

Kurzfassung der Dissertation

# **Empirical assessment of minimum dimensions for cartographic symbology on smartphone displays**

**Autor:**

Dipl. Ing. **Florian Ledermann**, Mat. Nr. 09426416

**Betreuer:**

Univ.Prof. Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. **Georg Gartner**

Forschungsbereich Kartographie, E 120-6

Department für Geodäsie und Geoinformation

TU Wien

**Gutachter:**

Prof. **Anthony Robinson**, Penn State University (USA)

Prof. **Liqiu Meng**, TU München (DE)

## Kurzfassung

Etablierte Richtlinien zur Kartengestaltung beinhalten oftmals Empfehlungen für Minimaldimensionen kartographischer Symbole. Empfehlungen für gedruckte Karten berücksichtigten dabei die Eigenschaften des Herstellungsverfahrens, sowie die Fähigkeiten der Kartennutzerin, kleinste Details zu erkennen und korrekt zu deuten. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Auflösung konventioneller Bildschirme verlangen etablierte Richtlinien für die Gestaltung von Karten für die digitale Wiedergabe üblicherweise die Verwendung weit größerer grafischer Elemente, um die Lesbarkeit der Karte zu gewährleisten.

Die technische Entwicklung der vergangenen Jahre ermöglicht mittlerweile jedoch die Herstellung digitaler Anzeigegeräte mit sehr hoher Auflösung, und solche hochauflösenden Displays sind, sowohl als Smartphones als auch als Desktop-Bildschirme, heute weithin verfügbar. Ziel der vorliegenden Arbeit ist, basierend auf empirischen Untersuchungen, aktualisierte Richtlinien für kartographische Minimaldimensionen zu erarbeiten, die die Verfügbarkeit von hochauflösenden Displays berücksichtigen. Zu diesem Zweck werden drei empirische Studien vorgestellt, die die Lesbarkeit von graphischen Elementen auf Smartphone-Displays unterschiedlicher Auflösung untersuchen.

Studie 1 ermittelt die Erkennbarkeitsschwellen von graphischen Elementen mit Bezug zu kartographischen Signaturen (Punktsymbole, Liniensymbole, sowie Schrift) bei kontinuierlich reduzierter Größe. Die Erkenntnisse aus dieser ersten Studie fließen in die Gestaltung zweier weiterer Studien ein. Studie 2 untersucht weitere Aspekte betreffend die Erkennbarkeit von Punktsymbolen. Zu diesem Zweck wird eine Methode vorgestellt, um aus verfügbaren Sammlungen von ikonographischen Symbolen jene Symbole mit größter Ähnlichkeit zu identifizieren. Solche Gruppen ähnlicher Symbole finden als Stimuli in der zweiten Studie Verwendung, um die Mindestgröße für die zuverlässige Unterscheidung von aus realen Anwendungskontexten entnommenen, graphisch ähnlichen Kartensymbolen zu ermitteln. Die Unterscheidbarkeit wird dabei in zwei Arten von Aufgaben getestet: bei isoliert stehender Betrachtung, sowie beim Abzählen von Symbolen auf einer Karte. Studie 3 widmet sich der Erkennbarkeit von Liniensymbolen, wobei hier die zuverlässige Reproduktion von intern ausdifferenzierten Liniensymbolen, beispielsweise durch die Anordnung von Pfeilen oder Schraffuren im inneren der Linie, getestet wird. Auch hier wird die Unterscheidbarkeit bei isolierter Betrachtung, sowie für das Abzählen auf einer „Pseudo-Karte“, untersucht.

Zusätzlich zur Untersuchung etablierter kartographischer Symbole werden in Studien 2 und 3 auch mögliche Verfahren zur aktiven Verbesserung der Unterscheidbarkeit getestet. Für Studie 2 wird die Verbesserung der Lesbarkeit durch Optimierung der Ausrichtung der Symbolgeometrie mit dem Pixelraster untersucht, sowie eine algorithmische Methode zur möglichen Verstärkung der graphischen Unterschiede ähnlicher Symbole vorgestellt und getestet. In Studie 3 wird der Effekt der graphischen Hervorhebung der Eckpunkte von in Linien eingebetteten Richtungspfeilen untersucht.

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Ausarbeitung praktisch anwendbarer Richtlinien für Minimaldimensionen für digitale Karten. Ein Vorschlag für solche Leitlinien erfolgt auf drei Ebenen, basierend auf den vorgestellten Studien: Generelle Empfehlungen für die Gestaltung von Karten für digitale Ausgabegeräte auf aktuellem technischen Stand; Empfehlungen für Minimaldimensionen kartographischer Elemente, differenziert nach Display-Auflösung und Sehschärfe der Nutzerin; sowie praktische Hinweise für das empirische Testen der Lesbarkeit digitaler Karten.

Die Arbeit schließt mit dem Versuch einer Definition des Begriffs „Kartographische Minimaldimension“, der Erörterung von praktischen Anwendungsmöglichkeiten der gewonnenen Erkenntnisse, einer Diskussion von Beschränkungen der vorgestellten Methodik und Umsetzung, sowie einem Ausblick auf mögliche weiterführende Forschung.

## Abstract

Map design guidelines proposed in the cartographic literature often include advice on minimum dimensions for cartographic symbology. For paper maps, such guidelines were based on the properties of the printed medium facilitating the reproduction of fine details, as well as assessments of the capability of map users to recognize and discriminate the graphical elements of the map. Due to the comparably low resolution of conventional computer screens, published advice on designing maps for digital presentation usually mandates the use of much larger symbology, in order to ensure reliable reproduction and legibility of map symbology.

In recent years, displays with greatly increased pixel densities have become available for computers and mobile devices. The goal of this thesis is to empirically verify the validity of existing advice regarding the minimum dimensions of cartographic symbology for maps targeting modern, high-resolution smartphone screens, and develop updated guidelines reflecting the current state of technology. For this purpose, three user studies are conducted, in which the legibility of graphical elements related to cartographic symbology is tested on different mobile phone displays, representing the range of display resolutions that is currently available in the smartphone market.

Study 1 aims to assess the perceptual thresholds of participants for discriminating graphical elements related to a wide range of cartographic symbology (point icons, line features, and text labels), at decreasing size levels. The results and limitations of this initial study inform the methodology adopted for two subsequent studies. Study 2 investigates in detail the legibility of icons potentially used as point symbols on maps. For this purpose, a method to analyse sets of real-world cartographic icons is proposed and implemented, that facilitates the identification of subsets of “most similar” icons from such map icon collections. The identified subsets are then used to empirically assess the minimum size at which icons can be reliably discriminated, for four icons sets and two types of tasks – discriminating between the icons of the set when presented in isolation, and counting icons among similar icons on a map. Study 3 investigates the legibility of cartographic line symbology in more detail, in particular the capability of modern smartphone displays to accurately reproduce line symbols containing internally differentiated geometry to potentially communicate additional information, such as directional arrows or partial hachures. As in the second study, the legibility of line symbology is tested for two types of tasks: discriminating between line symbols presented in isolation, and counting lines of various kinds on a pseudo-map.

Studies 2 and 3 also test some initial ideas for exploiting the pixel structure of modern smartphone displays to optimize the legibility of map symbols. For Study 2, the effect of optimizing icon designs for ideal alignment with the pixel grid is tested, as well as an algorithmic approach to “shape difference amplification” of small map icons. For Study 3, the effect of placing highlights on arrows embedded in a line is tested, with the hypothesis that this may improve legibility at small sizes.

One objective of the work undertaken for this thesis is to propose practical advice for creators of maps, informed by the empirical assessment done in the three studies. Such advice is presented on three levels: General advice for map designers on the design and deployment of maps presented on screens; detailed recommendations for minimum dimensions of cartographic symbology, differentiated by display pixel density and visual acuity of the map user; and advice for practitioners who want to empirically verify the legibility of particular cartographic designs themselves.

The thesis concludes with a proposed definition of the term “minimum dimension” in the context of cartographic design, the discussions of practical implications and application ideas, a reflection on the limitations of the methodology and implementation of the presented studies, and an outlook on potential future research opportunities that may be informed or motivated by this thesis.