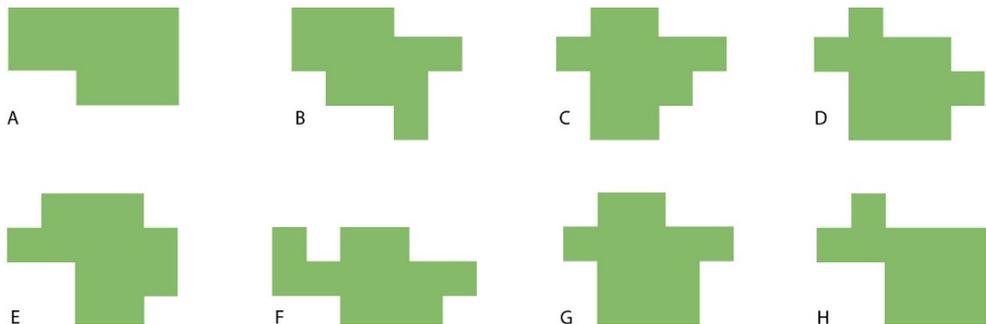


Abb. 1: Bewertung der äußeren Form – Entwürfe hexagonbasierter Tilemaps der Steiermark

2.2.2 Testlauf 2 – Fragestellung

Im Anschluss an die Auswertung von Testlauf 1 (vgl. Abschnitt 3.1), wurden die beiden favorisierten Designs (vgl. Abb. 3) mittels folgender Frage hinsichtlich ihrer inneren Struktur analysiert:

Weisen Sie bitte jedem Buchstaben in nachfolgender Tilemap einen Bezirk zu, sodass am Ende alle Bezirke eingetragen sind.

A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
		K	L	M

Abb. 2:
Bewertung der inneren Struktur – Zuordnung von Verwaltungsbezirken zu Tiles

2.3 Statistische Analyse

2.3.1 Testlauf 1 – Hypothesenbildung

Aufgrund der erhobenen ordinal-skalierten Daten wurde zur Auswertung von Testlauf 1 auf den Kruskal-Wallis-Test als nicht-parametrisches statistisches Werkzeug zurückgegriffen, um zu prüfen, ob sich hinsichtlich der durchschnittlich vergebenen Ränge statistisch signifikante Unterschiede beobachten lassen. Mittels Post-Hoc-Test wurde weiterhin ermittelt, zwischen welchen Designs im Konkreten signifikante Unterschiede in Bezug auf die Bewertung festgestellt werden können. Entsprechend ergeben sich folgende Null- (H_0) und Alternativhypothese (H_A):

H_0 : Alle entworfenen Tilemaps werden ähnlich bewertet. Kein Design wird als besonders gut oder schlecht evaluiert.

H_A : Die Bewertungen einzelner Designs unterscheiden sich signifikant.

2.3.2 Testlauf 2 – Hypothesenbildung

Zur Auswertung von Testlauf 2 wurde mittels Chi-Quadrat-Anpassungstest (Goodness of Fit) folgende Hypothese geprüft:

H_0 : Die Präferenzen der User verteilen sich gleichermaßen auf mehrere Quadrate (bzw. Hexagone)

H_A : Die Präferenzen der User verteilen sich nicht gleichermaßen auf verschiedene Quadrate (bzw. Hexagone), d. h. es gibt genau ein Quadrat bzw. (Hexagon), das den jeweiligen Bezirk am besten repräsentiert.

Für beide Testläufe wurde die statistische Auswertung mit R (via RStudio) durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Testlauf 1

Unter Annahme einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % ($p < 0.05$) wurde H_A sowohl für hexagon- (Kruskal-Wallis chi-squared = 84.974, $df = 7$, $p\text{-value} = 1.327e-15$) als auch für quadratbasierte (Kruskal-Wallis chi-squared = 78.612, $df = 7$, $p\text{-value} = 2.642e-14$) Tilemaps angenommen. Entsprechend der Bewertung der ProbandInnen wird die äußere Form der Steiermark hexagonbasiert durch Design B (Abb. 3, links), und quadratbasiert durch Design A (Abb. 3, rechts) am besten wiedergeben.

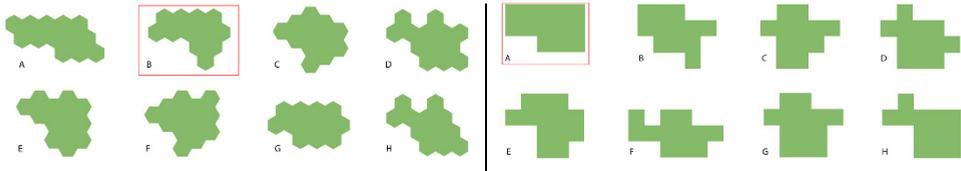


Abb. 3: Resultate zu Testlauf 1 (höchste bewertete Designs in Rot)

3.2 Testlauf 2

Auch in Bezug auf die innere Strukturierung der Tilemaps wurde die Alternativhypothese sowohl für das hexagon- ($X\text{-squared} = 52.909$, $df = 7$, $p\text{-value} = 3.864e-09$) als auch für das quadratbasierte ($X\text{-squared} = 18.091$, $df = 8$, $p\text{-value} = 0.021$) Kartendesign angenommen ($p < 0.05$). Folgende beiden Zuordnungen wurden von einer statistisch signifikanten Mehrzahl der ProbandInnen vorgenommen (Abb. 4):

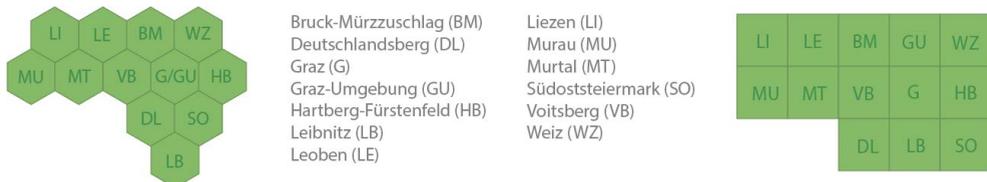


Abb. 4: Resultate zu Testlauf 2

4 Diskussion

Tilemaps bieten eine Möglichkeit, bei Choroplethenkarten typischerweise beobachtbare Regionalisierungsfehler sichtbar zu machen und zu vermeiden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Tilemaps nicht nur Algorithmen-gestützt, sondern auch User-basiert entworfen werden können, wodurch sichergestellt wird, dass die zugrunde liegende Zuordnung dem Verständnis zumindest eines Großteils der NutzerInnen entspricht. Wesentliches Resultat des Beitrags sind dabei weniger die im konkreten Fall der steirischen Verwaltungsbezirke resultierenden Tilemaps, sondern die zugrunde liegende empirische Methodik. Diese ist einerseits skalierbar, und kann auf unterschiedliche Räume angewandt werden; andererseits lassen sich nicht eindeutig bestimmbare Elemente innerhalb des Tilerasters definieren, die eventuell einer besonderen kartographischen Aufbereitung bedürfen.

Im Falle der Steiermark kann ein solcher Ambivalenzbereich für die Bezirke Graz und Graz-Umgebung vermutet werden, deren reale topologische Beziehung (Graz wird vom Bezirk Graz-Umgebung umschlossen) mit der (auf 1:1-Zuordnung basierenden) Standardvariante von Tilemaps nicht wiedergegeben werden kann. Ein möglicher Lösungsansatz dieser Problematik, nämlich die gemeinsame Darstellung beider Bezirke in einem Tile (im Sinne einer 2:1 Zuordnung), wird in Abbildung 4 (links: hexagonbasiertes Design) gezeigt. Der deutliche geringere p-Wert der hexagonbasierten Tilemap in Testlauf 2 könnte darauf hindeuten, dass eine 2:1 Zuordnung im Falle gänzlich umschlossener Bezugseinheiten dem Verständnis der User von Tilemaps entgegenkommt. Diese Frage liegt jedoch jenseits der Zielsetzung für

dieses Short Paper und stellt vielmehr ein Anwendungsfeld zukünftiger Untersuchungen dar, in welchen verschiedene Lösungsansätze der angesprochenen 2:1-Zuordnung systematisch verglichen werden könnten. Zukünftigen Arbeiten kommt auch die Aufgabe zu, nicht nur (wie in diesem Beitrag) zu untersuchen, wie Präferenzen festgestellt werden können, sondern auch zu fragen, wie diese Präferenzen erklärbar sind.

In diesem Sinne ist auch auf mögliche Schwachstellen des vorgestellten Untersuchungsdesigns hinzuweisen, die in zukünftigen Studien berücksichtigt werden können: Die aufgrund der aktuellen COVID-19 Pandemie gewählte Methode des Crowdsourcing setzt der Analyse der Testpersonen sowie der Komplexität möglicher Fragen prinzipielle Grenzen. Ein Folgeexperiment im Labor könnte diese Grenzen verifizieren und durch den Einsatz zusätzlicher empirischer Werkzeuge (e. g. Eyetracking) nicht nur untersuchen, welche Antworten gegeben werden, sondern auch, wie diese Antworten zustande kommen. Weiterhin wurden im Vorangegangenen zwar hexagon- und quadratbasierte Entwürfe parallel untersucht, jedoch auf eine gegenüberstellende Bewertung beider Geometrien verzichtet. Zukünftigen Untersuchungen kann der Vergleich „Hexagon vs. Quadrat“ jedoch interessante Forschungsfrage bieten, wofür sowohl auf die hier präsentierten Tests als auch auf ältere Publikationen (Carr et al., 1992) zurückgegriffen werden kann.

Schließlich ist auch festzustellen, dass geographische Informationssysteme (GIS) die Erstellung von Tilemaps bislang nicht unterstützen, weshalb derzeit auf alternative Visualisierungssoftware zurückgegriffen werden muss. Auch die Gestaltung georeferenzierter Tilemaps stellt somit eine zukünftige Herausforderung für die Geovisualisierung dar.

Wie jede junge Darstellungsform stellen auch Tilemaps der Kartographie zahlreiche Fragen, deren systematische Beantwortung noch offen, aber für ein besseres Verständnis dieser Visualisierungsmethode im Besonderen, aber auch von Choroplethenkarten im Allgemeinen erforderlich ist. Vorliegender Beitrag versucht, zu diesem besseren Verständnis beizutragen.

Literatur

- Berkowitz, B., & Gamio, L. (2015). What you need to know about the measles outbreak. *The Washington Post*. Retrieved Jan 31, 2021, from <https://www.washingtonpost.com/graphics/health/how-fast-does-measles-spread>.
- Carr, D., Olsen, A., & White, D. (1992). Hexagon mosaic maps for display of univariate and bivariate geographical data. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 228–236. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1559/152304092783721231.
- Hruby, F. (2016). 190 Jahre Choroplethenkarten – Ein Zwischenresümee. *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.*, 66(2), 58–65. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1007/BF03545206
- Jenks, G., & Caspall, F. (1971). Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction. *Ann. Am. Assoc. Geogr.*, 61(2), 217–244. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1111/j.1467-8306.1971.tb00779.x.
- Knight, J., Fitton, D., Phillips, C., & Price, D. (2019). Design Thinking for Innovation. Stress Testing Human Factors in Ideation Sessions. *The Design Journal*, 22(Sup1), 1929–1939. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1080/14606925.2019.1594950.
- McNeill, G., & Hale, S. (2017). Generating tile maps. *Computer Graphics Forum*, 36(3), 435–445. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1111/cgf.13200.

- Meulemans, W., Sondag, M., & Speckmann, B. (2020). A Simple Pipeline for Coherent Grid Maps. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* Retrieved Mar 31, 2021 from doi:10.1109/TVCG.2020.3028953.
- Šavrič, B., Jenny, B., White, D., & Strebe, D. R. (2015). User preferences for world map projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(5), 398–409. Retrieved Jan 31, 2021, from doi:10.1080/15230406.2015.1014425.
- Schiewe, J. (2021). Distortion effects in Equal Area Unit Maps. *KN J. Cartogr. Geogr. Inf.* Retrieved Mar 31, 2021 from doi:202110.1007/s42489-021-00072-5.