

Lesbarkeitsanalyse von EU-Tilemaps

(Eine empirische Untersuchung)

Nisa Batur, Tatiana Djuidje, Purwadi Dulwahab, Tabea Gruenberg, Justus Nehls, Prakash Neupane,
Maleen Rùthers, Leonhard Schumann, Jessica Wenicker, Atefeh Zaeemi
<fhruby@bht-berlin.de>

Tilemaps stellen regionenbezogene Informationen in einem regelmäßigen Kachelformat dar, bilden jedoch eine Darstellungsform, welche im wissenschaftlichen Kontext wenig Anwendung findet. Als Grund hierfür lassen sich beispielsweise fehlende Layouts sowie aufwendige Gestaltungsprozesse nennen. Ziel der vorliegenden Projektarbeit ist daher die Erstellung einer intuitiv lesbaren und wiederverwendbaren Tilemap der Europäischen Union. Zur Ermittlung der besten Darstellungsvariante wurden anschließend Endnutzer*innen in Form einer empirischen Studie eingebunden. Die Ergebnisse legen nahe, dass zwischen verschiedenen Kartenentwürfen statistisch signifikante Unterschiede in der Lesbarkeit festzustellen sind. Im Rahmen der Auswertung wurden außerdem Diskrepanzen zwischen statistischen Ergebnissen und dem subjektiven Empfinden der Proband*innen ersichtlich.

Schlüsselbegriffe: Tilemap, Choroplethenkarte, Europäische Union, Zuordnungsproblem

1. Einleitung und Problemdefinition

„Tilemaps“ (Hruby, 2016) (auch als „Gridmaps“ (Slingsby, 2018) oder „Equal Area Unit Maps (EAUMs)“ (Schiewe, 2021) bekannt), werden als „kartenverwandte Darstellungen“ beschrieben (Baumgartner et al., 2021), bei denen es sich um eine zweidimensionale Anordnung von Gitterzellen handelt, welche je eine bestimmte geografische Region darstellen. Die verschiedenen Merkmale der jeweiligen Bezugseinheit können in der zugehörigen Kachel visuell erfasst werden (Slingsby, 2018). Regionenbezogene Informationen können so in einem einheitlichen Format von Endbenutzer*innen übersichtlich zueinander in Bezug gesetzt werden.

Tilemaps stellen mitunter aufgrund des aufwändigen Gestaltungsprozesses eine bisher weniger verbreitete Anwendungs- und Visualisierungsform dar. Sie gewinnen jedoch zunehmend an Popularität, was unter anderem auf eine Erweiterung verfügbarer Kachel-Layouts und deren Wiederverwendung zurückzuführen ist (McNeill & Halle, 2017).

Aufgrund der Anordnung regelmäßiger Kacheln eignen sich Tilemaps nicht für kartographische Anwendungen, in denen die Erkennbarkeit der Topologien und Distanzen gewährleistet werden soll, sondern primär für den Vergleich regionenbezogener Variablen und der einheitlichen Darstellung multivariabler Statistiken (Schiewe, 2020).

Etablierte kartographische Visualisierungen, wie die klassischen Choroplethenkarten, werden nach dem Prinzip einer möglichst korrekten Darstellung geografischer Größen und Topologien gestaltet (Schiewe, 2021). Dieses Prinzip ermöglicht Nutzer*innen eine intuitive und flächenbezogene Lokalisierung raumbezogener Informationen, führt jedoch auch zu Regionalisierungsfehlern, bei denen die topografische Größe der dargestellten Region die

Sichtbarkeit und Relevanz der Information beeinflusst (Baumgartner et al., 2021). Insbesondere vor dem Hintergrund der Vermeidung von Regionalisierungsfehlern wird der Vorteil von Tilemaps darin gesehen, qualitative und quantitative Unterschiede zwischen den regionenbezogenen Daten zu visualisieren, ohne die Relevanz der Information mit der topografischen Größe der Region zu verbinden. Zusätzlich kann das regelmäßige Kachel-Layout aus ästhetischer Sicht hervorgehoben werden, da es sich um eine vereinfachte und übersichtliche Darstellung handelt, die dazu dient, inhaltliche Informationen besonders zu betonen (McNeill & Halle, 2017). Darüber hinaus ist diese Darstellungsform äußerst skalierbar und passt sich mühelos verschiedenen Bildschirmgrößen und Auflösungen an.

Die wesentliche Herausforderung im Gestaltungsprozess von Tilemaps stellt die Anordnung der Kacheln dar, welche aufgrund ihrer geometrischen Form nicht der geografischen Kontinuität und der Topologie der administrativen Grenzen der dargestellten Regionen entsprechen. Standardmäßig werden Tilemaps algorithmengestützt entworfen (McNeill & Halle, 2017; Baumgartner et al. 2021). Die aus dieser automatisierten Methode resultierenden Karten entsprechen jedoch oft nur unzureichend dem Verständnis der Nutzer*innen (Baumgartner et al. 2021, Schiewe 2020). Alternativ kann die Lesbarkeit von Tilemaps durch Einbezug potenzieller Endnutzer*innen verbessert werden, sodass das Endergebnis dem Verständnis der Mehrheit der Nutzer*innen entspricht (Baumgartner et al. 2021).

Diese Projektstudie befasst sich weniger mit dem Erproben der von Baumgartner et al. (2021) vorgestellten User-basierten Gestaltungsmethode einer Tilemap, sondern primär mit dem Ziel, eine intuitiv lesbare Tilemap der Europäischen Union unter Einbezug von potenziellen Nutzer*innen zu definieren.

2. Methodik

2.1 Testdurchführung

Nach verschiedenen Konzeptideen einer Tilemap der Europäischen Union (EU) wurden unter Berücksichtigung der Länderstruktur zwei Karten erstellt. Karte A weist quadratische Kacheln auf, während Karte B in Form von hexagonalen Kacheln gestaltet ist. Eine dritte Karte (Karte C) ist einem Referenzartikel (Pengl, 2020) entnommen und leicht modifiziert worden, sodass eine geschlossene Hexagonfläche entstand (siehe Abb. 1). Die ursprüngliche Position der Kacheln wurde basierend auf geografischen und topologischen Lagebeziehungen diskutiert. Eine empirische Studie soll im Anschluss evaluieren, inwieweit die äußere Form der EU und geografische Lage ausgewählter Länder intuitiv wiedererkannt werden können. Via „Google Formulare“ ist eine entsprechende Umfrage erstellt worden, an der 31 Studierende des Studiengangs „Geoinformation“ der Berliner Hochschule für Technik teilnahmen. Es ist zu betonen, dass den Proband*innen zum Zeitpunkt der Umfrage weder über eine politische Karte noch eine Liste der aktuellen EU-Mitgliedsstaaten verfügten.

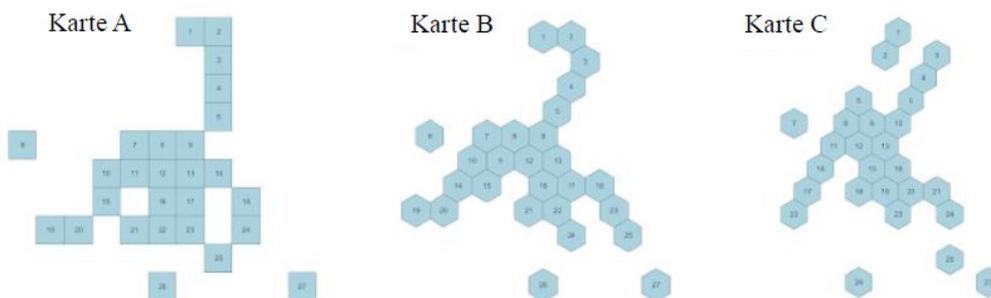


Abbildung 1. Finale Kartenentwürfe

2.2 Fragestellungen

In erwähnter statistischer Erhebung wurden die Proband*innen zum einen zu ihrer subjektiven Einschätzung der Tilemap-Entwürfe befragt (Frage 1, Frage 7). Zum anderen wurden zu jeder der vorliegenden Karten die Fragen 2 bis 6 gestellt:

1. Wie sehr sieht diese Karte nach einer Karte der Europäischen Union aus? (siehe Abb. 1)
2. Welche Kachelnummer entspricht Deutschland? (siehe Abb. 2)
3. Welche Kachelnummer entspricht Spanien?
4. Welche Kachelnummer entspricht Polen?
5. Welche Kachelnummer entspricht den Niederlanden?
6. Welche Kachelnummer entspricht Italien?
7. Auf welcher der Karten fielen die Zuordnungen am leichtesten?

Die erste Frage ermittelt, ob eine Übereinstimmung zwischen Kartenentwurf und der äußeren Form der Europäischen Union vorliegt, während Fragen 2 bis 6 der Feststellung des intuitiven Wiedererkennungswertes der Länder im Kachelformat dienen.

Wie sehr sieht diese Karte nach einer Karte der Europäischen Union aus? *

1 2 3 4

EU ist nicht erkennbar EU ist gut erkennbar

Abbildung 2. Frage 1 in Bezug auf Karte A

Welche Nummer entspricht Deutschland? *

Meine Antwort _____

Abbildung 3. Frage 2 in Bezug auf Karte A

Bei der Auswahl der Staaten besteht das Anliegen darin, dass deren Lage bekannt ist und sie sich in verschiedenen Teilen des Kontinents befinden. Frage 7 erfasst zuletzt die abschließende Beurteilung der Befragten und setzt die Ergebnisse in einen übergeordneten Kontext.

2.3 Statistische Analyse

Frage 1 basiert auf einer ordinalen Skala, auf welcher die Daten unabhängig voneinander sind. Die verschiedenen Antwortmöglichkeiten bilden hierbei eine Rangfolge, im Gegensatz zu einer nominalen Skala, die aus Kategorien ohne Rangfolge besteht (Frage 2 bis 6). Für die Ordinalvariablen aus Frage 1 wird der Kruskal-Wallis-Test gewählt, welcher keine Normalverteilung annimmt und eine geringe Anfälligkeit gegenüber Ausreißern aufweist. Mit Hilfe dieses Tests wird untersucht, ob signifikante (d.h. unter Annahme eines Signifikanzniveaus von 5%) Unterschiede zwischen den Medianwerten der Antworten bestehen. Für die Ermittlung konkreter Unterschiede zwischen den Antwortgruppen wird als Post-Hoc-Methode der Pairwise-Wilcoxon-Test angewendet.

Die Hypothesen lauten wie folgt:

Nullhypothese (H_0): Alle Tilemaps der EU werden gleich bewertet, d. h. es gibt keine Karte, die sich signifikant von den anderen unterscheidet.

Alternativhypothese (H_1): Eine Karte unterscheidet sich signifikant von den anderen Karten.

Für die Fragen 2 bis 6 liegt ein nominales Skalenniveau vor, für welches der Chi-Quadrat-Test als geeignetes Analyseverfahren eingestuft wird. Dieser Test überprüft, ob sich die empirisch beobachtete Verteilung einer nominalen Variable von der theoretisch erwarteten Verteilung signifikant unterscheidet. Da es sich ebenfalls um einen nicht-parametrischen Test handelt, wird für die Daten keine Normalverteilung angenommen. Es werden folgende Hypothesen formuliert:

Nullhypothese (H_0): Es gibt keine erkennbare Präferenz für eine der Tilemaps, d. h. alle werden als gleich gut bzw. schlecht bewertet.

Alternativhypothese (H_1): Es gibt erkennbare Präferenzen zwischen den Tilemaps, d. h. die Verteilung ist nicht zufällig erklärbar.

Durch Frage 7 werden ebenfalls nominale Daten erhoben, weshalb erneut der Chi-Quadrat-Test angewandt wird. Es lassen sich hierbei folgende Hypothesen aufstellen:

Nullhypothese (H_0): Es gibt keine erkennbare Präferenz für eine der Tilemaps, d. h. alle werden als gleich gut bzw. schlecht bewertet.

Alternativhypothese (H_1): Es gibt erkennbare Präferenzen zwischen den Tilemaps, d. h. die Verteilung ist nicht zufällig erklärbar.

3. Ergebnisse

| Karte | Äußere Form (Frage 1) | Übereinstimmende Lokalisierungen (Frage 2 bis 6) | Subjektives Empfinden (Frage 7) |
|---------|--------------------------|---|------------------------------------|
| Karte A | 2,10 | 69,03 % | 7 Stimmen (22%) |
| Karte B | 2,77 | 64,51 % | 23 Stimmen (75%) |
| Karte C | 1,52 | 69,03 % | 1 Stimme (3%) |

Tabelle 1: Durchschnittliche Umfrageergebnisse

| | A | B |
|---|--------|---------------------|
| B | 0,0010 | - |
| C | 0,0024 | $2,5 \cdot 10^{-7}$ |

Tabelle 2: p-Werte durch Vergleich der Karten mit dem Pairwise-Wilcox-Test

| Land | Karte | p-Wert | übereinstimmende Zuordnung | abweichende Zuordnungen |
|-------------|-------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Deutschland | A | $8,77 \cdot 10^{-8}$ | 19 | 12 |
| Deutschland | B | 0,017 | 11 | 20 |
| Deutschland | C | $8,17 \cdot 10^{-9}$ | 19 | 12 |
| Spanien | A | k. A. m. | 31 | 0 |
| Spanien | B | k. A. m. | 31 | 0 |
| Spanien | C | $3,61 \cdot 10^{-5}$ | 27 | 4 |
| Polen | A | $4,74 \cdot 10^{-4}$ | 14 | 17 |
| Polen | B | $6,65 \cdot 10^{-4}$ | 16 | 15 |
| Polen | C | $4,61 \cdot 10^{-4}$ | 17 | 14 |
| Niederlande | A | $1,42 \cdot 10^{-10}$ | 28 | 3 |
| Niederlande | B | $1,42 \cdot 10^{-10}$ | 28 | 3 |
| Niederlande | C | $3,92 \cdot 10^{-11}$ | 25 | 6 |
| Italien | A | $6,44 \cdot 10^{-7}$ | 15 | 16 |
| Italien | B | $1,51 \cdot 10^{-3}$ | 14 | 17 |
| Italien | C | $2,99 \cdot 10^{-8}$ | 19 | 12 |

Tabelle 3: Ergebnisse der Länderzuordnungen aus Frage 2 bis 6

Tabelle 1 fasst die durchschnittlichen Umfrageergebnisse aller Fragen zusammen. In Bezug auf die erste Frage ergab der Kruskal-Wallis-Test einen signifikanten p-Wert von 0,0004585. Daher kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden. Konkret zeigte der Pairwise-Wilcoxon-Test (siehe Tabelle 2), dass sich Karte B signifikant von den anderen unterschied und mit einem Durchschnitt von 2,77 die beste Bewertung erhielt.

Die Ergebnisse aus Frage 2 bis 6 zeigen, dass in jeder Karte die Mehrheit der Länder übereinstimmend erkannt wurde (siehe Tabelle 1). Es ist anzumerken, dass die sich daraus ergebenden Durchschnittswerte nah beieinander liegen, wobei Karte A und Karte C die gleichen Werte aufweisen. Der Chi-Quadrat-Test (siehe Tabelle 3) ergab für jede der Lokalisierungsfragen einen signifikanten p-Wert unter 5 %. Somit kann die Alternativhypothese angenommen werden: Es ist eine deutliche Präferenz bei der Lokalisierung zu erkennen. Die Verteilung ist nicht zufällig. Ein Beispiel (Frage 2) für eine solche Verteilung ist Abb. 4 zu entnehmen. Die Visualisierung benennt die korrekte Länderzuordnung und zeigt farblich die von den Proband*innen innerhalb der Umfrage ausgewählten Kacheln.

Der in Bezug auf die Antworten aus Frage 7 (siehe Tabelle 1) errechnete p-Wert beträgt $3,667 \cdot 10^{-6}$, und liegt somit unterhalb des Signifikanzniveaus. Dies bedeutet, dass es statistisch signifikante Präferenzen zwischen den Tilemaps gibt und die Verteilung der Bewertungen nicht zufällig erklärbar ist.

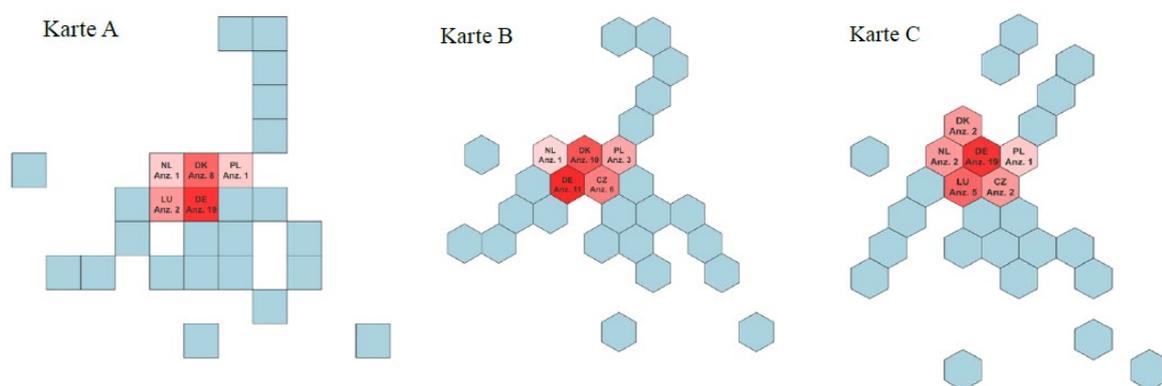


Abbildung 4: Lokalisierung von Deutschland im jeweiligen Kartenentwurf in Bezug auf die absolute Häufigkeit der von den Proband*innen ausgewählten Kacheln

4. Diskussion

In dieser Projektstudie galt es, mittels empirischer Befragung den leserfreundlichsten Entwurf einer EU-Tilemap zu bestimmen. Hierfür wurden Proband*innen sowohl zu der Erkennbarkeit der äußeren Form der Karten als auch zu der Zuordnung einzelner Länder befragt. Dabei wurde untersucht, ob durch die subjektive Bewertung von potenziellen Endnutzer*innen ein signifikanter Unterschied in der Lesbarkeit festgestellt werden kann. Methodisch schließt diese Studie daher an den Forschungsstand einer ähnlichen Studie von Baumgartner et al. (2021) an, in welcher eine User-basierte Gestaltungsmethode von Tilemaps erprobt wird. Die hier präsentierte Projektarbeit soll daher neben der Bereitstellung einer von Endnutzer*innen präferierten Tilemap der EU auch zum besseren Verständnis der Verwendung und Gestaltung von Tilemaps dienen.

In Bezug auf die Erkennbarkeit der äußeren Form der Europäischen Union zeigen die Resultate der Empirie eine signifikante Präferenz der Karte B. Die Proband*innen bewerteten Karte B sowohl am ehesten der Form der Europäischen Union ähnelnd als auch als die Karte, auf welcher die Zuordnung der Länder zu den jeweiligen Kacheln am leichtesten fiel.

Im Widerspruch dieser Ergebnisse steht allerdings, dass in den Karten A und C Länder eine durchschnittliche höhere Zuordnungsquote erzielt wurde, obwohl die Zuordnung in Karte B am leichtesten fiel. Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt bei der Zuordnung der Länder Italien und Deutschland. Hervorzuheben ist außerdem, dass auf keiner der Tilemaps durchgängig eine höhere übereinstimmende Zuordnung aller Länder erzielt werden konnte. Zudem gelang es keiner der befragten Personen, eine übereinstimmende Zuordnung aller Länder zu erreichen. Die in Frage 7 erfassten Antworten weisen hierbei auch nicht auf eine von den Endnutzer*innen präferierte Kachelform zwischen Hexagonen und Quadraten hin.

Die Ergebnisse verdeutlichen darüber hinaus die Beziehungsproblematik benachbarter Länder. Es fällt auf, dass Länder, die am äußeren Rand der Tilemap liegen, weniger bis gar nicht falsch zugeordnet wurden als Länder, die innerhalb des Kontinents liegen. Da Tilemaps durch die geometrische Form der Kacheln die realen Nachbarschaftsbeziehungen der Länder nicht topografisch korrekt repräsentieren können, ist anzunehmen, dass dieses Ergebnis primär auf ein allgemeines Defizit der Darstellung von Regionen durch Tilemaps hindeutet und weniger die Präferenz der Karte B in Frage stellt.

Eine Limitation der Studie besteht in der Unklarheit über das geografische Hintergrundwissens der Proband*innen. Somit bleibt ungewiss, inwiefern die Lesbarkeit der Tilemap durch geografische Kenntnisse der Proband*innen oder durch die Kachelform der Tilemap beeinflusst wird. Es ist zu betonen, dass diese Projektstudie die Prinzipien, nach denen Nutzer*innen Präferenzen zu verschiedenen Darstellungen treffen, nicht diskutiert. Um die Lesbarkeit von Tilemaps durch Einbezug von potenziellen Endnutzer*innen zu optimieren, sollte es Inhalt zukünftiger, umfassenderer Studien sein, zu prüfen, auf welcher Grundlage Nutzer*innen bestimmte Karten favorisieren oder Regionen nicht eindeutig zuordnen können. Dies könnte beispielsweise unter Einbezug einer politischen Karte erzielt werden, sodass geografisches Vorwissen an Relevanz verliert. Außerdem kann eine Ausweitung der Zahl der Proband*innen sowie der Testläufe mit verschiedenen Gestaltungsstadien vorteilhaft sein.

Abschließend weist diese Projektstudie darauf hin, dass durch Einbezug von potenziellen Endnutzer*innen die Auswahl einer lesbaren Tilemap optimiert werden kann. Da rein algorithmengenerierte Tilemaps oft Defizite aufweisen und nicht dem Verständnis der Nutzer*innen entsprechen, kann es vorteilhaft sein, die Lesbarkeit von Tilemaps standardmäßig durch Einbezug von Endnutzer*innen zu verifizieren und diese gegebenenfalls sogar in den Gestaltungsprozess zu integrieren.

5. Ressourcen

Zugehörige Datensätze beinhalten die Kartendarstellungen, inkludieren die Umfragedaten und sind abrufbar unter:

- Daten zu Karte A: <https://arcg.is/18f1jC>
- Daten zu Karte B: <https://arcg.is/bbfOz>
- Daten zu Karte C: <https://arcg.is/0T1r9C>

6. Literatur

- Baumgartner, S., Felfernig, M., & Fuchsbichler, H. (2021). *User-gestützte Gestaltung von Tilemaps*. Wichmann Verlag. <https://doi.org/10.14627/537707001>
- Carr, D. B., Olsen, A. R., & White, D. (1992). Hexagon Mosaic Maps for Display of Univariate and Bivariate Geographical Data. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 228–236. <https://doi.org/10.1559/152304092783721231>
- McNeill, G., & Hale, S. A. (2017). Generating Tile Maps. *Computer Graphics Forum*, 36(3), 435–445. <https://doi.org/10.1111/cgf.13200>
- Pengl, A.: Challenge accepted! Endlich eine Hex Tile Map, die aussieht wie Europa (2020), <https://blog.doubleslash.de/challenge-accepted-endlich-eine-hex-tile-map-die-aussieht-wie-europa> (Stand: 25.7.2023)
- Schiewe, J. (2021). Distortion Effects in Equal Area Unit Maps. *KN -Journal of Cartography and Geographic Information*, 71(2), 71–82. <https://doi.org/10.1007/s42489-021-00072-5>
- Slingsby, A. (2018). Tilemaps for Summarising Multivariate Geographical Variation. *VIS 2018*. https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/20884/1/slinsby_tilemaps_2018.pdf
- Strobl, J., Strobl, J., Zagel, B., Griesebner, G., Blaschke, T., & Universität Salzburg (Hrsg.). (2021). *E:connecting spatially: AGIT: Journal für Angewandte Geoinformatik: 7-2021*. Wichmann.