



MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Thematic Grid Maps“

Bestandsaufnahme vorhandener Techniken zur Darstellung von quantitativ, flächenhaften Geodaten und Wege zu einer repräsentativeren Visualisierung und Kommunikation in Form von „Thematic Grid Maps“.

verfasst von / submitted by

Florian Korn, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2019 / Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 066 856

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Kartographie und Geoinformation

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Karel Kriz

Inhalt

Inhalt.....	i
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	viii
Kurzfassung/Abstract	ix
Danksagung.....	x
1 Einleitung.....	11
1.1 Problemstellung.....	12
1.2 Motivation und Zielsetzung	13
1.3 Relevanz und Stand der Forschung.....	14
2 Forschungsfrage.....	16
3 Methodik.....	19
3.1 Struktur der Masterarbeit	20
3.2 Basisdaten.....	21
3.3 Verwendete Technologien und Software	22
3.3.1QGIS.....	22
3.3.2R & RStudio	23
3.3.3PHP.....	23
3.3.4MAPYRUS.....	24
3.4 Technischen Umsetzung	24
3.5 Ermittlung der Ergebnisse	24
4 Die Karte als Kommunikationssystem.....	26
4.1 Das Kommunikationsmodell nach Kolácný.....	27
4.1.1Die sieben Hauptfaktoren der kartographischen Kommunikation nach Kolácný	27
4.1.2Die sieben Phasen der kartographischen Kommunikation nach Kolácný.....	28
4.2 Transformationen von Information	29
4.2.1Kartenerstellung.....	29

4.2.2Kartennutzung	31
4.3 Auswirkungen auf den Informationsfluss	32
5 Datenvisualisierung und Informationstransport	34
5.1 Die graphische Verarbeitung von Information.....	35
5.1.15 Schritte zur Kommunikation durch Graphische Variablen	36
5.2 Qualitative und quantitative Darstellung.....	37
5.2.1Signaturen.....	38
5.2.2Signaturenmaßstab.....	41
5.3 Farbe in der Kartographie.....	42
5.4 Die topographische Grundlage.....	44
5.5 Karteninhalt lesen vs. Karteninhalt sehen	45
5.5.1Karten deren Inhalt man lesen muss	47
5.5.2Karten deren Inhalt man sieht.....	47
6 Choroplethenkarte und Weiterentwicklungen	49
6.1 Choroplethenkarte	50
6.1.1Allgemeines	51
6.1.2Die erste Choroplethenkarte erstellt von Charles Dupin	51
6.1.3Datenklassifikation und Auswirkung auf das Erscheinungsbild.....	56
6.1.4Raumeinheiten als Charakteristikum der Choroplethenkarte	68
6.1.5Defizite und Schwächen	69
6.1.6Abschließende Bewertung.....	77
6.2 Weiterentwicklungen	78
6.2.1Dasymetrische Karten.....	78
6.2.2Anamorphosen / Kartogramm	80
6.2.3Tile Map, Tile Grid Map und Grid Map	83
6.2.4Rasterbasierte Darstellungen	84
7 Thematic Grid Map	90
7.1 Begriffsbezeichnung und Charakteristika	90

7.2	Ablauf der Erstellung einer TGM	91
7.3	Datenbeschaffung und -aufbereitung	92
7.3.1	Datenbasis.....	93
7.3.2	Datenaufbereitung	94
7.4	Datenanalyse und -verarbeitung.....	94
7.5	Bestimmung der Referenzpunkte zur Rasteragggregation.....	95
7.5.1	1 – Referenzpunktmethode	95
7.5.2	N – Referenzpunktmethode.....	98
7.6	Daten mit Referenzpunkte verbinden.....	102
7.7	Rastererstellung.....	103
7.8	Daten auf Rasterzelle aggregieren.....	105
7.8.1	Rasteragggregation bei 1 – Referenzpunktmethode	106
7.8.2	Rasteragggregation bei N – Referenzpunktmethode	111
7.9	Daten Klassifizieren	119
7.10	Kartenerstellung und -veredelung	119
8	Ergebnisse.....	121
8.1	Auswirkungen durch Veränderung der Parameter	121
8.1.1	Rasterdefinition	121
8.1.2	Rasterweite	125
8.1.3	Referenzpunkte	130
8.1.4	Signaturenmaßstab.....	138
8.1.5	Klassifikation.....	143
9	Auswertung, Vergleich und Analyse.....	148
9.1	Regeln und Tendenzen zur Erstellung einer TGM.....	150
9.2	Vergleich zwischen TGM und Choroplethenkarte.....	155
9.3	Beantwortung der Forschungs- und Arbeitsfragen	159
10	Ausblick	163
11	Literatur	165

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur der Masterarbeit	20
Abbildung 2: Kommunikationsmodell nach Kolácný (vgl. Kolácný 1969).....	27
Abbildung 3: Bertins Idee der visuellen Variablen (Quelle: BERTIN 1974)	35
Abbildung 4: Sprechende Signaturen (Quelle: ROBERT 2010).....	39
Abbildung 5: Geometrische Signaturen (Quelle: ROBERT 2010)	39
Abbildung 6: Gruppen- und Kombinationsmöglichkeiten von geometrischen Signaturen (Quelle: ROBERT 2010)	39
Abbildung 7: Signaturenmaßstäbe im Vergleich (Quelle: ARNBERGER 1993).....	42
Abbildung 8: Der Farbkreis nach Johannes Itten (Quelle: WAGNER 2013)).....	43
Abbildung 9: Karte deren Inhalt man lesen muss vs. Karte deren Inhalt man sieht	47
Abbildung 10: Erste Choroplethenkarte, erstellt von Charles Dupin 1826 .(Quelle: KORYCKA-SKORUPA et al. 2017).....	53
Abbildung 11: Gegenüberstellung der Werte (absolut vs. normalisiert)(Auszug)(Quelle: KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017).....	54
Abbildung 12: Beziehung zwischen Einfärbung und Wert von Bertins Choroplethenkarte (Quelle: KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017): Eigene Bearbeitung.....	55
Abbildung 13: Schematischer Ablauf einer Klassifizierung (vgl. Dent 1996:128)	56
Abbildung 14: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Standard Deviation“	58
Abbildung 15: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Standard Deviation"	58
Abbildung 16: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Quantile“	60
Abbildung 17: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Quantile"	60
Abbildung 18: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Equal Interval“	62
Abbildung 19: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Equal Interval"	62
Abbildung 20: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Natural Breaks“	64
Abbildung 21: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Natural Breaks"	64

Abbildung 22: EU Wahl 2019: Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Critical Value“	66
Abbildung 23: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Critical Value"	66
Abbildung 24: Nicht klassifizierte Choroplethenkarte.....	67
Abbildung 25: Unterteilung des Untersuchungsgebietes in administrative Einheiten (Quelle: GITTA 2017:57).....	70
Abbildung 26: Einteilung des Untersuchungsgebietes in Rasterzellen (Quelle: GITTA 2017:58).....	70
Abbildung 27: Ergebnis der US - Wahlen 2016 (Quelle: Welt 2016)	71
Abbildung 28: Beispiel für Überbetonung großer Gebiete anhand der EU Wahl 2019.....	72
Abbildung 29: Bevölkerungsverteilung Österreichs auf Basis von Politischen Bezirken (Quelle: WONKA 2010).....	74
Abbildung 30: Bevölkerungsverteilung Österreichs auf Basis von 2,5 km Rasterzellen (Quelle: WONKA 2010).....	74
Abbildung 31: Absolutwert- und Relativwertdarstellung im Vergleich (Quelle: BURGDORF 2009)	76
Abbildung 32: Verfahren bei dasymetrischer Karte (Quelle: Jhammond21 2012).....	78
Abbildung 33: "Dasymetric dot density" der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019).....	79
Abbildung 34: Anamorphosen- und Choroplethendarstellung im Vergleich (Quelle: GAMINO 2016).....	80
Abbildung 35: Nicht zusammenhängende Anamorphose der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019).....	81
Abbildung 36: Zusammenhängende Anamorphose der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019).....	82
Abbildung 37: Dorling Kartogramm der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019)	82
Abbildung 38: Tile Maps im Vergleich mit der Choroplethendarstellung (Quelle: DEBELLUS 2015).....	83
Abbildung 39: Bubble-Grid Map von Schöley (Quelle: SCHÖLEY 2018).....	85
Abbildung 40: Binning von Punktdaten (Quelle: FIELD 2012)	86
Abbildung 41: Beispiele von Hexagonalbinning - Ergebnissen (Quelle: SMITH 2012).....	86
Abbildung 42: Administrative Einheit vs. Raster (Quelle: WONKA et al. 2009)	88
Abbildung 43: Workflow zur Erstellung der TGM.....	92

Abbildung 44: Wege der Erstellung von Referenzpunkten.....	95
Abbildung 45: Referenzpunkte im Vergleich	96
Abbildung 46: Referenzpunkt mit 2,5km Raster.....	97
Abbildung 47: Referenzpunkte mit 5km Raster.....	97
Abbildung 48: Referenzpunkte mit 7,5km Raster.....	98
Abbildung 49: Referenzpunkte mit 10km Raster.....	98
Abbildung 50: Multiple Referenzpunkte im Vergleich.....	99
Abbildung 51: Referenzpunkte mit prozentualer Aufteilung.....	99
Abbildung 52: Multiple Referenzpunkte mit 2,5km Raster	100
Abbildung 53: Multiple Referenzpunkte mit 5km Raster	100
Abbildung 54: Multiple Referenzpunkte mit 7,5km Raster	101
Abbildung 55: Multiple Referenzpunkte mit 10km Raster	101
Abbildung 56: Verhältnis zwischen Rasterzellengröße und Größe der administrativen Einheiten	105
Abbildung 57: Schematischer Ablauf der Wertübertragung von Polygon zu Rasterzelle	105
Abbildung 58: Summe abgegebener Stimmen auf 5 km Rasterbasis.....	116
Abbildung 59: Summe abgegebener Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis.....	117
Abbildung 60: Summe abgegebener Stimmen auf 10 km Rasterbasis.....	118
Abbildung 61: Referenzpunkte in Wien zur Rastererstellung im Vergleich.....	122
Abbildung 62 Ergebnis mit geometrischem Zentrum von Graz als Referenzpunkt.....	123
Abbildung 63: Ergebnis mit geometrischem Zentrum von Wien als Referenzpunkt.....	123
Abbildung 64: Ergebnis mit politischem Zentrum von Wien als Referenzpunkt	124
Abbildung 65: Gerrymandering visualisiert (Quelle: INGRAHAM 2015)	125
Abbildung 66: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 5 km Rasterweite	126
Abbildung 67: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 7,5 km Rasterweite	128
Abbildung 68: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 10 km Rasterweite	128
Abbildung 69: Ein thematischer Referenzpunkt je Gemeinde	131
Abbildung 70: Verteilung der thematischen Referenzpunkte in Wien	131

Abbildung 71: Ein geometrischer Referenzpunkt je Gemeinde.....	133
Abbildung 72: Verteilung der geometrischen Referenzpunkte in Wien	133
Abbildung 73: Multiple geometrischen Referenzpunkte mit prozentualer Aufteilung.....	135
Abbildung 74: Verteilung der multiplen geometrischen Referenzpunkte in Wien	135
Abbildung 75: Verteilung von geometrischen Referenzpunkte im Vergleich	136
Abbildung 76: Gesamtes Histogramm der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis.....	138
Abbildung 77: Ausschnitt des Histogramms (0-20000) der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis	139
Abbildung 78: Ausschnitt des Histogramms (0-10000) der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis	140
Abbildung 79: Ergebnis mit streng-proportional gestuftem Maßstab.....	141
Abbildung 80: Ergebnis mit willkürlichem Signaturenmaßstab	141
Abbildung 81: Signaturengröße (Natural Breaks), Signaturenfarbe (Natural Breaks)	144
Abbildung 82: Signaturengröße (Quantile), Signaturenfarbe (Quantile).....	144
Abbildung 83: Signaturengröße (Natural Breaks), Signaturenfarbe (Quantile).....	146
Abbildung 84: Signaturengröße (Quantile), Signaturenfarbe (Natural Breaks).....	146
Abbildung 85: Thematic Grid Map	148
Abbildung 86: Geringer Flächenfaktor	151
Abbildung 87: Hoher Flächenfaktor	151
Abbildung 88: EU - Wahl 2019: Choroplethenkarte auf Gemeindebasis	153
Abbildung 89: TGM mit Gemeindedaten als Daten- und 5km Rasterbasis.....	153
Abbildung 90: EU - Wahl 2019: Choroplethenkarte auf Bezirksbasis	154
Abbildung 91: TGM mit Bezirksdaten als Daten- und 7,5km Rasterbasis	154
Abbildung 92: Bezirksflächen im Vergleich.....	156

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Werteüberführung mittels 1 - Referenzpunktmethode	102
Tabelle 2: Werteüberführung mittels N - Referenzpunktmethode	102
Tabelle 3: Rasteraggregation: 1-Referenzpunkt.....	107
Tabelle 4: Ergebnisse der Rasteraggregation von Qualitäten der 1 - Referenzpunktmethode	109
Tabelle 5: Ergebnis der Rasteraggregation der 1 - Referenzpunktmethode	110
Tabelle 6: Rasteraggregation: N - Referenzpunkte	111
Tabelle 7: Rasteraggregation: N - Referenzpunkte inklusive Gewichtung	112
Tabelle 8: Ergebnisse der Rasteraggregation von Qualitäten bei der N - Referenzpunktmethode	114
Tabelle 9: Ergebnis der Rasteraggregation bei der N - Referenzpunktmethode	115
Tabelle 10: Kennzahlen der Daten auf 7,5 km Rasterbasis.....	138
Tabelle 11: Vergleich von Bezirkswerten.....	155

Kurzfassung/Abstract

Eine Karte ist ein abstrahierendes und zugleich anschauliches Modell aus graphischen Zeichen, das Teile des oberflächennahen Bereichs der Erde bzw. Georaumes darstellt. Sie ist ein Modell der Realität und wie jedes Modell vereinfacht und verallgemeinert die Karte die Wirklichkeit zweckbezogen. Karten stellen ein vereinfachtes und verzerrtes Bild der Realität dar und haben einen informativen, kommunikativen als auch ästhetischen Anspruch. Der Transport der Informationen wird durch kartographische Grundtechniken und der Karte als Medium ermöglicht. Eine Repräsentationsmethode, welche seit langem als meist verwendete zur Visualisierung von quantitativen Geodaten gilt, ist die Choroplethenkarte. Doch auch diese Technik hat Schwächen und Defizite und führt bei ungeeigneter Anwendung zu unzureichender oder verfälschter Informationsgewinnung beim Kartenleser. Im Zuge des kartographischen Kommunikationsprozesses, welcher ein komplexes Konstrukt aus Akteuren, Transformationsprozessen und Phasen bildet, sollen Informationen vom Kartographen zum Rezipienten transportiert werden. Der Informationsgewinn des Rezipienten steht als übergeordnetes Ziel einer Kartenerstellung und durch Weiterentwicklungen versuchen Kartographen, Defizite und Schwächen bestehender Kartentechniken zu beseitigen um verbesserte Repräsentationsmethode zu erstellen. Die Thematic Grid Map soll hier als Alternative zur Choroplethenkarte den Informationsfluss bei flächenhaften sowie punkthaften Geodaten verbessern. Sie ist eine Repräsentationsmethode, welche Signaturen auf Rasterbasis abbildet und mehrere Ebenen visualisieren kann. Sie ist eine Kombination aus bekannten Techniken und kartographischen Grundprinzipien. Im Zuge dieser Arbeit wird evaluiert, ob diese Technik die Defizite der Choroplethenkarte beseitigen bzw. als alternative Kartentechnik dienen kann und sie im Kontext der Kommunikation eines Sachverhaltes als bessere Methode angesehen werden kann.

A map is an abstract model of graphical signs that represents parts of the near-surface region of the earth or geospace. It is a model of reality, and like any model, the map simplifies and generalizes the reality. Maps represent a simplified and distorted image of reality and claim an informative, communicative as well as aesthetic use. The transport of the information is made possible by basic cartographic techniques and the map as a medium. A representation method that has long been considered to be the most commonly used to visualize quantitative geodata is the choropleth map. But even this technique has weaknesses and deficits and misuse leads to insufficient or falsified information retrieval at the side of the recipient. In the course of the cartographic communication process, which forms a complex construct of actors, transformation processes and phases, information gets transported from the cartographer to the recipient. The recipient's information gain is the overarching goal of map making and, through advancements, cartographers are attempting to eliminate deficiencies and weaknesses of existing map techniques in order to create improved representation methods. As an alternative to the choropleth map, the Thematic Grid Map is intended to improve the flow of information of spatial data. It is a representation method that depicts grid-based signatures and can visualize multiple layers. It is a combination of known techniques and basic cartographic principles. In the course of this work, it will be evaluated whether this technique can eliminate the deficits of the choropleth map or serve as an alternative map technique and can be regarded as a better method in the context of communicating a situation.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich zwei Gruppen besonderen Dank aussprechen. Erstere ist jene, welche mich im Zuge meiner Studien am Institut für Geographie und Regionalforschung begleitet haben. Hierbei möchte ich das Lehrpersonal und meine Studienkollegen hervorheben. Ich konnte unheimlich viel lernen, nicht nur in Kursen, Vorlesungen oder Seminaren sondern auch bei Diskussionen und Arbeiten mit meinen Kollegen. Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei Mag. Dr. Karel Kriz bedanken, welche mir die Möglichkeit einer Stelle als studentischer Mitarbeiter am selbigen Institut geebnet hat. Hier kann ich seit April 2018 an mehreren Projekten mitwirken, mich weiterentwickeln und mein Wissen einbringen. Letztendlich hat diese Position auch den Weg zu dieser Arbeit geebnet. Zusätzlich möchte ich mich bei Mag. Dr. Alexander Pucher bedanken, von welchem ich in dieser Zeit vor allem in zahlreichen Diskussionen und Brainstormings, Denkanstöße und auch Feedback zu Bereichen dieser Arbeit bekommen habe. Auch meinen weiteren Kollegen möchte ich an dieser Stelle für ihre Hilfe, Diskussionen und Denkanstöße danken. Insgesamt bot mir das Institut für Geographie und Regionalforschung sowie die Stelle als studentischer Mitarbeiter tolle Rahmenbedingungen um die Themen die mich immer interessierten, studieren zu können und dieses Arbeit umsetzen zu können.

Als nächstes möchte ich mich bei meinen Freunden und meiner Familie bedanken. Besonders meine Eltern, Alexander und Veronika, möchte ich dabei hervorheben, dessen Traum es immer war studieren zu können, es ihnen jedoch leider nicht ermöglicht wurde. Mir haben sie diese Möglichkeit gegeben und mich dabei in jeglichen Bereichen von Anfang bis Ende unterstützt und immer an mich geglaubt. Ohne sie wäre ich nicht da wo ich bin.

Meinen Brüder, Markus und Lukas, die nicht nur Brüder sondern auch Freunde sind und mir wo sie nur können helfen, möchte ich ebenfalls für ihre Unterstützung danken.

Ein ganz wichtiger Dank gebührt meiner Frau Luz. Ich lernte sie kurz vor Beginn meines Masterstudiums kennen und seither steht sie Tag für Tag an meiner Seite und unterstützte mich in jeglichen Situationen. Sie gibt mir den Ausgleich und die Ruhe den ich in den stressigen Zeiten benötige. Auch in den schwierigsten Zeiten bringt sie mich zum Lachen und zeigt mir was die wichtigsten Dinge im Leben sind. Ich freue mich nun auf einen neuen Lebensabschnitt den ich mit ihr beginnen kann.

1 Einleitung

Eine Karte ist ein abstrahierendes und zugleich anschauliches Modell aus graphischen Zeichen, das Teile des oberflächennahen Bereichs der Erde bzw. Georaumes darstellt. Sie ist ein Modell der Realität und wie jedes Modell vereinfacht und verallgemeinert die Karte die Wirklichkeit zweckbezogen. Eine Karte gibt somit immer ein verzerrtes Bild der Realität wieder. Bei jedem Kartenerstellungsprozess werden Sachverhalte der Realität transformiert, Daten werden selektiert und manipuliert. Bei der Visualisierung dieser Daten wird wichtiges betont, unwichtiges weggelassen und weiter generalisiert. Das folgende Zitat betont ebenfalls, dass es für den Kartographen nicht möglich ist, die Erde bzw. Sachverhalte der Realität ohne Transformationsprozesse auf einer Karte darzustellen.

“We cannot proceed from the Earth to the map without transforming the elements present on the Earth and those depicted on the map.” (CAUVIN et al. 2010:xxi)

In diesem Prozess versucht der Kartograph mit der Karte als Medium die Realität so gut es geht dem Kartenleser zu kommunizieren, wobei die Realität massiv vereinfacht werden muss. Ziel der kartographischen Kommunikation ist es, Informationen über Karten und kartenbezogene Objekte zu transportieren und auszutauschen. (vgl. KRIZ 2013:9) Der Kartenleser soll durch das Lesen der Karte Erkenntnisse gewinnen, Schlussfolgerungen ziehen und die Realität interpretieren können. Diese Interpretationen können zu Emotionen und Handlungen seitens des Kartenlesers führen. Diese Teilprozess können als Teile eines gesamtheitlichen kartographischen Kommunikationsprozess betrachtet werden. Der kartographische Kommunikationsprozess wird durch zwei Hauptakteure, dem Kartenautor und dem Kartenleser, sowie durch mehrere Phasen definiert. (vgl. KOLÁČNÝ 1969:47) Die Karte dient dem Kartographen als Medium um Informationen transportieren zu können. Wie sich ein Autor beim Schreiben eines Buches der Sprache bedient, so bedient sich der Kartograph der kartographischen Grundprinzipien zur graphischen Verarbeitung von Informationen bei der Erstellung einer Karte. (vgl. ROBINSON et al. 1975:7) Die korrekte Anwendung der kartographischen Grundprinzipien spielen dabei eine wichtige Rolle. Die kartographische Methodenlehre bietet eine Vielzahl an Repräsentationsmethoden an, welche die Informationen während des Kommunikationsprozesses tragen, jedoch können falsch eingesetzte Techniken das Gegenteil des Zieles bewirken – Informationen werden manipuliert und der Kartenleser nimmt verfälschte Informationen in seinem Bewusstsein als Richtig auf. Hier ist auch zu betonen, dass diese Verfälschung bzw. Manipulation auf Seiten des Kartographen auch unwissend und durch fehlerhafte Nutzungen von kartographischen Techniken passieren kann. In diesem Sinne sollte das übergeordnete Ziel eines jeden Kartographen sein, Themen mit der Karte als Medium dem Kartenleser optimal zu übermitteln.

Trotz der Vielzahl an kartographischen Visualisierungsmöglichkeiten wird in der kartographischen Praxis in den meisten Fällen auf die Choroplethenkarte zurückgegriffen. Der Begriff „Choroplethenkarte“ ist aus dem angelsächsischen Sprachraum übernommen. Im deutschen Sprachraum wird diese Technik auch als Flächenkartogramm bzw. Flächenwertstufenkarte bezeichnet. Sie ist die am häufigsten verwendete Technik um

flächenhafte thematische Geodaten darzustellen. (vgl. SKOWRONNEK 2015:1) Sie wird von der International Cartographic Association (ICA) als eine kartographische Repräsentationsmethode definiert, bei der eine bestimmte Farbe oder Schattierung verwendet wird, die in der Regel auf statistische oder administrative Bereiche angewandt werden. (vgl. ICA 2019)

Gleich zu Beginn wird darauf hingewiesen, dass aus Gründen der leichteren Lesbarkeit in der vorliegenden Masterarbeit die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet wird. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

1.1 Problemstellung

Choroplethenkarten haben sich nach ihrem erstmaligen Auftreten im Jahr 1826 fest in der Kartographie etabliert. Der Franzose Charles Dupin gilt als der erste, der diese Technik angewandt hat. Seine Choroplethenkarte, welche mittels Grauschattierung die Bildungsstände Frankreichs in administrativen Einheiten visualisiert, geht als erste bekannte Choroplethenkarte in die Geschichte der Kartographie ein. (vgl. SKOWRONNEK 2015:1) Alleinig der Fakt, dass bis zum Jahr 2002, in ca. 45 Jahren mehr als 70 Fachartikel zu Choroplethenkarten publiziert wurden, stellt diese Technik in den Vordergrund. (vgl. BREWER et al. 2002:662) Unstreitbar ist, dass die Anwendung dieser Technik in vielen Fällen ihre Berechtigung findet, dennoch kann diese Visualisierung bei genauerer Betrachtung auch Probleme mit sich bringen, da sie, obwohl oft benutzt oftmals inadäquat und irreführend ist. (vgl. CRAMPTON 2004:41)

Ein Hauptproblem der Choroplethenkarte ist es, dass große Gebiete überbetont werden. Sie erhalten eine sehr starke visuelle Gewichtung und treten besonders in den Fokus des Betrachters. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Durch diese visuelle Gewichtung erhalten kleine Untersuchungsräume geringere Beachtung, wenngleich sie einen hohen Anteil der Gesamtdaten repräsentieren. Choroplethenkarten sollten des Weiteren, im Gegensatz zur Praxis, nicht verwendet werden, wenn die Daten nicht eindeutig administrativen Einheiten zugeordnet werden können. Geographische Daten, welche auf natürliche Art und Weise kontinuierlich sind, sollten ebenfalls nicht mit Choroplethenkarten visualisiert werden, da sie nicht von politisch-administrativen Einheiten und deren Subeinheiten kontrolliert werden. (vgl. DENT 1996:125) Beispielhaft wären hier Naturphänomene genannt, wie etwa die Ausbreitung von Pflanzenpopulationen. Ein zusätzliches Problem der Visualisierung auf Basis administrativer Einheiten stellt die innerregionale Variation der Daten dar. Dies ist besonders relevant, wenn der größte Teil der Datenwerte auf Agglomerationen (z. B. Großstädte in ansonsten weniger dicht besiedelten Ländern) entfällt. Choroplethenkarten deuten somit auf eine Einheitlichkeit der Daten im Raum hin. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Eine Einheitlichkeit der Daten im Raum ist in vielen Fällen nicht gegeben und es wird somit unzulässig diese Aussage kommuniziert. Traditionell ist es des Weiteren nicht akzeptabel Absolutwerte darzustellen. (vgl. DENT 1996:125) Als Ausnahme können

Untersuchungsgebiete mit administrativen Einheiten gleicher Größe, etwa Rasterkarten, genannt werden. Wird die Choroplethenkarte auf Absolutwerte angewendet, so werden auf unzulässige Weise die Daten mit der Bezugsflächengröße multipliziert. (vgl. BURGDORF 2009:690) Die Repräsentation von Absolutwerten mittels Flächeneinfärbung ist somit nicht zulässig. Das folgende Zitat betont dies mit aller Kraft.

„Eine der wichtigsten Regeln in der thematischen Kartographie ist daher die Beschränkung von Choroplethenkarten auf relative Werte.“ (BURGDORF 2009:690)

Angeichts der Defizite von Choroplethenkarten, entstand in den letzten Jahrzehnten eine lebhafte Debatte im wissenschaftlichen kartographischen und geographischen Bereich, wie diese Mängel gelöst werden können und welche die optimale alternative Technik dafür wäre. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Aus diesem Grund wurden verschiedene Techniken entwickelt um diese Probleme zu beseitigen und die Visualisierung und Kommunikation eines Sachverhaltes zu vereinfachen und verbessern. Beispielhaft wären hier Kartogramme bzw. kartographische Anamorphosen, dasymetrische Karten, Grid-Maps oder Tile Grid-Maps zu nennen.

Eine Kartenform, welche im wissenschaftlichen Kontext bis jetzt keine Nennung findet, wäre die sogenannte Thematic Grid Map, im Folgenden TGM genannt. Sie ist ein Repräsentationsform, welche in dieser Arbeit kreiert und in weiterer Folge noch genauer definiert wird.

1.2 Motivation und Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, die erwähnten Defizite der Choroplethenkarte in die Erstellung der TGM einfließen zu lassen und dadurch eine alternative Kartentechnik bereitzustellen, in Fällen wo die Technik der Choroplethenkarte an ihre Grenzen stößt. Die TGM soll bestehenden Techniken nicht verdrängen, sondern besonders in den Bereichen, wo die Choroplethenkarte ihre Mängel aufzeigt, als alternative dienen und den Informationstransport im Zuge des kartographischen Kommunikationsprozesses verbessern.

Der kartographische Kommunikationsprozess kann in diesem Sinne als Informationsfluss verstanden werden und durch verschiedene Techniken und Visualisierungen zum Ausdruck gebracht werden. In diesem Kontext wird vor allem auf die weit verbreitete und viel genutzte Darstellungsform der Choroplethenkarte eingegangen und deren Nachteile offengelegt und analysiert. Es werden auch Weiterentwicklung und Alternativen der Choroplethenkarte analysiert und verglichen. Als Herzstück dieser Arbeit wird jedoch die Erstellung der TGM angesehen, welche durch eine rasterbasierte Darstellung charakterisiert ist. Durch die Kombination aus quantitativen und qualitativen Informationen, welche durch verschiedene Signaturenausprägungen kommuniziert werden, soll der Informationsfluss während des kartographischen Prozesses optimiert werden und die Informationen dem Rezipienten mit einer möglichst geringen Transformation und Abstraktion übermittelt werden.

Mithilfe der TGM soll das Ziel, Sachverhalte der Realität bzw. Daten und Informationen, mithilfe der Karte als Medium, realitätsnah dem Kartenleser zu kommunizieren, erreichen. Wie bereits erwähnt, findet die TGM in der fachbezogenen Literatur als diese keine Erwähnung und ist ein Begriff welcher in dieser Arbeit kreiert und in weiterer Folge noch genauer definiert wird. Die Techniken und Einsatzmöglichkeiten von Bestandteile dieser, werden jedoch in verschiedenen Fachartikel sowie Basisliteraturen erwähnt und beschrieben. Vor allem in Onlineportalen sowie Programmierbibliotheken gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, Komponenten der TGM bzw. alternative Kartenform zu erstellen. Der theoretische fachliche Hintergrund sowie die Auswirkungen auf den Informationstransport wird hier jedoch meist vernachlässigt. Die Verknüpfungen und Kombinationen der Einzelteile, die schlussendlich zur TGM führen wie sie in dieser Arbeit präsentiert wird, werden hier ebenso nicht erwähnt. Insgesamt birgt diese Darstellungsform jedoch hohes Potenzial in sich.

Die Erstellung eines nachvollziehbaren Workflows zur Erstellung der TGM nimmt einen wichtigen Bestandteil dieser Arbeit ein. Dieser Workflow besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

- Der Datenverarbeitung
- Der Rastererstellung und -aggregation
- Der Kartenerstellung und -veredelung

Die Technik der TGM soll es ermöglichen, Kartenprodukte aus Rohdaten verschiedener Ausprägungen erstellen zu können. Weiters soll es möglich sein, die Datenbasis einer Choroplethenkarte zu Erstellung heranzuziehen. Dadurch können aus identen Daten unterschiedliche Kartenendprodukte erstellt werden. Zusätzlich wird es wichtig sein, vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Das heißt, dass Choroplethenkarten und die TGM verschiedener Ebenen verglichen werden können. Die gesteigerte Komplexität der TGM ermöglicht auch eine Vielzahl an kartographischen Endprodukten durch unterschiedliche Parametereinstellungen zu generieren. Es werden die Auswirkungen dieser untersucht und interpretiert. Daraus sollen Aussagen zu den Zusammenhängen der Parameter sowie Regeln zu den optimalen Einstellungen zur Erstellung einer TGM generiert werden. Schlussendlich sollen die Vergleich der Kartenendprodukte zu Aussagen bezüglich des Informationsflusses führen.

1.3 Relevanz und Stand der Forschung

Bei der Übermittlung von Information mit der Karte als Medium kann man von einen geographischen Informationskommunikationsprozess sprechen. (vgl. DENT 1996:11) Und so wie die meisten Autoren von einem Leser ausgehen, wird bei der Erstellung der meisten Karten ein Betrachter vorausgesetzt, dem die Karte Informationen übermittelt, welcher üblicherweise als Rezipient bezeichnet wird. (vgl. ROBINSON et al. 1975:7) Die Realität wird vom Kartographen abstrahiert und als Karte dargestellt. In diesem Prozess kommt es zu Transformationen, welche die komplexen Rohdaten vereinfacht kommunizieren sollen.

Die Karte dient als Medium. Falsch angewendete kartographische Techniken können jedoch schnell zum Gegenteil führen: der Rezipient nimmt die Informationen stark differenziert verglichen zur Realität wahr. Der Forschungsstand hinsichtlich des Kommunikationsprozesses kann als weit fortgeschritten bewertet werden. Der Kommunikationsprozess ist ein Modell, welches in verschiedenen Disziplinen Anwendung findet. In Arbeiten von KOLÁČNÝ 1969 oder etwa ROBINSON 1975 wird dieser im Kontext der kartographischen Kommunikation genau beschrieben. Die Verbindung bestehender Techniken, wie etwa der Choroplethenkarte, d.h. die Isolation fälschlich eingesetzter Methoden welche im Zuge des Kommunikationsprozesses Informationen nicht optimal weitergeben, finden sich in der Fachliteratur nur wenig. Die kritische Auseinandersetzung und Bewertung dieser Technik ist ein wichtiger Prozess in dieser Arbeit. Bezüglich der Choroplethenkarte als kartographische Visualisierungstechnik gibt es weitreichende wissenschaftliche Auseinandersetzungen. Das Ziel der Weitergabe an Information ist das übergeordnete jeder Karte. Die Erstellung der TGM soll dies garantieren. Mit der neuen Prägung des Begriffes findet sie sich bisher nicht in der Literatur. Es werden bestehende Techniken kombiniert, optimiert und mit Kommunikationslehren, wie dem Kommunikationsprozess, bewertet. Ein wichtiger Bestandteil im Workflow der TGM ist es, die Daten auf Basis der administrativen Einheiten, also flächenhafte Daten, zu Daten auf Basis von Rasterzellen zu transformieren. Bestehende Techniken wie etwa der Rasterungen von statistischen Raumeinheiten (WONKA et al. 2009), der Disaggregation von Bevölkerungsdaten (BURGDORF 2009, TÖPSCH 2009 & BATISTA e SILVA et al. 2013) beschäftigen sich mit alternativen Darstellungen auf Rasterbasis. Bei der Erstellung der TGM wird jedoch ein anderer Weg gegangen. Die flächenhaften Daten werden mittels Referenzpunkten den Rasterzellen zugeordnet. Hierfür ist eine intensive Auseinandersetzung der einzelnen Rechenschritte, auch unter Beachtung verschiedener Datenausprägungen notwendig. Visualisiert werden sollen diese Ausprägungen durch geometrische Signaturen. Die thematischen Ausprägungen von Signaturen und Konzepte der kartographischen Farbenlehre (ARNBERGER 1966 und 1993 & IMHOF 1972) werden in der Basisliteratur ausführlich beschrieben. Die Relevanz und Motivation dieser Arbeit besteht primär darin, eine alternative Erstellungstechnik zu bestehenden Techniken zu entwickeln. Des Weiteren können durch Vergleiche der neuen Technik und der schon lange bestehenden Choroplethenkarte Aussagen über Transformations- und Manipulationsprozesse sowie Inhalte der Aussagen des finalen Kartenproduktes getätigt werden.

Die Problemstellung, welche dieser Arbeit vorangeht, zeigt, dass die stetig Weiterentwicklungen und Entwicklungen kartographischer Techniken durchaus als ein sehr relevanter Bereich in der Kartographie und Geoinformation angesehen werden kann. Um Aussagen über die Ziele dieser Arbeit erstellen zu können, wurde eine entsprechende Forschungsfrage aufgestellt.

2 Forschungsfrage

Die Auseinandersetzung mit dem kartographischen Kommunikationsprozess, dem Aufzeigen der Schwächen und Defizite von Choroplethenkarten sowie der Überwindung dieser in Form einer TGM stellt das übergeordnete Ziel dieser Arbeit dar. Zur Erfüllung dieses Zieles wurde eine übergeordnete Forschungsfrage formuliert, deren gerechte Beantwortung durch vier untergeordnete Arbeitsfragen garantiert werden soll.

Forschungsfrage:

Kann die Darstellungsform „Thematic Grid Map“ den Kommunikationsfluss eines Sachverhaltes und den Informationsgewinn des Rezipienten optimieren und sie im Vergleich zur klassischen Choroplethenkarte als verbesserte Darstellungsform bewertet werden?

Die aus der Problemstellung abgeleitete Forschungsfrage stellt den Kommunikationsfluss innerhalb des kartographischen Prozess von Choroplethenkarten und der neu entworfenen TGM gegenüber. Der kartographische Prozesse und Kommunikationslehren werden dafür theoretisch aufgearbeitet. Zusätzlich müssen Defizite der Choroplethenkarte, welche in verschiedenen Anwendungsfällen zum Vorschein kommen, charakterisiert und isoliert werden. Die Charakterisierung dieser steht als Basis für die Analysen der Vergleiche zwischen den beiden Erstellungstechniken. Die TGM soll diese Defizite überwinden und den Kommunikationsfluss verbessern. Das heißt vor allem, dass zugleich mehr Information mit geringerer Transformation transportiert wird und dadurch indirekt auf den Erkenntnisgewinn des Rezipienten geschlossen werden kann. Dazu bedarf es der Erstellung einer TGM mit einer fundierten theoretischen Basis des Workflows und allen notwendigen Schritten um von Rohdaten bzw. von bestehenden Choroplethenkarte zu einer TGM zu gelangen. Nach diesem Prozess können Choroplethenkarte und TGM, erstellt aus identen Rohdaten verschiedener Ebenen, verglichen werden.

Arbeitsfrage 1:

Kann durch die Darstellungsmethode „Thematic Grid Map“ Manipulation und Misskommunikation, wie sie bei Choroplethenkarten durch starre Aufteilung in Raumeinheiten entstehen können, beseitigt werden?

Die Aufteilung eines Untersuchungsgebietes in administrative oder statistische Subeinheiten stellt ein Hauptelement der Choroplethenkarte dar. Im Zuge dieser Arbeitsfrage soll dieses Element der Choroplethenkarte aufgearbeitet werden und Schwachstellen genau beschrieben werden. Während der Kartenerstellung kommt es zu Transformationen und auch unbeabsichtigter Manipulationen der Ausgangsdaten, welche den Kommunikationsfluss beeinflussen. Die TGM geht von Rasterzellen als Raumeinheit der Datenbasis und Visualisierungsquelle aus und stellt somit einen vollständig unterschiedlichen Weg der Datenvisualisierung gegenüber der Choroplethenkarte dar. Durch gefestigte theoretische Aufarbeitungen und einem Vergleich soll letztendlich überprüft werden, ob eine TGM diese Manipulation und Misskommunikation reduzieren

kann. Die Ergebnisse des Vergleiches werden zur Beantwortung der Arbeitsfrage herangezogen und stellen einen essentiellen Teil zur Verifizierung der Forschungsfrage dar.

Arbeitsfrage 2:

Welche Vor- und Nachteile weist die Darstellungsmethode TGM, hinsichtlich der Repräsentierbarkeit der Daten und dem Erkenntnisgewinn des Nutzers, im Vergleich zur klassischen Choroplethenkarte auf?

Im Zuge dieser Arbeitsfrage sollen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Choroplethenkarte als Darstellungsmethode herausgearbeitet werden. Beginnend von ihrem ersten Erscheinen werden die Charakteristika der Choroplethenkarte beschrieben. Zusätzlich werden Alternativen sowie Weiterentwicklungen analysiert. Ein wichtiger Zugang dabei ist die Vorarbeit der Datenklassifikation sowie die Verbindung der Daten mit Raumeinheit, wodurch sie letztendlich dargestellt werden. Infolge dessen werden die Defizite und Schwächen charakterisiert, diskutiert und mit Beispielen visuell aufbereitet. All dies wird mit dem Kommunikationsfluss sowie dem letztendlichen Erkenntnisgewinn des Rezipienten in Verbindung gebracht. Auf Basis dessen wird ein Vergleich mit den Analyseergebnissen der TGM hergestellt, um Aussagen und Beantwortungen auf diese Arbeitsfrage zu formulieren.

Arbeitsfrage 3:

Welche Rastergrößen können mit verfügbaren Bevölkerungsdaten gewählt werden, um eine repräsentative Thematic Grid Map zu erstellen?

Die Erarbeitung dieser Arbeitsfrage wird als besonders wichtiger Teil der Datenaufbereitung bei der Erstellung der TGM angesehen. Als optimale Datengrundlage kann eine genaue Lokalisation jedes Datenpunktes angesehen werden, unabhängig von politischen oder administrativen Verwaltungseinheiten. Diese Punktdaten können infolge je Rasterzelle summiert werden. Mit dieser Datenbasis könnte, unter Anbetracht der Lesbarkeit, eine beliebige Rastergröße gewählt werden. Die Realität der Datenbasis und -verfügbarkeit ist jedoch differenziert und wird im Zuge der Beantwortung dieser Frage evaluiert. Bei der Erstellung der TGM werden die Daten mittels Referenzpunkte auf Rasterzellen aggregiert. Infolge wird es wichtig zu bewerten sein, wie die optimalen Zusammenhänge zwischen Rasterweite, Größe der administrativen Einheiten sowie Anzahl der Referenzpunkte aussehen. Insbesondere wird zu bewerten sein, bei welchen Kombinationen ein repräsentatives Endprodukt erstellt werden kann.

Arbeitsfrage 4:

Welche optimalen Prozesse gibt es, um einerseits von bestehenden Choroplethenkarten und andererseits von Rohdaten, Thematic Grid Maps zu erstellen?

Durch die Beantwortung dieser Arbeitsfrage soll festgestellt werden, wie ein optimierter Prozess zur Erstellung der TGM aussehen kann. Die Beantwortung der Arbeitsfrage 3 stellt hierfür eine wichtige Basis dar. Das Evaluieren der Datenbasis und -verfügbarkeit geht der

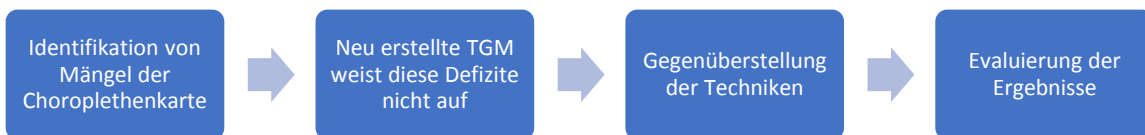
Erstellung voran. Es wird ebenfalls spannend zu evaluieren sein, auf welche Wege TGM von bestehenden Choroplethenkarten abgeleitet werden können. Methoden der Überführung von auf administrative Einheiten bezogene Daten auf die Rasterzellen verschiedener Rasterweiten mittels Referenzpunkte werden beschrieben und evaluiert. Ein wichtiger Teil der Erstellung der TGM besteht auch in der Evaluierung der Komponenten der thematischen Visualisierung. Dabei soll bewertet werden, welche Signaturen verwendet werden können sowie welche Ausprägungen diese besitzen und wie viele Thematiken durch unterschiedliche Ausprägungen visualisiert werden können um einen Sachverhalt gerecht kommunizieren zu können. Die Gefahr der „Überladung der Karte durch Information“ soll abgewendet werden. Eine optimale Informationsweitergabe von Rohdaten hin zum Rezipienten mit der TGM als Medium ist das übergeordnete Ziel.

Um die Forschungs- und Arbeitsfragen beantworten zu können benötigt es einerseits einen theoretischen – und andererseits einen praktischen Teil. Der theoretische Teil wird von einer umfassenden Literaturrecherche geprägt sein. Der praktische Teil beinhaltet die Erstellung der TGM in allen ihren einzelnen Elementen und folgt einem induktiven Forschungsprozess. Die Ergebnisse des theoretischen sowie des praktischen Teiles werden im Anschluss analysiert um Aussagen im Hinblick auf die Beantwortung der Forschungs- und Arbeitsfragen generieren zu können. Wie diese Methodiken aussehen werden im folgenden Kapitel im Detail erläutert.

3 Methodik

Primäres Ziel dieser Arbeit, ist die Erstellung einer TGM sowie der theoretischen Auseinandersetzung mit Teilbereichen der thematischen Kartographie. Im speziellen sollen hier Mängel der weit verbreiteten Choroplethendarstellung identifiziert werden, welche als Basis für Vergleiche mit der neuen Technik der TGM dienen. Durch diese Vergleiche und identifizierten Workflows der Erstellung der Kartenendprodukte, kann in Anbetracht des kartographischen Kommunikationsprozesses auf den Erkenntnisgewinn des Rezipienten geschlossen werden. Um die aufgestellte Forschungsfrage schlussendlich beantworten zu können, benötigt es eine entsprechende Methodik, welche sich aus einer umfassenden Literaturrecherche sowie einem induktiven Forschungsprozess zusammensetzt. Durch die Kombination dieser zwei wissenschaftlichen Methodiken wird eine Erkenntnisgewinnung garantiert, durch welche die aufgestellten Fragen dieser Arbeit hinreichend beantwortet werden können.

Die Methodik in dieser Arbeit setzt sich aus einem induktiven Forschungsprozess und einer Literaturrecherche zusammen. Zu Beginn des Prozesses stand die Identifizierung der suboptimalen Weitergabe von Informationen durch die Choroplethenkarte.



Aus den Kritikpunkten an diese lang bestehende Technik entstand die TGM, mit dem Anspruch, dass sie dem Rezipienten Informationen mit geringerer Transformationen weitergibt. Um zu testen, ob der Kartenleser durch diese alternative Darstellungsform, Informationen tatsächlich wahrheitsgetreuer wahrnimmt, müsste eine repräsentative Umfrage durchgeführt werden. Da eine großangelegte Befragung den Rahmen der Arbeit sprengen würde, wurde darauf verzichtet. Bei weiteren Forschungen zu diesem Thema ist ein empirischer Bestandteil unverzichtbar.

Eine Literaturrecherche wird vollzogen, um die Kommunikation welche sich von Kartenleser zum Rezipienten vollzieht, zu erklären und die Transformationen während dieses Vorganges zu beschreiben.



Zusätzlich werden essentielle kartographische Methoden der Datenvisualisierung aufgearbeitet, da diese Methoden bei der Erstellung der TGM zum Einsatz kommen. Als abschließender Teil der Literaturrecherche, kann die Auseinandersetzung mit der Technik der Choroplethenkarte gesehen werden. Die Identifizierung der Defizite und Mängel dienen

als Gegenüberstellungen mit den gewonnen Erkenntnissen der neu erstellten Technik, der TGM. Durch intensive Gegenüberstellungen der Schwachstellen der Choroplethenkarte und der Analyse der TGM, werden Aussagen getroffen, welche zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen werden.

Im Folgenden wird erst die Struktur dieser Arbeit beschrieben, danach werden die Basisdaten sowie die verwendete Technologie beschrieben. Diese tragen letztendlich zur Ermittlung der Ergebnisse bei.

3.1 Struktur der Masterarbeit

Die folgenden Masterarbeit gliedert sich primär in drei unterscheidbare Teile welche durch Unterkapitel feiner strukturiert werden. Diese sollen aufeinander aufbauen sowie sich ergänzen. In der folgenden Abbildung sind die wesentlichen Inhalte, welche sich in drei Blöcke gliedern, dargestellt.

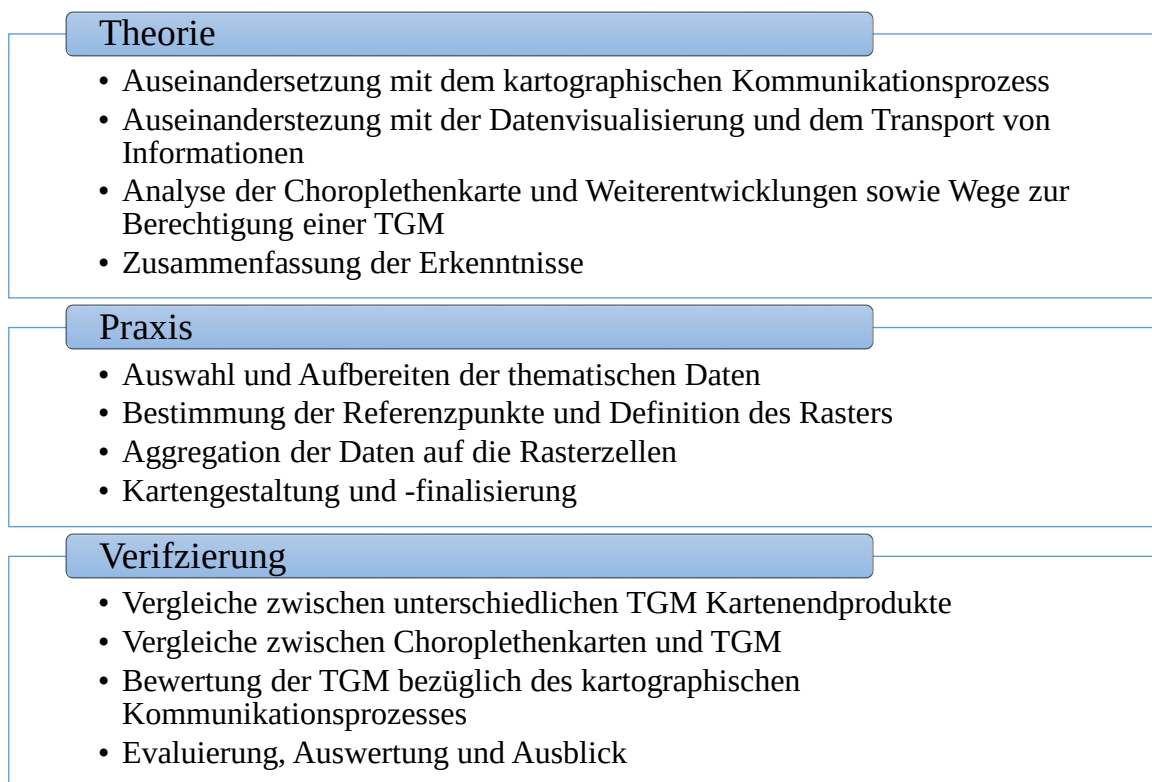


Abbildung 1: Struktur der Masterarbeit

Im ersten Teil, sollen die theoretischen Grundlegende zum Thema studiert werden. Es werden infolge Defizite der Choroplethenkarte im Bereich Datenrepräsentierbarkeit sowie Kommunikations- bzw. Informationsfluss aufgezeigt. Es wird dabei vor allem auf den kartographischen Prozess und den Informationsfluss innerhalb diesen eingegangen. Infolge werden auch alternativen sowie Weiterentwicklungen der Choroplethenkarte aufgezeigt, wobei hier schon stark auf rasterbasierte Darstellungen eingegangen wird. Der TGM wird

durch die aufgezeigten Problematiken ihre Berechtigungen erwiesen. Diese theoretischen Erkenntnisse werden zusammengefasst und verarbeitet bevor sie zum praktischen Teil der Arbeit überleiten – die Erstellung der TGM.

Im Praxisteil wird ein zunächst auf die Datenaufbereitung eingegangen und eine definierte Struktur der Daten zur Erstellung der TGM präsentiert. Zusätzlich wird der Fokus auf die Datenberechtigung in Verbindung mit unterschiedlichen Rastergrößen gelegt. Es gilt zu evaluieren, welche Rastergrößen mit welchen Daten unter einem bestimmten Maßstab kombiniert werden können. Auf die Ableitung einer TGM aus der Datenbasis einer Choroplethenkarte wird hier besonders Fokus gelegt. Hierbei wird die Methode der Überschreibung flächenhafter Geodaten auf Referenzpunkte beschrieben und evaluiert. In weiterer Folge gilt es durch eine gefestigte theoretische Beschreibung den Signaturen durch unterschiedliche graphische Variablen ihre thematische Bedeutung zukommen zu lassen. Für all diese Prozesse gilt es einen gefestigten unter wissenschaftlich Rahmenbedingungen geltenden Workflow zu erstellen. Finalisiert wird die Karte durch einen abschließenden Gestaltungsprozess. Die Ergebnisse aus dem Praxisteil werden anschließend zur Verifizierung der Annahmen herangezogen.

Im abschließenden Teil werden unterschiedliche Ergebnisse der TGM, welche durch Veränderung der Parameter entstehen, verglichen und analysiert. Anschließend werden die Defizite der Choroplethenkarte in Erinnerung gerufen und mit Ergebnissen der TGM in Verbindung gebracht. Die erstellte TGM wird bezüglich des theoretisch aufgearbeiteten kartographischen Prozesses bewertet und die Stärken und Schwächen evaluiert. Um Aussagen treffen zu können, werden die beiden Darstellungsform verglichen, Vor- und Nachteile herausgearbeitet und die Ergebnisse ausgewertet. Abschließend wird ein Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsfelder und -arbeiten in diesem Bereich gegeben.

3.2 Basisdaten

In diesem Abschnitt werden die Basisdaten und die verwendete Technologie zur Verarbeitung dieser näher beschrieben. Dabei ist zu betonen, dass ausschließlich mit Open Government Daten sowie mit Open Source Technologien gearbeitet wurde.

Die Basisdaten werden vom Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. (vgl. BMDW 2019) Weiters bietet die Statistik Austria auf ihrer Website die Möglichkeit, Datensätze direkt zu beziehen. (vgl. Statistik Austria 2019) Das Bundesministerium für Inneres veröffentlicht als primäre Quelle die Daten zu Wahlergebnissen in Österreich. (vgl. BMI 2019) Im Folgenden sind die Datensätze sowie ihr Format aufgelistet.

- CSV – Bevölkerung nach Staatsangehörigkeit bzw. Geburtsland auf Gemeindebasis
- CSV – EU Wahl 2019: Wahlergebnis inkl. Wahlkarten

Die aufbereitete Basiskarte sowie Geodaten als Basis der Visualisierung der Choroplethendarstellungen wurden vom Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität bereitgestellt.

3.3 Verwendete Technologien und Software

Die verwendeten Technologien beinhalten einerseits klassische GIS wie QGIS (vgl. QGIS 2019) aber auch Programmiersprachen welche innerhalb des Erstellungsprozesses der TGM genutzt wurden. Primär dienten diese dazu, einen flexiblen und automatisierten Erstellungsprozess der TGM zu gewährleisten. Das Ziel besteht darin, durch eine definierte Struktur einer Eingabedatei das sofortige Ergebnis als gesamtheitliche Karte zu erhalten. Zusätzlich sollte dieser Prozess die Möglichkeit bereitstellen, durch die Veränderungen bestimmter Parameter alternative Ergebnisse zu erhalten, um die Endprodukte vergleichen und interpretieren zu können und dadurch bessere Aussagen, auch hinsichtlich der Beantwortung der Forschungsfragen, generieren zu können.

3.3.1 QGIS

QGIS ist eine professionelle GIS-Anwendung, die auf der Grundlage von Freier- und Open-Source-Software (FOSS) entwickelt wurde. QGIS ist eine benutzerfreundliches Open-Source geographisches Informationssystem (GIS), das unter der GNU General-Public-License steht. GNU ist ein Unix-ähnliches Betriebssystem und eine Sammlung vieler Programme, Anwendungen, Bibliotheken sowie Entwicklertools. QGIS ist ein offizielles Mitglied der Open-Source-Geospatial-Foundation (OSGeo). Diese Software läuft unter Linux, Unix, Mac OSX, Windows und Androis und unterstützt eine Vielzahl von Vektor-, Raster- und Datenbankformate und -funktionen. (vgl. QGIS 2019)



QGIS wurde im Zuge der Masterarbeit für verschiedene Zwecke genutzt. Das Programm diente als Visualisierungsplattform und ersten Auseinandersetzung mit den Basisdaten. Anschließend wurden mit QGIS etwa Bevölkerungsschwerpunkte bestimmt und die Daten zur weiteren Bearbeitung exportiert. Zusätzlich wurden viele Beispielkarten der Masterarbeit mit QGIS erstellt.

3.3.2 R & RStudio

R ist eine Programmiersprache und Umgebung für statistische Berechnungen und Grafiken. Es bietet eine Vielzahl statistischer (lineare und nichtlineare Modellierung, klassische statistische Tests, Zeitreihenanalyse, Klassifizierung, Clustering usw.) und grafischer Techniken und ist in hohem Maße erweiterbar. Eine der Stärken von R ist die Leichtigkeit, mit der gut gestaltete Plots in Publikationsqualität erstellt werden können, einschließlich mathematischer Symbole und Formeln, falls erforderlich. Die Standardeinstellungen für die kleineren Designoptionen in Grafiken wurden mit größter Sorgfalt festgelegt, der Benutzer behält jedoch die volle Kontrolle. R ist als freie Software unter den Bedingungen der GNU General Public License der Free Software Foundation als Quellcode erhältlich. Die Programmiersprache kompiliert und läuft auf einer Vielzahl von UNIX-Plattformen und ähnlichen Systemen (einschließlich FreeBSD und Linux), Windows und MacOS. (vgl. R 2019)



Diese Programmiersprache ermöglicht durch erweiterbare Pakete auch die Kartenerstellung. Im Zuge der Masterarbeit wurde mit der Oberfläche RStudio hauptsächlich die Datenaufbereitung vollzogen sowie Statistiken zur Datenanalyse erstellt. Dafür wurden Skripte geschrieben um die Rohdaten in weitgehend automatisierten Prozessen zu verarbeiten, um zur Visualisierung heranziehen zu können. Diese Prozesse stellten in weiterer Folge einen wichtigen Teil im Workflow dar, um zeitsparend mit verschiedenen Datensätzen arbeiten zu können.

3.3.3 PHP

PHP steht für „Personal Home Page Tools“ oder „PHP Hypertext Preprocessor“ und bezeichnet eine Skriptsprache im Webumfeld. (vgl. PHP 2019) Die Syntax ähnelt der von Perl oder C. Mit PHP und Datenbankunterstützung lassen sich Webseiten oder Webanwendungen dynamisch gestalten. Erstmals wurde PHP im Jahr 1995 veröffentlicht. Als Entwickler von PHP gilt der Grönländer Rasmus Lerdorf. Mittlerweile wurden verschiedene Versionen der Skriptsprache veröffentlicht. Neben der leistungsstarken Unterstützung von Datenbanken zeichnet sich PHP unter anderem durch die Verfügbarkeit vieler verschiedener Funktionsbibliotheken und die Internet-Protokolleinbindung aus. Weltweit hat sich die Skriptsprache zur beliebtesten und am weitesten verbreitete Programmiersprache für das Erstellen von Websites und Webanwendungen entwickelt. (vgl. LUBER 2017)



Die Skriptsprache PHP kommt bei der Rasterberechnung sowie bei der Kartenerstellung zum Einsatz. Ein Großteil der automatisierten Prozesse sind mit dieser Programmiersprache umgesetzt. In dem Kartenerstellungsbetreffenden Skript werden Parameter bestimmt und anschließend an die Kartenerstellung weitergegeben.

3.3.4 MAPYRUS

Mapyrus ist eine von Simon Chenery entwickelte Skriptsprache zum Erstellen von Plots von Punkten, Linien, Polygonen und Etiketten in den Formaten PostScript, PDF, SVG und Web Image Output. Mapyrus ist Open-Source-Software und vollständig in Java implementiert, sodass das Programm auf einer Vielzahl von Betriebssystemen ausgeführt werden kann. Die relevantesten Funktionen sind die Möglichkeit des Lesens und Anzeigens von GIS-Datensätzen sowie Zeichnungsroutrinen die auf geographische Daten angewendet werden, um mit Anmerkungen versehene und symbolisierte Karten und Diagramme zu erstellen. Attribute der geographischen Daten steuern die Farbe, Größe, Beschriftung und andere Merkmale des Erscheinungsbilds der geographischen Daten. Maßstabsleisten, Legenden, Koordinatengitter und Nordpfeile sind ebenfalls verfügbar. (vgl. MAPYRUS 2019)



Mapyrus dient als Programm zur Kartenerstellung. Durch Veränderung der Parameter können etwa Formen und deren Größen sowie Farbgebung bestimmt werden. Im Zusammenspiel mit dem Erstellten PHP Skript entstand dadurch eine automatisierte Kartenerstellungsroutine.

3.4 Technischen Umsetzung

Bei der technischen Umsetzung kommen die eben erwähnten Softwarepakete zum Einsatz. Im Zuge der Kartenerstellung wurde viel Wert auf einen automatisierten Prozess gelegt. Durch die Einstellung einer Vielzahl von Parameter konnten bei der Ausführung dieses Prozesses die Ergebnisse beeinflusst werden. Für den automatisierten Prozess müssen die Eingabedaten auf eine definierte Struktur transformiert werden, welche dem Prozess als Input dient. Näheres dazu ist im Abschnitt 7.3, Datenbeschaffung und -aufbereitung, erläutert.

3.5 Ermittlung der Ergebnisse

Zur Ermittlung der Ergebnisse und Beantwortung der Arbeits- und Forschungsfragen werden erstellte Karten herangezogen und verglichen sowie mit den Erkenntnissen der Literaturrecherche in Verbindung gebracht. Auf eine repräsentative empirische Studie wird aufgrund des Umfangs verzichtet. Vielmehr können die im Theorieteil herausgearbeiteten Schwächen und Defizite der Choroplethenkarte als Vergleich mit den Ergebnissen und Interpretationen der TGM dienen. Durch einen intensiven Vergleich und der Interpretation dieser werden Aussagen generiert, welche zur Beantwortung der Fragen dienen. Dieser Vergleich soll auch durch die Erkenntnisse der Interpretationen der Ergebnisse der TGM unterstützt werden. Durch eine Vielzahl an zu vergleichenden Ergebnissen können Tendenzen, Regeln und optimale Einstellungen für verschiedenen Anwendungsfälle der

TGM generiert werden. Da sich viele der gestellten Fragen auf den kartographischen Kommunikationsprozess beziehen und den Informationsgewinn seitens des Rezipienten hinterfragen, ist eine großangelegte empirische Studie mit vergleichenden Abbildungen und die Überprüfung des Erkenntnisgewinnes der Rezipienten eine ideale Methodik, um die Fragen zu beantworten, wird jedoch in dieser Arbeit nicht durchgeführt. Der Transport der Informationen kann dennoch aufgrund der identifizierten Transformationsprozesse der zwei zu vergleichenden Techniken beschrieben werden. Besonders durch die Vergleiche von Kartenprodukten und den erarbeitenden theoretischen Inhalten wird eine Beantwortung der Forschungsfrage garantiert.

Die methodische Vorgehensweise in dieser Arbeit setzt sich somit aus einer umfassenden Literaturrecherche sowie einem induktiven Forschungsprozess zusammen. Durch die Vergleiche von Choroplethenkarten und den erstellten TGM werden Aussagen generiert und mit dem kartographischen Kommunikationsprozess in Verbindung gebracht. Um weitere Erkenntnisse über die Informationsaufnahme des Rezipienten in Erfahrung bringen zu können, würde sich eine umfassende Befragung anbieten. Der Rezipient steht am Ende des kartographischen Kommunikationsprozesses, bei jenem der Kartograph eine Aussage bzw. Nachricht mit der Karte als Medium aussendet. Wie der kartographische Kommunikationsprozess im Detail aussieht und welche Phasen und Transformationen die Informationen durchlaufen, wird im folgenden Kapitel erläutert.

4 Die Karte als Kommunikationssystem

Ein essentieller methodischer Teil dieser Arbeit stellt die Literaturrecherche dar. Einerseits werden dabei Datenvisualisierungstechniken behandelt sowie die Choroplethenkarte und Weiterentwicklungen analysiert. Andererseits wird untersucht wie Informationen vom Kartographen zum Rezipienten kommuniziert werden und welche Phasen dabei durchschritten werden. In diesem Kapitel wird die Hauptaufgabe einer Karte, die Kommunikation von Information, näher beleuchtet und die Einzelschritte dieses Kommunikationssystems erläutert. Dabei wird insbesondere auf das Kommunikationsmodell von Kolácný eingegangen und dessen Hauptfaktoren und Phasen beschrieben. Anschließend werden Transformationsschritte bei der Kartenerstellung sowie -nutzung erklärt und die Auswirkungen dieser auf den Informationsfluss beschrieben.

Heutzutage bezeichnen Kartographen das Erstellen von Karten üblicherweise, als einen geographischen Informationskommunikationsprozess. (vgl. DENT 1996:11) Und so wie die meisten Autoren eines Buches von einem Leser ausgehen, wird bei der Erstellung der meisten Karten ein Betrachter vorausgesetzt, dem die Karte Informationen übermittelt. (vgl. ROBINSON et al. 1975:7) Die Realität wird vom Kartographen abstrahiert und als Karte dargestellt. Voraussetzung ist das Wissen über die darzustellende Realität, welche dem Kartennutzer kommuniziert werden soll. Diese Kommunikation von Information vom Kartographen hin zum Kartenleser kann als gesamtheitlicher Prozess im Zuge eines Kommunikationsprozesses beschrieben werden. Diese Beschreibung durch ein Kommunikationsmodell erhielt vor allem in den 1960ern und 1970ern große Aufmerksamkeit in der akademischen Kartographie. (vgl. MONTELLO 2002:290) Die Einführung einer Kommission in der ICA mit dem Namen „Communication in Cartography“ im Jahr 1972, zeigt die Relevanz dieses Themas in der Kartographie. Diese Kommission hatte folgenden Kernaufgaben (vgl. ROBINSON et al. 1975:7):

- 1) Die Erarbeitung der Grundprinzipien der Kartensprache.
- 2) Die Bewertung sowohl der Effektivität als auch der Effizienz der Kommunikation mittels Karte in Bezug auf verschiedene Gruppen von Kartennutzern.
- 3) Die Theorie der kartographischen Kommunikation, das heißt, die Übertragung von Informationen mittels Karten.

Folglich kamen in dieser Zeit verschiedene Modelle auf, die die Idee vertreten, dass die Karte ein zentrales Element in einem Kommunikationsprozess darstellt. (vgl. GUELKE 1976:129) In diesen Modellen wird der Informationsempfänger immer als „Rezipient“ beschrieben, welcher sich von einem „einfachen Kartenbetrachter“ unterscheidet. Als Kartenbetrachter kann eine Person beschrieben werden, die eine Karte ohne irgendwelche Effekte auf ihr geographisches Verständnis betrachtet. Ein sehr detaillierte Beschreibung und Auseinandersetzung des Kommunikationsprozesses mit der Karte als Zentrales Element wurde von Kolácný in dem Jahr 1969 erstellt. (vgl. KOLÁCNÝ 1969:47-49)

4.1 Das Kommunikationsmodell nach Kolácný

Das von Kolácný, im Jahr 1969, erstellte kartographische Kommunikationsmodell bietet eine sehr detaillierte Veranschaulichung der kartographischen Kommunikation. (vgl. KOLÁCNÝ 1969:47) Er macht den kartographischen Erfolg abhängig von der Fähigkeit, die erhaltenen Informationen über die Realität, durch Generalisierung in kartographischen Schein zu verwandeln - in kartographische Informationen. Die Karte als Informationsträger muss dabei die Bedürfnisse und Interessen der Rezipienten befriedigen, muss leicht lesbar und verständlich sowie attraktiv sein und darüber hinaus sollte ihre Gesamtwirkung sowohl emotional als auch rational sein. Weiters kann ein kartographisches Produkt seine maximale Wirkung nicht erzielen, wenn der Kartograph die Produktion und den Konsum der Karte als zwei voneinander unabhängige Prozesse betrachtet. (vgl. KOLÁCNÝ 1969:47)

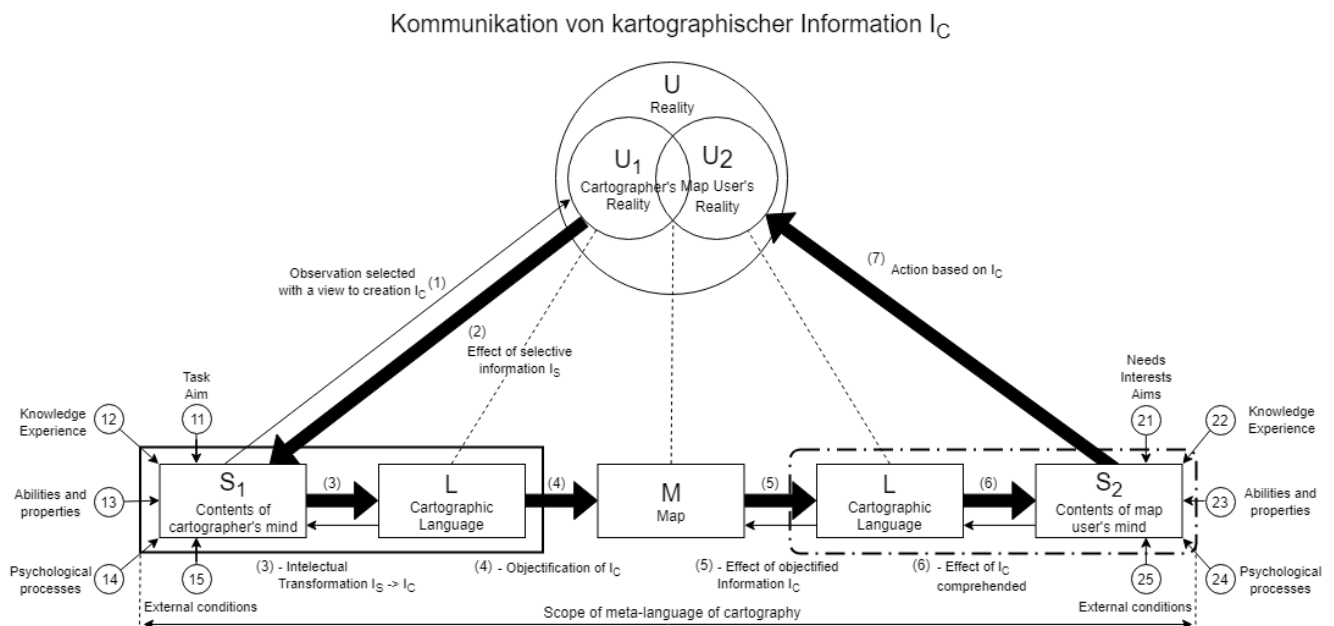


Abbildung 2: Kommunikationsmodell nach Kolácný (vgl. Kolácný 1969)

Zur Beschreibung des Prozesses der Kommunikation von kartographischer Information identifiziert er sieben Hauptfaktoren.

4.1.1 Die sieben Hauptfaktoren der kartographischen Kommunikation nach Kolácný

Bei der Kommunikation kartographischer Informationen spielen sieben Hauptfaktoren eine Rolle.

- U_1 : Die Realität des Kartographen
- S_1 : Das Subjekt, welches die Realität repräsentiert. (Der Kartograph)
- L : Die kartographische Sprache als das System von kartographischen Symbolen und Regeln.
- M : Das kartographische Produkt - die Karte.

- S_2 : Das Subjekt, welches die Karte konsumiert. (Der Rezipient)
- U_2 : Die Realität des Rezipienten.
- I_C : Die kartographische Information

Die Schaffung und Kommunikation von kartographischer Information ist tatsächlich ein sehr komplexer Prozess von Aktivitäten und Operationen mit Rückwirkungen in verschiedenen Ebenen. In dem Modell werden diese komplexen Dynamiken in Form von 7 Phasen simplifiziert. (vgl. KOLÁČNÝ 1969: 48) Die Phasen eins bis vier präsentieren die Kartenerstellung. Die Phasen fünf bis sieben den Konsum. Im Folgenden werden diese sieben Phasen genauer erläutert.

4.1.2 Die sieben Phasen der kartographischen Kommunikation nach Koláčný

1) Selektive Beobachtung der Realität:

Um bestimmte Ziele zu erreichen und über spezifisches Wissen und Können zu verfügen, beobachtet der Kartograph die Realität U_1 unter bestimmten zusätzlichen Bedingungen. Er tut dies mit Absicht und zu einem bestimmten Zweck, und seine Tätigkeit kann daher als selektiv bezeichnet werden. Praktisch beobachtet er entweder direkt das geographische Medium oder studiert den Sachverhalt auf einer Karte, die ihm (zusammen mit anderen Materialien) als Quelle für seine Arbeit dienen.

2) Effekt von selektiven Informationen I_S

Die Realität wirkt informativ auf den Kartographen. Er erhält die selektive Information I_S , die ein mehrdimensionales intellektuelles Modell der Realität ist.

3) Umwandlung von selektiven Informationen in kartographische Informationen

Der Geist des Kartographen wandelt das multidimensionale intellektuelle Modell der Realität I_S in ein zweidimensionales intellektuelles Modell, das heißt in die intellektuelle Form der kartographischen Information I_e . In diesem Prozess arbeitet sein Geist mit dem Konzept der Verwendung der kartographischen Sprache L .

4) Objektifizierung der kartographischen Informationen

Der Kartograph drückt seine intellektuelle Form kartographischer Informationen durch Kartensymbole aus. Er erzeugt somit eine Manuskriptkarte, in der die kartographischen Informationen I_e durch die Verwendung dieser Symbole objektiviert werden. Auf diese Weise wird es durch menschliche Sinne der Wahrnehmung zugänglich gemacht. In der Regel folgt der Multiplikationsprozess, bei dem das Kartenoriginal in Zahlen wiedergegeben wird.

5) Effekt von objektifizierter kartographischer Informationen

Die Karte hat eine informative Wirkung auf den Benutzer. Der Kartennutzer, dem die Realität bisher so vorkam, als habe er sie gesehen (U_2), liest die Karte oder arbeitet (im

Allgemeinen) damit. Die in der Karte enthaltenen Fakten ändern seine Meinung über die Realität U_2 auf U_1

6) Wirkung kartographischer Informationen verarbeitet

Ausgehend von kartographischen Informationen erstellt der Kartennutzer in seinem Kopf ein mehrdimensionales Modell der Realität U_1 und erlebt diese Realität.

7) Handeln aufgrund kartographischer Informationen

Die erhaltenen kartographischen Informationen bereichern das Wissen und die Erfahrung des Kartennutzers. Diese wird entweder sofort in seine praktische Tätigkeit umgewandelt oder zu einer Idee verarbeitet, die er sofort oder später in seiner Arbeit oder auf andere Weise verwirklicht. In jedem Fall wird die Realität U_2 , um Informationen der Karte, des Kartenbenutzers erweitert. (vgl. Kolácný 1969:49)

4.2 Transformationen von Information

Ein wichtiger Punkt, im Kontext der Transformation von Information, ist die dynamische Komponente der Kartographie, die sich in allen Produktionsphasen manifestiert, die alle Transformationen umfassen. Um von der Realität zu einem Kartenprodukt zu gelangen, ist ein Weg ohne Transformationsprozesse ausgeschlossen. (vgl. CAUVIN et al. 2010:xxi) Zwei kritische Transformationen treten am häufigsten auf, wenn eine Karte ihre Rolle als Instrument der menschlichen Kommunikation erfüllen soll. (vgl. DENT 1986:12) Eine Transformation von Information schließt immer auch eine Veränderung der Daten ein. Sie werden selektiert, aufbereitet und durch Symbole dargestellt oder auf der anderen Seite durch bestimmtes Vorwissen oder Eingenommenheit differenziert wahrgenommen. Das essentielle dabei ist, dass Informationen verloren gehen oder manipulativ verändert werden kann. Dies kann beabsichtigt oder unbeabsichtigt passieren.

4.2.1 Kartenerstellung

Im Zuge der Kartenerstellung unterstehen die Daten einer Transformation hauptsächlich unter Berücksichtigung der drei Fragen:

1. Wer kommuniziert eine Nachricht?
2. Welche Nachricht kommuniziert der Informationstransmitter?
3. Mit welchem Ziel wird die Nachricht übermittelt?

Beim Informationstransmitter kann von zwei Personen die Rede sein, vom Autor und Kartographen, wobei infolge nur auf den Kartographen in dieser Rolle eingegangen wird. Er versucht die Informationen eines Auftrags einer Karte in eine Nachricht bzw. Kommunikation zu transformieren. Unter der Frage - „Was soll kommuniziert werden?“ - werden Informationen aus den Daten extrahiert. Dabei muss beachtet werden, dass der Kartennutzer in vielen Fällen keine Nachricht beim Lesen der Karte erwartet, sondern

Hypothesen und Annahmen erst beim Kartenlesen generiert. Ganz nach dem Zitat „The message is not known at the beginning of making a map: it reveals itself in the map.”. (CAUVIN et al. 2010:207) kann die Position des Kartenlesers von jenen während der Forschungsphase und Kartenerstellung abweichen. Die Frage des Ziels der Karte richtet sich ganz nach dem wissenschaftlichen Kontext, wobei die Zielgruppe eine breite Masse annehmen kann und dieser auch große Beachtung gezeigt werden muss. (vgl. CAUVIN et al. 2010:207ff)

Basierend den Beantwortungen dieser Fragen beginnt ein Prozess des Selektierens, Klassifizierens sowie der Simplifizierung und Symbolisierung der Realität im Zuge der Kartenerstellung. (vgl. CAUVIN et al. 2010:209)

4.2.1.1 Selektieren

Das Selektieren im Kontext des Generalisierungsprozess beginnt bereits bei der Planung der Karte. Die Auswahl des Karteninhaltes beinhaltet frühzeitige Entscheidungen bezüglich des abzubildenden geographischen Raums, des Kartenmaßstabs, der Kartenprojektion und des Aspekts, welche Daten für den Zweck der Karte geeignet sind, und welche primären Datenaufnahmefethoden verwendet werden müssen. Der Prozess der Selektion ist sehr kritisch und kann den Kartenersteller oder auch einen Auftraggeber einschließen. Die Selektion erfordert schließlich, dass der Kartograph mit dem Inhalt der Karte und der Vorstellung des finalen Kartenproduktes vertraut ist. (vgl. DENT 1996:15)

4.2.1.2 Klassifizieren

Klassifizieren ist ein Prozess, bei dem Objekte in Gruppen mit identischen oder ähnlichen Merkmalen eingeordnet werden. Die Individualität und Detailgenauigkeit jedes Elements geht verloren. Informationen werden durch Identifizierung der Grenzen der Gruppe übermittelt. Die Klassifizierung verringert die Komplexität des Kartenbildes, hilft jedoch bei der Organisation der zugeordneten Informationen und verbessert somit die Kommunikation. Bei der thematischen Kartierung kann die Klassifizierung anhand von qualitativen oder quantitativen Informationen erfolgen. Qualitative Daten können die Identifizierung von geographischen Regionen einschließen. Es kann weitaus einfacher sein, das Konzept einer Region durch eine große Fläche zu kommunizieren, als einzelne Elemente zu zeigen. Die quantitative Klassifizierung erfolgt normalerweise in numerischen Datenanwendungen. Im Allgemeinen wird ein gesamtes Datenfeld in numerische Klassen unterteilt, und jeder Wert wird in die richtige Klasse eingefügt. Auf der Karte werden nur Klassengrenzen angezeigt. Dieser Vorgang reduziert die Gesamtinformationen, führt jedoch in der Regel zu einer Karte, die aussagekräftiger ist. (vgl. DENT 1996:15) Die unterschiedlichen Klassifikationsmethoden und die Auswirkungen auf das endgültige Kartenbild werden in Abschnitt 6.1.3, Datenklassifikation und Auswirkung auf das Erscheinungsbild, näher behandelt.

4.2.1.3 Simplifizieren

Die Selektion und Klassifizierung sind Beispiele für Vereinfachungen, jedoch können Vereinfachungsprozesse auch andere Formen annehmen. Ein Beispiel könnte die Glättung natürlicher oder künstlicher Linien auf der Karte sein, um unnötige Details zu vermeiden

und die Lesbarkeit zu erhöhen. Klassische Objekte bei dem die Simplifizierung vielfach angewendet wird sind Linienelement, wie etwa Straßen oder Wege, in der Karte. Vereinfachung wäre der Prozess, bei dem der Pfad zwischen zwei Punkten begradigt wird, so dass der exakte planimetrische Standort nicht länger erhalten bleibt (auch wenn dies bei der angegebenen Skala möglich ist). Die Linie kann begradigt werden, da der Zweck der Karte möglicherweise lediglich darin besteht, die Verbindung zwischen zwei Punkten zu zeigen, und nicht die genauen Standortmerkmale der Straße zu veranschaulichen. (vgl. DENT 1996:16) Auch bei diesem Prozess hängt der Grad der Simplifizierung mit den letztendliche Informationsanforderungen der Karte zusammen.

4.2.1.4 *Symbolisieren*

Die komplexeste Abstraktion der Abbildung ist die Symbolisierung. Das Entwickeln einer Karte erfordert Symbolisierung, da es nicht möglich ist, ein verkleinertes Bild der realen Welt zu erstellen, ohne einen Satz von Symbolen für Dinge der Realität zu entwerfen. Als symbolisiert gilt ein Element, sobald es in einer thematischen Karte abgebildet ist. Für thematische Karten werden zwei Hauptklassen von Symbolen verwendet: replikative und abstrakte. Replikationssymbole sind diejenigen, die so gestaltet sind, dass sie wie ihre realen Gegenstücke aussehen. Abstrakte Symbole haben im Allgemeinen die Form geometrischer Formen wie Kreise, Quadrate und Dreiecke. Sie werden traditionell verwendet, um Werte zu repräsentieren, die von Ort zu Ort variieren. Sie können eine Vielzahl an Sachverhalten darstellen und erfordern eine Verfeinerung des Kartennutzers. Dafür ist eine detaillierte Legende erforderlich, welche unterstützend wirkt und die Symbole näher beschreibt. Der Symbolisierungsprozess ist von Natur aus eine verallgemeinernde Aktivität, die durch den Einfluss von Maßstäben geprägt ist. Bei kleineren Maßstäben ist es praktisch unmöglich, geographische Merkmale maßstabsgetreu darzustellen. Somit sind auch bei diesem Prozess klare Verzerrungen notwendig. (vgl. DENT 1996:16) Der Prozess der Symbolisierung wird im Abschnitt 5.2.1 näher behandelt.

4.2.2 *Kartennutzung*

Die zweite Transformation im kartographischen Prozess, auf der Seite des Rezipienten, kann als sehr komplex angesehen werden. Die Kartennutzung beinhaltet das Lesen, das Analysieren und die Interpretation. (vgl. KIMMERLING et al. 2016:22-23) Beim Kartenlesen wird das auf der Karte gezeigte observiert und untersucht wie der Kartograph die Thematik umgesetzt hat. Bei genauerer Betrachtung beginnt der Kartennutzer Muster zu erkennen, er befindet sich schon im Stadium der Analyse. Folglich kommt das Bedürfnis auf diese Muster zu erklären und zu interpretieren. Im letzten Fall werden kausale Erklärungen vom Rezipienten gesucht. (vgl. DENT 1996:13-14) Wie bereits bei der Analyse des kartographischen Kommunikationsprozesses besprochen, erweitert sich das Bewusstsein des Rezipienten um Informationen der Karte, wenngleich nur um einen Bruchteil der symbolisierten Realität.

4.3 Auswirkungen auf den Informationsfluss

Im Kommunikationsmodell von Kolácný existieren primär zwei Schnittstellen die sich grundlegend auf den Kommunikationsfluss auswirken. Diese sind die Interpretation der Realität zu einer Karte des Kartenerstellers und die Interpretation der Informationen der Karte des Rezipienten. (vgl. KOLÁCNÝ 1969:47) Als wichtiger Grundsatz bei der Behandlung dieses Themas gilt, dass Karten kein objektives, wertfreies Abbild der Realität sind. Die Transformationsprozesse haben bedeutende Einflüsse auf den Informationsfluss und verzerren die Realität auf gewollte oder ungewollte Weise. Als ungewollt kann etwa der unzureichende fachliche Bildungsstand des Kartenerstellers betrachtet werden. Vor allem durch die heutigen einfachen Möglichkeiten der Kartenerstellung bleibt diese nicht nur ausgebildeten Kartographen vorbehalten. Als gewollte Transformation kann eine beabsichtigte Verzerrung der Realität zugunsten der Absichten des Kartenerstellers gesehen werden. In diesen Fällen nutzt der Kartograph die Karte als Medium um Informationen auf manipulative Art und Weise zu nutzen, um Desinformation oder Emotionen zugunsten oder gegen einen Sachverhalt zu erzeugen. Monmonier (1996) etwa behauptet, dass lügen mit Karten nicht nur einfach sei, sondern, auch notwendig ist. Um nämlich aussagekräftige Beziehungen einer komplexen drei dimensionalen Welt auf ein zwei dimensionales Blatt Papier zu übertragen und diese Informationen dem Rezipienten zu übermitteln, benötigt dieser Vorgang eine Verzerrung der Realität. (vgl. MONMONIER 1996:1)

Auf der Seite des Rezipienten kann nur mit den durch kartographische Techniken visualisierte Information gearbeitet werden. Die Karte mit allen ihren Elemente wird vom Rezipienten gesehen und gelesen. Wie bei dem Lesen eines Buches wird die Information verpackt mit der „kartographischen Schrift“ aufgenommen. Diese wird nun interpretiert. Diese Interpretation geschieht je nach Vorwissen, Bildungsstand oder momentanen Emotionen. Schlussendlich löst diese Interpretation eine Handlung aus.

Die ausgelöste Handlung kann verschiedenste Formen haben. Im Bereich des Geomarketings etwa kann diese Handlung das Schließen oder Öffnen einer Bankfiliale bedeuten. In Kriegsgebieten können Karten erheblichen Einfluss auf Manöver und Entscheidungen haben. Bei politischen Kampagnen können manipulative Aktionen durch kartographische Techniken massiven Einfluss auf Wahlergebnisse oder Machtverteilung haben. Dies hat besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika das sogenannte „Gerrymandering“ gezeigt. Gerrymandering ist ein politikwissenschaftlicher Begriff, der die Manipulation von Wahlkreisgrenzen in einem Mehrheitswahlsystem bezeichnet, um die Erfolgsaussichten, der Partei welche die Wahlkreisgrenzen definiert, zu maximieren. (vgl. INGRAHAM 2015) Beim „einfachen“ Kartennutzer jedoch kann mit unzureichender Sorgfalt transportierte Information Emotionen, Meinung und Wissen über Sachverhalte bestimmen.

Schlussendlich ist anzumerken, dass der Kartograph sehr sorgfältige mit dem Transport von Information sein muss. Die Karte ist und war schon immer ein sehr mächtiges Medium um Informationen zu kommunizieren und Entscheidungsprozesse zu beeinflussen. Mit der

Karte als Medium stehen dem Kartographen für den Transport von Information eine Reihe von unterschiedlichen Techniken bereit.

Abschließend ist zu diesem Kapitel anzumerken, dass das kartographische Kommunikationssystem ein komplexes Konstrukt mit verschiedenen Akteuren, Faktoren und Phasen darstellt und im Zuge dessen Informationen während mehrere Etappen verzerrt bzw. transformiert werden. Eine möglichst geringe Verzerrung und großen Informationsgewinn auf der Seite des Rezipienten hervorzurufen, sollte das übergeordnete Ziel bei der Erstellung einer Karte sein. Im folgenden Kapitel, Datenvisualisierung und Informationstransport, wird auf die Transformation der Realität in kartographische Ausdrucksformen eingegangen und kartographische Mittel zur Symbolisierung genauer erläutert.

5 Datenvisualisierung und Informationstransport

Die Karte kann als Kommunikationssystem betrachtet werden, welches durch Phasen und Akteure definiert wird. Um Informationen mittels einer Karte transportieren zu können, benötigt der Kartograph eine kartographische Sprache, als die Sammlung von kartographischen Symbolen und Regeln. Dieser kartographische Sprache mittels welcher Daten visualisiert und zum Ausdruck gebracht werden, wird das folgende Kapitel gewidmet. Im Anschluss wird auf die Visualisierung von Informationen eingegangen und qualitative sowie quantitative Darstellungsmethoden beleuchtet. Besonders die weitreichenden Arbeiten von Jacques Bertin, im Bereich der graphischen Verarbeitung von Information, werden behandelt. Der Farbe als wichtiges Element der Kartographie wird ebenfalls ein Unterkapitel gewidmet. Ein weiterer wichtiger Bestandteil, welcher dem Kartenleser die Orientierung im Raum ermöglicht, ist die Grundkarte. Letztendlich schließt das Kapitel mit einer Auseinandersetzung der Wahrnehmung des Rezipienten als Kartenleser ab.

Seit jeher dient die Karte als Medium um Informationen oder Emotionen zum Ausdruck zu bringen und diese auch beim Kartenleser hervorzurufen. Bei der Kartographie geht es darum, relevante Informationen zu extrahieren und so Klarheit aus einem übermäßigen Angebot an geografischen Informationen zu schaffen, die die "reale Welt" darstellen. Dabei können Daten ausgewählt, aggregiert und sogar geometrisch und semantisch verändert werden, bevor sie gemäß einem geeigneten Satz von kartographischen Symbolen in grafischer Form dargestellt werden. (vgl. KRIZ et al. 2010:7) Die thematische Kartographie befasst sich dabei mit den Möglichkeiten spezielle Sachinhalte in kartographischen Ausdrucksformen wiederzugeben. Diese Darstellungsmittel sind in vielen Wissenschaften, in der Wirtschaft und auf dem Gebiet der Verwaltung zur „zweiten Schrift“ geworden. (vgl. ARNBERGER 1966:V) Oftmals auch als „Visualisierung raumbezogener Daten“ bezeichnet, verfügt die Kartographie über Techniken große Mengen und Daten komplexer Art, in einer übersichtlicher Form darzustellen. Sie bedient sich verschiedener Schriftzeichen und man kann daher mit Recht von einem Kartenlesen sprechen. (vgl. ARNBERGER 1993:48) Besonders durch technische Möglichkeiten werden diese Mittel immer mehr Benutzern zugänglich. In vielen Fällen verschwimmen dabei Abgrenzungen zu anderen Datenvisualisierungstechniken. Das heißt, bestimmte kartographische Elemente und Grundprinzipien werden beiseitegelassen, wobei das Hauptelement an sich, die Karte, bestehen bleibt. Ein besonderes Anliegen der Kartographie als Wissenschaft ist die Entwicklung adäquater Darstellungsmittel für jene Aussagen zu entwickeln, deren Orts- und Raumbezogenheit zum Ausdruck gebracht werden sollen. (vgl. ARNBERGER 1966:183) Den kartographischen Ausdrucksformen kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu, da man ihre Gesetzmäßigkeiten sowie Wirkungen genau kennen muss, um letztendlich eine optimale Aussage treffen zu können. Falsch angewendet, findet eine Misskommunikation statt bzw. werden gewünschte Sachverhalte nicht kommuniziert.

Die kartographischen Ausdrucksformen resultieren zum Teil auch aus der graphischen Verarbeitung von Information. Die umfassenden Werke von Jacques Bertin leisten hier einen immensen Beitrag zur wissenschaftlichen Disziplin. Jacques Bertin war ein französischer Kartograph, der für seine theoretischen Arbeiten mit graphischen

Darstellungen von Informationen bekannt geworden ist. Seine Arbeiten hatten einen großen Einfluss auf Bereiche wie der Kartographie, Sozialwissenschaften und das Forschungsfeld der Informationsvisualisierung, das sich auf das, was Bertin als monosemische Zeichensysteme bezeichnet, konzentriert und als „die Verwendung computergestützter, interaktiver visueller Repräsentationen abstrakter Daten zur Verstärkung der Wahrnehmung“, definiert wird (vgl. PERIN et al. 2018:1)

Zusätzlich zu den kartographischen Grundtechniken wird die kartographische Disziplin dank der Beiträge der verwandten Disziplinen ständig erweitert und entwickelt sich allmählich zu einer sogenannten Geovisualisierung. (vgl. CAUVIN et al. 2010:xxi) Unabhängig vom Namen der Disziplin muss eine Karte nützlich sein und einem Zweck dienen. Dass eine Karte nicht immer lesbar und zuverlässig ist, ist kein Geheimnis: überladen oder schlecht gezeichnet (Linien zu dick oder zu dünn), ist dies nicht sinnvoll und die Information erreicht nicht den Rezipienten. Eine Karte sollte von guter Qualität sein und genaue Informationen enthalten.

5.1 Die graphische Verarbeitung von Information

Jacques Bertins Interessen gingen weit über die Kartographie hinaus, und er wurde schnell besessen, wie er Daten visuell am besten kommunizieren kann. Diese Suche wurde durch das Bedürfnis der Sozialwissenschaftler seiner Institution genährt, die gesammelten Daten räumlich oder anderweitig zu verstehen und zu vermitteln. Bertins Intuition als Kartograph und jahrelange Erfahrung in der Beratung von Forschern führten 1974 zur Veröffentlichung seines wegweisenden Buches „Sémiologie graphique“ (Bertin, 1974). Das Buch ist ein monumentales Werk mit vielen Beiträgen zur Informationsvisualisierung. Diese Arbeit ist zweifellos das herausragendste Erbe, das er auf dem Gebiet der Informationsvisualisierung hinterlassen hat. „Sémiologie graphique“ ist im Bücherregal eines jeden Visualisierungsforschers, steht auf der Leseliste jedes Informationssimulationskurses, wird sowohl von Wissenschaftlern als auch von Praktikern gelobt, hat zahlreiche Designs und wegweisende Studien inspiriert und tut dies auch heute noch. Ein zentrales Element von Bertins Theorie ist die Idee der visuellen Variable (Abbildung 3). Er identifiziert acht solcher Variablen (zwei Positionsvariablen in der Ebene und sechs nicht positionelle visuelle Variablen) und beschreibt, wie sie numerische Größen visuell ausdrücken. Er definiert das Ziel der graphischen Darstellung dabei als eine höhere Stufe der Information. (vgl. BERTIN 1982:11)

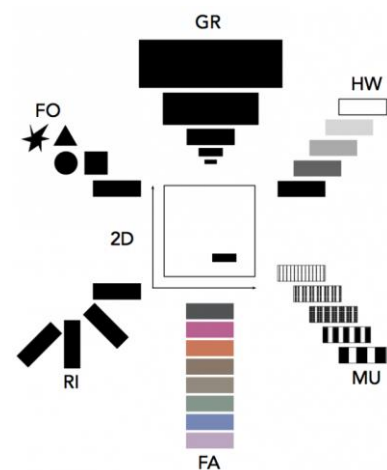


Abbildung 3: Bertins Idee der visuellen Variablen (Quelle: BERTIN 1974)

„Daten als solche liefern nicht notwendigerweise die zur Entscheidung erforderlichen Informationen; diese sind erst die Beziehungen, die sich aus der Gesamtheit der Daten ergeben.“ (BERTIN 1982:1)

Dieses Zitat von Bertin betont, dass informative Aussagen über Daten, nur durch die Beziehung und Gesamtheit dieser erreicht werden können und dieses Ziel durch die graphischen Visualisierung einfacher erreicht werden kann.

5.1.1 5 Schritte zur Kommunikation durch Graphische Variablen

Bertin definiert fünf Schritte der visuellen Verarbeitung von Daten zum Ziel der Kommunikation bzw. Interpretation und Entscheidung. In seinem Werk wendet er die Schritte an einem Beispiel aus der Hotellerie an. Diese fünf Schritte können jedoch auf Entscheidungsprozesse der Wahl von graphischen Variablen in der Kartographie angewandt werden. Sie werden im Folgenden, mit kartographischen Beispielen, näher erläutert:

1) Abgrenzung des Problems

Ziel ist die Kommunikation der Rohdaten mithilfe der Karte als Medium. Hierfür müssen bestimmte Entscheidungen getroffen werden, d.h. definieren welche Fragen beantwortet werden sollen. Diese könnten im Zuge der Visualisierung von Wahlergebnisse zum Beispiel lauten: Welche Partei hat in Teilraum A die relative Mehrheit erzielt? Welcher Bildungsstand dominiert bei den Stimmen die zur relativen Mehrheit führen? Wie sieht die Verteilung über den gesamten Betrachtungsraum aus?

Das Problem das behandelt wird, wird also durch einfache Fragen definiert, welche wiederum zu einer Liste von Daten bzw. einen Stock an Grunddatensätzen führt. Diese Fragenformulierung ist alleine abhängig von der Sachkenntnis und dem Ideenreichtum eines Menschen. Dieses Problem, und damit der erste wesentliche Schritt, können durch Automatismen nicht definiert und gelöst werden. (vgl. BERTIN 1982:2)

2) Abgrenzung der Daten

Vor weiteren Schritten sollte der Aspekt des Aufwandes berücksichtigt werden. Welche Fragen sollen also primär beantwortet werden? Aus kartographischer Sicht müsste überlegt werden, auf welchem Maßstäben gearbeitet werden soll? Sollen Daten auf der geringsten administrativen Einheit als Basis dienen? Ist dies notwendig? Die abgegrenzten Daten werden daraufhin tabellarisch aufbereite. Die Größe dieser Tabellen und die Art der Daten bestimmen die Weiterverarbeitung sowie die geeignete graphische Konstruktion. Weiters beschreibt Bertin, dass die Information, die einer Entscheidung vorausgeht, immer in Form einer einzigen Zahlentabelle darstellbar oder vorstellbar ist. Bei den Daten kann zwischen Kardinal- oder Ordinalzahlen bzw. binäre Ausprägungen unterschieden werden. (vgl. Bertin 1982:3)

3) Wahl der „Sprache“ zur Weiterverarbeitung

Eine Tabelle mit abgegrenzten Daten ist nach wie vor schwer zu lesen und kann die Informationen nur schwer an den Rezipienten übermitteln. Beim Lesen einer Tabelle ergibt sich für den Leser nur eine lineare Folge von Daten. (vgl. BERTIN 1982:5) Welche Beziehungen und Ähnlichkeiten die Daten aufweisen, ist nur durch die Speicherung aller

Daten im Gedächtnis möglich. Ein Weg zur besseren Wahrnehmung ist die Transkription in die graphische Sprache. Im kartographischen Kontext könnte nun jeder Zustand durch eine graphische Variable ausgedrückt werden (siehe Abschnitt 5.2). Das Wahlergebnis, die relative Mehrheit einer Partei, der Raumeinheit A wird beispielsweise durch eine Farbgebung sichtbar gemacht. Das Gesamtbild ergibt sich durch Einfärbung aller Raumeinheiten des Untersuchungsgebietes. Durch diese visuelle Ausprägung lassen sich Beziehungen erkennen.

4) Weiterverarbeiten, d.h. vereinfachen ohne Beziehungen zu zerstören

Die Gesamtheit der graphischen Transkription muss in ihrer Geschlossenheit einer gewissen Ordnung folgen. Dadurch wird die Information lesbar. Im kartographischen Kontext bedeutet dies die Klassifizierung der Daten. Im Zuge der Datenklassifikation wird mithilfe verschiedener Techniken (siehe Abschnitt 6.1.3) Ähnliches oder Gleiches in einer Gruppe zusammengefasst. Die abstrahierten Gruppen erhalten je Gruppe eine visuelle graphische Ausprägung.

5) Interpretation und Entscheidung – oder Kommunikation

Da nun die Ähnlichkeiten und Übereinstimmungen, d.h. die Gesamtheit der Information sichtbar geworden ist, können die Informationen zur Beantwortung der Frage entnommen werden. Im Bereich des Geomarketings werden dadurch wirtschaftliche Unternehmensentscheidungen mithilfe der Informationen der Karte getroffen. In anderen Bereichen werden Informationen kommuniziert, um den Rezipienten Sachverhalte in einer vereinfachten Form zu übermitteln. Ergänzt wird die Karte durch Kartenelemente wie Maßstab, Legende, Titel und eventuelle ergänzende Graphiken wie Tabellen oder dergleichen. Man kann zwischen diesen verschiedenen Elementen von interner- und externer Information sprechen. Als interne Information gelten die inneren Beziehungen, die das graphische Bild selbst liefert.

Ein essentieller Prozess bei einer Kartenerstellung ist die Wahl der „Sprache“ bzw. die Symbolisierung der Daten. Dem Kartographen stehen hierfür qualitative und quantitative Darstellungen zur Verfügung.

5.2 Qualitative und quantitative Darstellung

Das wesentliche Merkmal, welches eine Karte von einem entzerrten Luftbild unterscheidet, ist der Umstand, dass die Dinge nicht nur in ihrem Grundriss wiedergegeben sind, sondern auch erläutert werden. Die kartographische Darstellung weist hinsichtlich ihrer Methodik gewisse Ähnlichkeiten zur textlichen Niederschrift auf. Die Schrift bedient sich einzelner Buchstaben bzw. bestimmter Wortsymbole, um Gedanken festzuhalten und Informationen auszudrücken. Auch die Kartenschrift muss sich bestimmter graphische Symbole bedienen, um Raumerkenntnisse aus der dreidimensionalen Realität in die zweidimensionale Ebene übertragen zu können. Zurecht wird die gedankliche Übersetzung kartographischer

Darstellung auf Seite des Kartenlesers als „Kartenlesen“ bezeichnet. (vgl. ARNBERGER 1966:219)

Ähnliche wie die Sammlung der Buchstaben unseres Alphabets oder die chinesische Schrift, welche ursprünglich aus Bildern und Symbolen entstammt, bedient sich auch die Kartographie an Signaturen und Symbolen um qualitative und quantitative Informationen darzustellen. Die Signaturen, die dabei in einem Kartenwerk verwendet werden, sind nur in diesem Kartenwerk an eine Begrifflichkeit gebunden. Sie können somit in anderen Kartenwerken eine ganz andere Bedeutung bekommen und sind universell einsetzbar. (vgl. ARNBERGER 1966:219)

„Als kartographische Elemente haben Punkt, Linie und Fläche vorerst die Funktion der Lageangabe und bildaufbauende Bausteine zu erfüllen. Wird ihre Aufgabe auf eine qualitative und/oder quantitative Aussage erweitert, dann haben wir es mit Signaturen zu tun.“ (ARNBERGER 1993:49)

5.2.1 Signaturen

In der Kartographie stehen grundsätzlich zahlreiche Signaturenarten zur Verfügung. Die meisten davon lassen sich in drei Grundarten aufteilen, die bei der Gestaltung von Karten verwendet werden:

- a) Punktartige- oder Figurensignaturen zur adäquaten Darstellung ortsgebundener Objekte.
- b) Linienartige Signaturen zur adäquaten Wiedergabe linienhaft reduzierter oder streckenbezogener Objekte.
- c) Flächenhafte Signaturen zur adäquaten Darstellung raumerfüllender oder raumbezogener Objekte. (vgl. ARNBERGER 1993:51)

5.2.1.1 Punktartige- oder Figurensignaturen

Punktartige- oder Figurensignaturen können in weiterer Folge zwischen sprechenden und geometrischen Formentypen unterschieden werden.

Sprechende Signaturen

Eine sprechende Signatur ist, entgegengesetzt zu individuellen Figurenbildern, einer ganzen Objektgruppe zugeordnet. Sie ist das Ausdrucksmittel eines Begriffes, wobei bei der Wahl gleichgültig ist, ob die Erscheinungen im Raum dabei konkret oder abstrakt sind. Als Gestaltungsvorbild dient meistens der Aufriss oder ein allgemein gebräuchliches Sinnbild (Symbol), soweit dies geeignet erscheinen einen Begriff zu veranschaulichen, herangezogen. Als großer Vorteil werden die mnemotechnischen Eigenschaften hervorgehoben, die eine starke Erweiterung des Signaturenschlüssels ermöglichen. Im Kontrast dazu ist die sprechende Signatur von einigen Nachteilen geprägt, die wie folgt beschrieben werden:

- Stark aufgelöste Umrissformen der Signaturen erschweren die Lesbarkeit in Häufungsgebieten sowie in mehrschichtigen Karten.
- Durch eine sehr geringe Gruppenfähigkeit lassen sich sprechende Signaturen nur schwer oder überhaupt nicht derart miteinander kombinieren, dass die Figuren ineinander gezeichnet werden können.
- Sie besitzen eine beschränkte Möglichkeit der quantitativen Aussage. Die Formen sind größtmäßig nur schwer abschätz- und vergleichbar. Ein gestufter Signaturschlüssel kann dadurch nur wenige Stufenwerte vorsehen.
- Keine Möglichkeit einer Wahl der Signaturenstellung mit sich teilweise überdeckenden Signaturen in Häufungsgebieten.

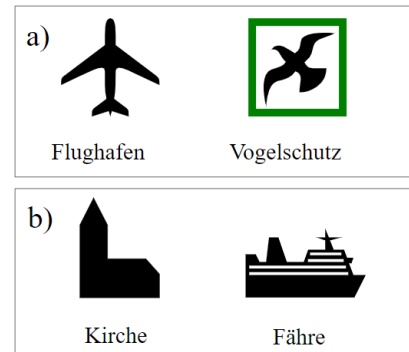


Abbildung 4: Sprechende Signaturen
(Quelle: ROBERT 2010)

Geometrische Signaturen

Die Grundformen der geometrischen Signaturen sind im Wesentlichen auf die Verwendung von Kreis, Quadrat, Rechteck, Dreieck, regelmäßigem Fünfeck oder Sechseck beschränkt. Die Zahl der Primärformen ist durchaus beschränkt. Aus diesem Grund werden zur Erweiterung des Signaturschlüssels noch zusätzlich sprechende Signaturen aufgenommen. (vgl. ARNBERGER 1993:54)

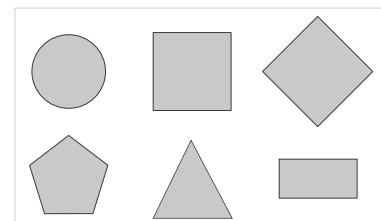


Abbildung 5: Geometrische Signaturen
(Quelle: ROBERT 2010)

Die Vorteile der geometrischen Signaturen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Sie besitzen eine hohe Gruppenfähigkeit und hohe Kombinationsfähigkeit. Zusätzlich lassen sich von einer Primärsignatur viele Sekundärsignaturen ableiten. Des Weiteren lassen sich Primärsignaturen zu verschiedenen Sekundärsignaturen kombinieren.
- Sie besitzen eine geschlossene und klare Formgebung. Kleinstformen sind somit auch noch gut lesbar.
- Sie besitzen eine optimale Eignung für quantitative Darstellungen. Größenvergleiche und eine richtige Größenabschätzung verspricht mit einem hohen Maß an Sicherheit Erfolg.

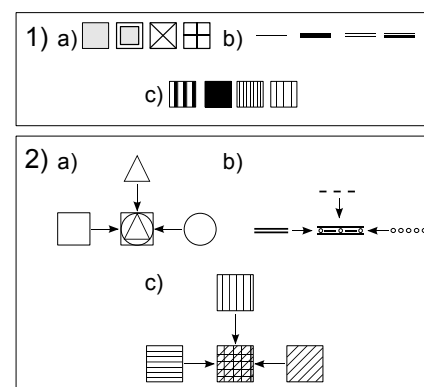


Abbildung 6: Gruppen- und Kombinationsmöglichkeiten von geometrischen Signaturen
(Quelle: ROBERT 2010)

Flächensignaturen oder flächenbedeckende Signaturen sind grundsätzlich abgegrenzt, können aber auch „offene“ Areal ausfüllen. Sie dienen der Bezeichnung von der Bodenbedeckung, der Art, Eigenschaft oder Zugehörigkeit dieser Areale. (vgl. IMHOF 1972:62) Flächensignaturen sollen flächenmäßig verbreitete Objekthinhalte darstellen. Als flächenfüllende Signaturen stehen Flächenraster, Flächenmuster, Strukturraster und Farbflächen zur Verfügung. (vgl. ARNBERGER 1966:264)

Flächenraster

Flächenraster sind Einzelelemente welche durch eine gleichabständige Anordnung den Eindruck einer flächenhaften Ausbreiten entstehen lassen. Diese Einzelelementen sind üblicherweise Punkte oder Linien. Durch diese Flächenraster lassen sich sowohl quantitative als auch qualitative Sachverhalte kommunizieren. (vgl. ARNBERGER 1993:59)

Flächenmuster

Unter Flächenmuster werden Sammlungen geometrischer oder schematisch bildhafter Formen verstanden, welche durch regelmäßige Abstände angeordnet sind. Diese Formen können dabei sprechende oder geometrische sein. Sie werden hauptsächlich zur Visualisierung von Bodenbedeckung, der Flächenwidmung oder für pflanzengeographische und pflanzensoziologische Aussagen verwendet und besitzen eine geringe Gruppen- und Kombinationsfähigkeit. (vgl. ARNBERGER 1993:264ff)

Viel umfangreichere Anwendungsmöglichkeiten besitzen geometrische Flächenmuster. Sie können weiters zur Bildung von Wertstufenreihen herangezogen werden.

Strukturraster

Unter Strukturraster versteht man jene Art von Flächenmuster, die durch Form und Anordnung ihrer Musterelemente imstande sind, Wesenszüge von Strukturen und Gefügen zum Ausdruck zu bringen. Sie stellen eine besondere Art der Flächenmuster dar und werden primär in den Bereichen Petrographie, Geologie, Geomorphologie oder Lagerstättenkunde angewandt. (vgl. ARNBERGER 1993:264ff)

Farbflächen

Die Flächentönung durch Farben, welche zwischen dem Weißpol und dem Schwarzpol der Farbkugel liegen, stellt ein ausgezeichnetes Mittel dar, um sowohl quantitative als auch qualitative Eigenschaften darzustellen. Besondere Geltung erlangt dieser Art der Flächensignatur bei Choroplethenkarten. Jeder Kartograph begibt sich bei der Anwendung von Farbe in eine sehr heikle Umgebung. Kenntnisse der Gesetze der Farbenlehre sind unabdingbar und Missachtung dieser kann schnell zu Misskommunikation führen. (siehe Abschnitt 5.3) (vgl. ARNBERGER 1993:285ff)

5.2.2 Signaturenmaßstab

Die bis hierhin beschriebenen Signaturen können sowohl quantitative als auch qualitative Ausprägungen haben. Die Zahl der Karten welche sich mit Recht nur auf qualitative Aussagen beschränken, ist sehr gering. Quantitative Aussagen können absolute oder relativ sein, wobei eine einfache quantitative Darstellung oftmals nicht genügt. Vor allem Relativwerte alleine sind meist nicht geeignet richtige Größenvorstellungen zu wecken. Zum Zweck der gleichzeitigen Absolut- und Relativwertdarstellung ist es notwendig, Figurengröße oder Flächenrasterdichte oft noch mit verschiedener Farbgebung in Verbindung zu setzen. Für die Fälle, wo für die quantitative Darstellung Symbolgrößen variieren, müssen zumindest folgende Fragen des Signaturmaßstabs geklärt werden:

- 1) Sind die quantitativen Unterschiede der darzustellenden Objektwerte so gering, dass die Verwendung eines streng proportionalen Signaturenmaßstabes vertretbar sind oder sind die Wertunterschiede so erheblich, dass überhaupt nur eine willkürlicher Maßstab angewendet werden kann? (vgl. ARNBERGER 199:299)
- 2) Kann die kartographische Wertumsetzung nur in wenigen Größenstufen vorgenommen werde, also gestufte Symbolgrößen, oder ist es das Ziel, durch einen gleitenden (kontinuierlichen) Signaturenmaßstab, die Quanten aller dargestellten Objekte messbar zu machen? (vgl. ARNBERGER 199:299)

So wie für die topographische Grundkarte die Angabe des Maßstabsverhältnis und zur direkten Längenmessung auch ein Längenmaßstab notwendig ist, so ist weiters auch notwendig, eine entsprechende Erklärung der Signaturengrößen des thematischen Inhaltes zu geben. Die Art der Angabe im Signaturenschlüssel allerdings, unterscheidet sich nach dem gewählten Signaturengrößenprinzip. (vgl. ARNBERGER 199:299)

Der Signaturenmaßstab versucht die auf einer Karte mittels Signaturen dargestellten quantitativen Werte in eine einheitliche Skalierung zu bringen. Dabei wird dem Prinzip gefolgt, dass die Größe des darzustellenden Wertes mit der Signaturgröße korreliert. Bevor der Signaturenmaßstab erstellt werden kann, muss eine Maßstabsbasis definiert werden.

Um die Maßstabsbasis festzulegen, muss von konkreten Werten ausgegangen werden. Etwa dem Minimum, dem Maximum und dem Vorherrschenden in einer gegebenen Reihe. Zu berücksichtigen dabei ist auch die Verwendung der Karte und ihr Maßstab, die Methode ihrer Benutzung sowie die Fülle ihres Inhalts und seine konkrete Verteilung auf der Karte.

In der ökonomischen Kartographie etwa versteht man unter Maßstabsbasis diejenige Quantität oder diejenige Größe des Bedeutungsindex des darzustellenden ökonomischen Objekts, die einer Signaturenfläche mit der bestimmte Größe von 1 mm entspricht. (vgl. PREOBRAZENSKIJ 1956:74)

Jede Signatur hat somit eine bestimmte Fläche. Sind die Flächen der Signaturen auf der Karte den quantitativen Werten der darzustellenden Objekte streng proportional, so spricht man von einem absoluten Maßstab. Grob könne Signaturmaßstäbe einerseits zwischen streng proportionalen (bzw. absoluten) und willkürlichen und andererseits zwischen kontinuierlichen und gestuften Maßstäben. Daraus ergeben sich folgende vier Kombinationen:

- a) Streng proportional kontinuierliche Maßstäbe
- b) Streng proportional gestufte Maßstäbe
- c) Willkürlich kontinuierliche Maßstäbe
- d) Willkürlich gestufte Maßstäbe

Bei einer streng proportionalen Skalierung ändert sich die Größe der Signatur mit jenem Faktor, dem auch die Vergrößerung des darzustellenden Objekts entspricht. Divergieren die darzustellenden Werte aber so stark, dass eine ansprechende Darstellung dadurch unmöglich gemacht wird, verwendet man normalerweise willkürliche Maßstäbe um das gestalterische Bild der Karte nicht zu zerstören. Der Vorteil kontinuierlicher Maßstäbe, liegt in der guten quantitativen Messbarkeit, während die Vorzüge gestufter Signaturenmaßstäbe bei der schnellen Auffassbarkeit diverser lagerichtiger quantitativer Absolutdarstellung liegt. (vgl. ARNBERGER 199:299)

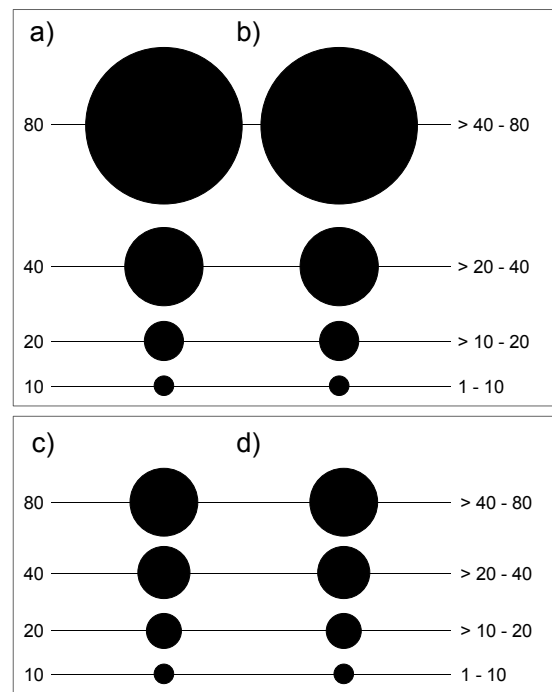


Abbildung 7: Signaturenmaßstäbe im Vergleich (Quelle: ARNBERGER 1993)

5.3 Farbe in der Kartographie

Die Farbe stellt in der Kartographie ein äußerst wichtiges Mittel zur Visualisierung und Kommunikation von Sachverhalten dar und dem Thema könnte aufgrund ihrer Wichtigkeit eigene Arbeiten gewidmet werden. Die Vielfarbigkeit ist für die Karte ein außerordentlicher Gewinn. Durch Farbe kann die Ausdruckskraft, Lesbarkeit und Schönheit der Karte erhöht werden, wobei sie bei schlechtem Einsatz zur Unlesbarkeit oder Fehlinterpretationen des Rezipienten führen kann. Bestimmte Kenntnisse über Farbenlehre sind somit für jeden Kartographen notwendig. Besonders wichtig sind physiologische und psychologische Farbenlehre, Vertrautheit mit der Ordnung der Farbe, reproduktionstechnische Farbenlehre und die Lehre von der Symbolik und Harmonie der Farben. (vgl. IMHOF 1972:46)

Farbe lässt sich definieren durch einen Sinneseindruck, der sich ergibt aus einem physikalischen Vorgang, bei welchem ein Farbreiz durch elektromagnetische Schwingung in Form des Lichtes und einem physiologischen Vorgang eine Farbempfindung verursacht. Farbwahrnehmung entsteht durch das Wechselspiel von Reflexion und Absorption des Lichtes auf Objekte. Der Sinneseindruck unterliegt bei einer nicht außer Acht zu lassender

Gruppe an Menschen Störungen. Untersuchungen haben ergeben, dass bei ca. 10% der Männer angeborene Störungen des Farbsinnes vorhanden sind (bei Frauen ist dieser Anteil erheblich niedriger). Die richtige Farbgebung hängt also einerseits von den Eignungen der Bearbeiter, Farbqualitäten richtig zu erkennen und zu beurteilen, andererseits aber auch vom Wissen um die Gesetze der Farbenlehre und über die Farbauffassung durch den Menschen ab. (vgl. ARNBERGER 1966:276)

Im Bezug auf flächenhafte Darstellungen fällt auf, wie schwierig die Wiedergabe von flächenhaften Verbreitungen in sachlich weitgehender Aufgliederung und zugleich in mehreren Intensitätsstufen ist. Dabei gilt, je größer die Zahl der Farbausscheidungen ist, desto schwieriger wird die harmonische Abstimmung dieser in dem Kartenbild, bei gleichzeitiger sinn- und empfindungsgemäßer Verwendung. Farbgebung beschränkt sich dabei jedoch nicht auf flächenhafte Darstellungen. Farbige Linien und Positionssignaturen bzw. farbige Signaturenausfüllungen müssen immer mit kräftig satten Farben gedruckt werden. Nur so kann der Betrachter in die Lage versetzt werden, Form und Farbrichtung unterscheiden zu können.

Ein wichtiges Mittel zur Ermittlung von Farbharmonie und zur richtigen Farbabstimmung stellt der Farbkreis dar (Abbildung 8). Er gibt die Möglichkeit die wichtigsten Farbmischungen abzulesen sowie harmonische Farben aufzufinden. Dabei gilt, dass zwei oder mehr Farben als harmonisch gelten, wenn sie zusammengemischt ein neutrales Grau ergeben. Zusätzlich zu den komplementären Farbpaaaren, gelte auch Dreiklänge, die im gleichseitigen und gleichschenkeligen, aber auch jene Gruppierungen, die im quadratischen oder rechteckigen Beziehungsverhältnis zueinander stehen, harmonisch. (vgl. ARNBERGER 1966:283) Regeln wie diese erleichtert die Farbwahl der Kartographen immens.

- 1) Ein weiterer auftuender Effekt in der Farblehre ist der Kontrast, welche unter



Abbildung 8: Der Farbkreis nach Johannes Itten
(Quelle: WAGNER 2013))

Umständen auch unangenehm auftreten kann. Der Kontrast bezeichnet die Beziehungen zwischen den Farbe. Liegt ein heller Farbton neben einer dunklen Farbe, dann erscheint die helle am Grenzsaum noch heller, und die dunkle noch dunkler als sie tatsächlich ist. Diese als „Grenzwallbildung“ bezeichnete Erscheinung, tritt besonders beim Nebeneinanderliegen von Gelb und Blau auf. (vgl. ARNBERGER 1966:284) Harmonische Kompositionen können so durch ein zusätzliches Farbelement schnell umkippen. Nach der Lehre von Johannes Itten gibt es sieben unterschiedliche Farbkontraste. (vgl. WAGNER 2013:187)

- 2) Farbe-an-sich Kontrast
- 3) Hell-Dunkel Kontrast
- 4) Komplementärkontrast
- 5) Simultankontrast
- 6) Qualitätskontrast
- 7) Quantitätskontrast
- 8) Kalt-Warm Kontrast

In der Regel werden qualitative Merkmale an Farbrichtungen, quantitative hingegen an Farbgewichte gebunden. (vgl. ARNBERGER 1966:284ff)

5.4 Die topographische Grundlage

Die topographische Grundlage, vielfach auch als Grundkarte bezeichnet, stellt eine geometrische Bezugs- und Orientierungsmöglichkeit für den thematischen Inhalt dar. Dabei können vertraute Merkmale dem Kartenleser zur Orientierung im Raum helfen. Diese setzen sich aus primären und sekundären Elementen zusammen. (vgl. ARNBERGER 1993:37)

Primäre Bestandteile	Sekundäre Bestandteile
• Gradnetz • Gewässer • Höhendarstellung • Siedlungen • Verkehrswege • Verwaltungsgrenzen	• Geländeformendarstellung • Bodenbedeckung (insbesondere Wald) • Fels- und Gletschergebiete • Siedlungsraumgrenzen • Besondere Objekte • Namen und Beschriftungen

Die Bestandteile der Grundkarte müssen dabei immer in enger Abstimmung mit dem vorherrschenden Maßstab sowie nach dem Gestaltungsprinzip und dem thematischen Inhalt ausgewählt werden. (vgl. ARNBERGER 1993:37)

Zu erwähnen ist, dass die Orientierungsmerkmale und der thematische Inhalt der Karte oft in enger Korrelation stehen. Als Beispiele sind hier etwa Niederschlagsmengen mit Abhängigkeit zu Höhenstufen oder die Bevölkerungsdichte mit Abhängigkeit zum Verkehrsnetz oder Städten und Ortschaften. Im Falle von Choroplethenkarten, werden meist Verwaltungsgrenzen, auf dessen Basis die Daten zur Verfügung stehen, als primärer Bestandteil einer Grundkarte herangezogen. (vgl. DENT 1996:146)

Nach Entstehung und Inhalt kann zwischen vier verschiedenen Fällen von Grundkarten unterschieden werden. (vgl. HAKE et al. 2002 : 486ff)

- Der Kartengrund ist eine unveränderte topographische Karte.
- Der Kartengrund entsteht durch das Verändern der topographischen Karte.
- Der Kartengrund entsteht als neuer Entwurf.
- Der Kartengrund entsteht als entzerrte Darstellung von Luftbildern.

Die Grundkarte hat die Aufgabe, das visualisierte Thema im Raum zu lokalisieren und sinnvoll zu ergänzen. Damit die richtigen Elemente dafür zum Einsatz kommen, muss eine geeignete Auswahl getroffen werden. Die Elemente der Grundkarte und die Thematik sollen sich im Kartenbild nicht stören, sonst erfüllt die Grundkarte nicht ihren Zweck und kann im schlimmsten Fall die Kommunikation des Sachverhaltes stören. (vgl. SPIESS 1955:2) Daher gilt für den topographischen Kartengrund, dass seine Darstellung zwar ausreichend lesbar sein muss, aber als Hintergrundinformation gegenüber der thematischen Ebene aus den Fokus und in den Hintergrund treten soll. (vgl. HAKE et al. 2002 : 486ff)

5.5 Karteninhalt lesen vs. Karteninhalt sehen

Die kartographische Methodenlehre bietet viele Methoden um Information mittels verschiedener Signaturen und Farben auszudrücken. Dem Kartographen kommt die Aufgabe zu, die Informationen mit den möglichen Techniken zu visualisieren, um die Informationen schnell, übersichtlich und einfach verständlich, auch unter Mithilfe der Grundkarte, dem Rezipienten zu übermitteln.

Die Karte als Endprodukt besteht aus mehreren Schichten und sie kann generell in zwei Ebenen unterteilen: die topographische- und die thematische Ebene. Die Topographie wird als ein geordnetes Netz definiert und das Ordnungsprinzip wird durch das Objekt vorgegeben. Die Darstellung der Anordnung der Elemente der Erdoberfläche führt zu einer geographischen Karte. Durch diese Ordnung, erhält die Karte zwei besondere Eigenschaften.

- Die Karte liefert die interne Information topographischer Nähe. Diese kann nur in der Karte vollständig transkribiert werden. (vgl. BERTIN 1982:139)
- Die Karte bildet als konstante und umfassende Bezugsform das wirksamste Mittel, um in einen Problemkreis die externe Information einzuführen, die für Interpretation und Entscheidung notwendig ist. (vgl. BERTIN 1982:139)

„Diese beiden Eigenschaften, nämlich die internen Beziehungen topographischer Nähe sowie die Einführung der externen Information in den Problemkreis, beide unentbehrlich bei Interpretation und Entscheidung, sind die besonderen Eigenschaften der Karte.“ (BERTIN 1982:139)

Bertin identifiziert das Hauptproblem der Kartographie als das Gegenstück zu diesen Eigenschaften. In einer Karte konstruiert nämlich die geographische Komponente A,B,... ein Netz, das die ganze Ebene beansprucht, worauf die besonderen Eigenschaften der Karte beruhen. Da die y-Dimension der Ebene nicht mehr zur Trennung der einzelnen Faktoren verfügbar ist, muss man daher zwischen zwei Lösungsmöglichkeiten wählen:

- Entweder eine Karte pro Faktor konstruieren. In diesem Fall beantwortet die Karte zwei Typen von Fragen: „Wo findet sich dieser Faktor?“ und „Was gibt es an diesem Ort“?.

- Oder alle Faktoren auf ein und derselben Karte überlagern. Dann gibt es auf die Frage: „Wo findet sich dieser Faktor?“ keine visuelle Antwort mehr.

Muss diese Frage überhaupt zwingend beantwortbar sein? Hier liegt das Grundproblem der Karte mit n Faktoren. Auf die Konstruktion und Transkription des topographischen Netzes, d.h. des Kartenuntergrund bzw. der Grundkarte wird im Folgenden nicht eingegangen, da sich die Fragestellungen in dieser Arbeit primär auf die thematische Visualisierungen und der Kommunikation dieser bezieht.

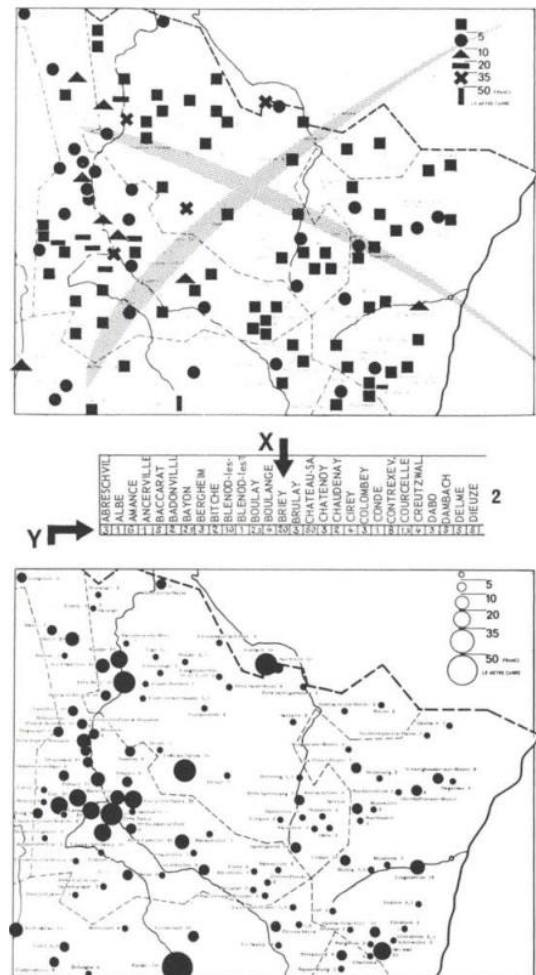
Zu Grundkarte sollte jedoch gesagt sein, dass sie dezent und unauffällig gestaltet sein sollte. Die spezielle thematische Information sollte so gut wie möglich sichtbar und wahrnehmbar sein.

Um infolge eine Ordnung oder Wertereihe darstellen zu können, muss entweder auf eine Variation des Helligkeitswertes oder die Variation der Größe zurückgegriffen werden. Dies muss so geschehen, dass die Ordnung der visuellen Variation der Ordnung der Komponenten entspricht. Jede andere visuelle Variable verwandelt eine Karte, deren Inhalt man „sieht“, in eine Karte, deren Inhalt man Detail für Detail erst mühsam „lesen“ muss. (vgl. BERTIN 1982:145) Im Folgenden Beispiel präsentiert Bertin eine Karte mit Bodenpreisen und unterscheidet in zwei unterschiedliche Wege zur Visualisierung. (Abbildung 9) Einerseits eine Karte deren Inhalt man „lesen“ muss und andererseits eine Karte deren „Inhalt“ man sieht.

5.5.1 Karten deren Inhalt man lesen muss

Die Karte deren Inhalt man lesen muss, liefert die Antwort auf die Fragen: Wie hoch ist der Bodenpreis in Ort X? Sie liefert jedoch keine Antwort auf die Frage, wo der Boden teuer ist. Um diese Frage beantworten zu können, müsste man alle Signaturen nacheinander lesen. Die Karte gibt den Preis also nur auf der elementaren Stufe des Erfassens an; auf der oberen Stufe (Gesamtheit der Information) zeigt sie die Standorte der Untersuchung, aber alle Werte erscheinen bunt durcheinander. Eine derartige Karte zum „Lesen“ bedeutet nicht nur einen hohen zusätzlichen Zeitaufwand beim Erfassen, mithin eine Zeitverschwendung, sondern auch einen Verlust an Information, denn sie wird nicht gelesen.

Man kann eine Karte dieser Art durch die ausschließliche Verwendung von Größe und Helligkeitswerte, den geordneten visuellen Variablen, vermeiden. Das Muster ist zwar auch geordnet, ermöglicht aber nur eine sehr kleine Anzahl von prägnanten Stufen. Zur Vermeidung dieser Fehler ist zu beachten, dass nicht die Legende eine Ordnung erkennen lassen soll, sondern jeder Leser die Zeichen mühelos ihrer Größe nach klassifizieren können sollte. Die Legende liefert als Unterstützung nur die Grenzen der Stufen. (vgl. BERTIN 1982:147)



5.5.2 Karten deren Inhalt man sieht

Eine Karte, deren Inhalt man sieht, ermöglicht eine spontane Erfassung des Sachverhaltes. Sie gestattet die Verteilung der Preise zu sehen. Sie zeigt Gruppierungen, die sowohl durch die geographische Nähe der Orte als auch durch die numerische Nähe der in den Orten auftretenden Werte bestimmt werden, gliedert das graphische Bild in bestimmte Regionen und liefert die Gesamtheit der Information.

Bei Karten deren Inhalt man sieht, wird ein geordneter Faktor durch Helligkeitswerte oder Größe transkribiert. Dabei gilt die Regel, dass eine Skala von visuell äquidistanten Stufen zu erstellen ist. Ein quantitativer Faktor wird durch die Größe transkribiert., wobei gilt, dass die visuellen Abstände und die Abstände zwischen den Werten einander proportional sein müssen. Ziel der Transkription ist die Verdeutlichung, der durch Abstände zwischen den Werten geschaffenen Gruppen. Die einfachsten graphischen Lösungen bei der flächenhaften

Implementierung sind Kreise mit wertproportionalen Flächeninhalten. (vgl. BERTIN 1982:148ff)

In diesem Kapitel wurde erkannt, dass Informationen und Beziehungen in diesen durch graphische Variablen gut zum Ausdruck gebracht werden können. Mit Visualisierungstechniken können komplexe Informationen leicht kommuniziert werden. Die kartographische Methodenlehre bietet hierfür Signaturen für quantitative als auch qualitative Daten an. Besonders die Werke von Bertin, Arnberger und Imhof leisteten hier einen immensen Beitrag. Der Kartograph muss diese Techniken jedoch richtig anwenden um eine übersichtliche und ästhetische Karte zu erstellen, welche den Sachverhalt realitätsnah kommuniziert. Da die Kartographie Fragen über die Verortung von Sachverhalten beantworten möchte, stellt die Grundkarte zur Orientierung ein zusätzlich wichtiges Element zur Kommunikation von Sachverhalten dar. Ein Darstellungsform, bei der elementaren Techniken der Kartographie angewendet werden, ist die Choroplethendarstellung. Diese Technik, sowie Weiterentwicklungen und Alternativen dieser, werden im Anschluss näher erläutert.

6 Choroplethenkarte und Weiterentwicklungen

Die kartographische Methodenlehre sowie Visualisierungstechniken bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten Informationen visuell zu kommunizieren. Das Zusammenspiel aus Visualisierungstechniken, geeigneter Farbgebung und passender Signaturenwahl sowie einer Orientierungshilfe in Form einer Grundkarte führt zu einer Karte mit hoher Kommunikationsfähigkeit und hohem Informationsgehalt. Eine Darstellungsform, welche sich dieser Techniken bedient und seit langem fest in der Kartographie verankert ist, ist die Choroplethenkarte. Die erste dokumentierte Choroplethenkarte wurde im Jahr 1826 von Charles Dupin erstellt. Jedoch weist diese Technik in gewissen Anwendungsfällen Schwächen und Mängel auf. Um diese Defizite genau beschreiben zu können, folgt in diesem Kapitel eine Charakterisierung sowie kritische Auseinandersetzung mit dieser viel genutzten Technik. Ein Arbeitsschritt, der sich massiv auf das endgültige Erscheinungsbild der Karte auswirkt, ist die Klassifizierung. Anhand der Choroplethenkarte werden die meist genutzten Klassifizierungsmethoden beschrieben und verglichen. Zusätzlich werden Weiterentwicklungen sowie alternative kartographische Techniken analysiert, wobei in weiterer Folge im speziellen, Fokus auf rasterbasierte Darstellungen gelegt wird.

Karten kommunizieren einen generalisierten beziehungsweise vereinfachten Sachverhalt der Realität. Sie liefern strukturierte Daten über einen Raum und geben diese an den Kartenleser weiter, dafür ist es wichtig, dass der Kartograph genau weiß, wie die kartengestützte Kommunikation funktioniert und die Daten visualisiert werden. (vgl. CAUVIN et al. 2010:205) Die Kartographie bietet dafür in ihrer Methodenlehre verschiedene Techniken an. Die Darstellungsmöglichkeiten reichen von Linien-, Punkt- zu Flächendarstellungen sowie unterstützenden Kartenelementen. Über Jahrzehnte entwickelten und verfeinerten Kartographen Techniken um ökologische und sozio-kulturelle sowie -ökonomische Daten auf Karten zu visualisieren. Ein bestimmter Zweig der Geovisualisierungstechniken befasst sich mit der Darstellung quantitativer thematischer Daten. Thematische Daten beschreiben sozio-ökonomische Attribute wie etwa die Bevölkerung, das Einkommen oder Wahlergebnisse. Sie informieren über menschliche Aktivitäten im geographischen Raum. Eine Frage die oft mit kartographischen Mittel beantwortet werden möchte, ist: wie verteilt sich ein bestimmtes Phänomen im Raum? Die am meisten genutzte Technik um solche Antworten kartographisch aufzubereiten, ist die Choroplethenkarte. (vgl. SKOWRONNEK 2015:3)

Im Anschluss wird speziell, aufgrund der weiten Verbreitung und starken Nutzung, auf die Choroplethenkarte eingegangen. Sie findet in vielen Fällen ihre Berechtigungen und zeigt ihre Stärken, jedoch hat sie auch ihre Defizite, die sich bei ungeeigneter Nutzung dieser Technik manipulativ auf den Informationsfluss während des kartographischen Prozesses auswirken können. Das Ziel, die Informationen optimal an den Rezipienten zu kommunizieren, wird damit verfehlt. Zusätzlich werden weitere Techniken, welche als Weiterentwicklungen der Choroplethenkarte angesehen werden können, erläutert und bewertet. Schlussendlich wird durch die Identifizierung der Probleme der Choroplethenkarte, die wissenschaftliche Berechtigung zur Erstellung einer neuen Technik zur Überwindung der Defizite gelegt.

6.1 Choroplethenkarte

Die Choroplethenkarte, auch als Flächenkartogramm bezeichnet, lässt sich mit verschiedenen Definitionen beschreiben und charakterisieren. Die elementarste Beschreibung ist auf den Wortursprung einzugehen. „Choropleth“ setzt sich aus den griechischen Wörtern „choros“ (Platz) und plethein (füllen) zusammen. Dies beschreibt das elementarste Charakteristikum der Technik bereits sehr gut: durch die Einfärbung von Raumeinheiten werden Daten visualisiert. Die Definition der ICA (International Cartographic Association) beschreibt die Choroplethenkarte etwas genauer und lautet im exakten Wortlaut wie folgt:

„A method of cartographic representation which employs distinctive color or shading applied to areas other than those bounded by isolines. These are usually statistical or administrative areas.“ (vgl. ICA)

Diese Definition beschreibt ebenfalls die Anwendung der Einfärbung bzw. Schattierungen von Flächen, welche für gewöhnlich statistische oder administrative Einheiten darstellen. Was an dieser Definition vielleicht kritisiert werden kann, ist, dass zugrunde liegenden Daten keinerlei Erwähnung finden. Eine weitere sehr gute Definition von Robinson, aus dem Jahr 1982, lautet wie folgt:

„Choropleth maps are representations, which highlight differences in the geographical distribution of data by spatial unit, often using administrative boundaries such as countries, states or regions.“ (Robinson 1982)

Die Definition von Robinson ist jener der ICA sehr ähnlich. Auch hier wird auf die Art der Daten nicht eingegangen, sie werden nur erwähnt und es wird erläutert durch welche Art und Weise sie dargestellt werden. Interessant ist auch die Erwähnung der Hervorhebung der Unterschiede geographischer Daten zwischen Raumeinheiten. Es wird spezifisch darauf hingewiesen, jedoch kann dabei die Kritik der scharfen Abgrenzung zwischen den Raumeinheiten, die in der Realität nicht existieren, aufkommen. Eine etwas detailliertere Definition, vor allem im Hinblick auf die Datenformate bzw. -strukturen, liefert jene der Website der deutschen Zeitschrift „Spektrum“, die wie im Folgenden lautet.

“Choroplethenkarte, Flächendichtekarte, abgeleitet aus der kartographischen Objekt-Zeichen-Referenzierung ein Kartentyp zur Repräsentation von ordinalskalierten Daten oder klassifizierten intervall- und ratioskalierten Daten mit Bezug zu zweidimensional definierten Arealen, wie beispielsweise administrativen Einheiten.“ (Spektrum 2001)

Der Bezug, auch unter Verwendung anderer Begrifflichkeiten, auf die räumlichen Bezugseinheiten ist ident zu den vorherigen Definitionen. In Bezug auf die Daten wird erwähnt, dass die Choroplethenkarte ordinalskalierte- oder klassifizierte intervall- und ratioskalierte Daten repräsentieren kann. Die Datenstruktur findet hier eine spezifischere Erwähnung.

„Choropleth Maps are one of the most frequently used types of thematic maps. They employ different colors or shades for depicting data values on ordinal or cardinal scales by representing them either in an unclassified or in a classified manner.“ (SCHIEWE 2016:1)

Auch bei dieser Definition, von Schiewe, wird wiederum auf die häufige Verwendung der Choroplethenkarte hingewiesen. Weiters wird, wie auch in vorangegangenen Definitionen, die Art der Visualisierung, nämlich das Einfärben von Einheiten, beschrieben.

Die erwähnten Definitionen geben bereits einen ersten Überblick über die Charakteristika dieser kartographischen Darstellungsmethode. Das folgende Kapitel soll nun eine allgemeine Beschreibung der Choroplethenkarte und ihres Ursprunges liefern. Anschließend wird auf das Hauptmerkmal der Choroplethenkarte, die räumlichen Einheiten als Bezugsflächen, eingegangen sowie die Arten der Daten, welche durch die Choroplethenkarte visualisiert werden können, erläutert: die Flächenvisualisierung, welche sich aus der Kombination der Bezugsflächen und der Daten ergeben, wird aufgearbeitet. Schlussendlich werden unter kritischer Betrachtung die Defizite und Schwächen der Choroplethenkarte isoliert. Zusätzlich werden Weiterentwicklungen der Choroplethenkarte behandelt. Eine abschließende Bewertung beschließt das Kapitel.

6.1.1 Allgemeines

Unter den quantitativen Formen der kartographischen Darstellung ist die Choroplethenkarte zweifellos die am häufigsten verwendete. Für viele Menschen, insbesondere für diejenigen, die in der Kartographie nicht ausgebildet sind, scheint dies eine einfache und effektive Form zu sein, deren Verwendung zu einer evokativen, oft bunten Karte führt. Scheinbar jedoch, ist die bewusste und korrekte Entwicklung der Choroplethenkarte einerseits und ihr korrektes Lesen durch den Benutzer der Karte andererseits tatsächlich nicht so einfach. Die Ursprünge quantitativer Methoden sind aufgrund der Existenz wissenschaftlicher Zeitschriften, in denen sogar Termine bestimmter Ereignisse festgehalten wurden, gut dokumentiert. (vgl. KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017:151) Allgemein bekannt ist, dass der 30. November 1826 als die "Geburt" der Choroplethenkarte angesehen werden kann.

6.1.2 Die erste Choroplethenkarte erstellt von Charles Dupin

Die erste Choroplethenkarte wurde von dem Franzosen Charles Dupin erstellt. Sie zeigt die räumliche Variation von Bildungsständen in Frankreich auf Basis administrativer Raumeinheiten. (Abbildung 10) (vgl. SKOWRONNEK 2015:2)

Charles Dupin (1784–1872), Autor der ersten Choroplethenkarte, war ein Bauingenieur, Senator und Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften. Viele Biografien von Dupin sind im Internet und in französischen Enzyklopädien verfügbar, allerdings nicht aufgrund seiner Beteiligung an der ersten statistischen Karte dieser Art. Dupins Biographien konzentrierten sich hauptsächlich auf seine Arbeit in den Bereichen

Wirtschaftswissenschaften, Statistik und Mathematik sowie auf seine politischen Aktivitäten und verwiesen auf seinen Kontakt mit dem Mathematiker G. Monge, mit dem er die deskriptive Geometrie studierte.(vgl. KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017:151-152)

Dupin, ein Ingenieur der Bauarbeiten in Häfen des Mittelmeerraums durchführte, hatte gute Kartenkenntnisse und sein Hintergrund in der beschreibenden Geometrie hatte wahrscheinlich auch Einfluss auf die Idee, eine Karte von Frankreich zu erstellen, um statistische Daten auf anschauliche und visuelle Weise darzustellen. (vgl. KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017:153)

Charles Dupin war eine facettenreiche Figur in der Geschichte Frankreichs. Er veröffentlichte eine enorme Anzahl von Publikationen in den Bereichen Mathematik, Ingenieurwesen, Wirtschaft und Bildung. Die Kartographie bzw. Geographie zählte jedoch nicht zu seinen Spezialgebieten. Vielmehr entstand die Visualisierung aus seinen Kenntnissen in den Bereichen Wirtschaft, Statistik und Mathematik. Auf dieses Faktum ist in weiterer Folge auch besonders Acht zu geben. Die Klassifizierung von Daten, welche der Visualisierung voraus gehen, ist ein Teil des gesamtheitlichen Kommunikationsprozess und stellt einen Transformationsprozess dar. Im folgenden Abschnitt (6.1.3), werden verschiedene Arten der Datenklassifikation näher erläutert.

Im Falle der ersten Choroplethenkarte von Dupin ist zu sagen, dass die Karte zwei Elemente enthält: die statistischen Daten und die differenzierten Schattierungen der 85 französischen Departments. Auffällig ist das Fehlen der Legende, ein Hauptelement einer kompletten Karte in der kartographischen Lehre. Im Zuge der Analyse der Karte von KORYCKA-SKORUPA, et al. im Jahr 2017 wurde versucht zu erklären, welche Regeln der Kartenautor benutzte, um die statistischen Daten zu visualisieren. Eine Graphik der statistischen Daten, abgeleitet von der Karte, deutet auf eine schiefe statistische Verteilung hin. Um zu erklären, wie die statistischen Daten auf der Choroplethenkarte dargestellt werden sollen, wurden die Werte (Schattierung) der Muster der einzelnen Abteilungen gemessen. In einer Tabelle wurden die Werte (absolut und normalisiert) schließlich gegenübergestellt.

Departament	Statistical data	Value of shading	Normalization	
			Statistical data	Value of shading
1	2	3	4	5
Aube	10	18	0,000	0,000
Cote -d Or	10	18	0,000	0,000
Marne	10	18	0,000	0,000
Moselle	10	19	0,000	0,018
Bas-Rhin	11	19	0,004	0,018
Doubs	11	18	0,004	0,000

Abbildung 11: Gegenüberstellung der Werte (absolut vs. normalisiert)(Auszug)(Quelle: KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017)

Eine folglich erstellte Abbildung zeigt die Beziehung zwischen den Werten der Departments und der Schattierung. Dabei ist eine klare Beziehung zwischen dem Anstieg der Werte und der Schattierung zu erkennen, wobei auch „Irregularitäten“ sichtbar sind. (siehe Abbildung 12: Beziehung zwischen Einfärbung und Wert) Zum Beispiel ist bei den Departments 6-9 bemerkbar, dass sie den geringsten Einfärbungswert besitzen, wobei sie höhere Werte haben als die ersten drei. (siehe rote Markierung) In vielen Fällen wurden unterschiedlichen statistischen Daten der gleiche Einfärbungswert gegeben. (siehe blaue Markierung) Auch der entgegengesetzte Fall tritt zum Beispiel bei den Departments 27 und 28 auf. Sie wurden trotz gleicher statistischer Werte in verschiedenen Einfärbungswerten visualisiert. (siehe grüne Markierung) Die Departments 12 bis 14 (siehe schwarze Markierung) zeigen jedoch auch eine völlige Übereinstimmung in statistischen Werten und Einfärbungswert. (vgl. KORYCKA-SKORUPA et al. 2017:154)

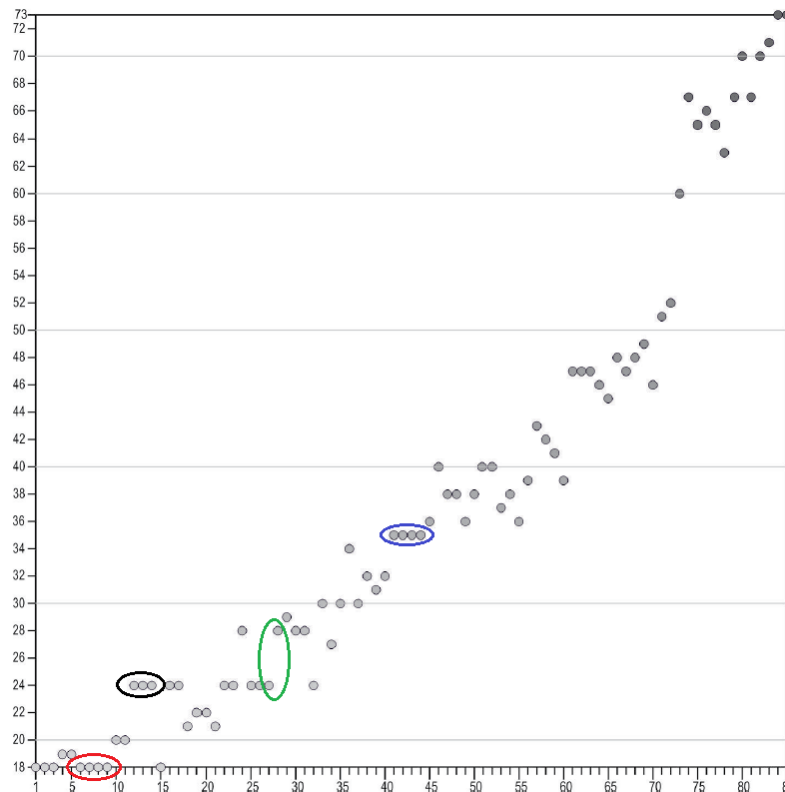


Abbildung 12: Beziehung zwischen Einfärbung und Wert von Bertins Choroplethenkarte (Quelle: KORYCKA-SKORUPA, et al. 2017): Eigene Bearbeitung

Diese Analyse sollte immer unter bedacht der in den 1830ern herrschenden technischen Möglichkeiten betrachtet werden. Die dargestellte Grafik schließt jedoch die Annahme aus, dass der Autor und der Kupferstecher der Karte die Daten in Form von Klassen generalisieren wollten. Vielleicht erwartete der Autor, dass der Kupferstecher die Schattierung anhand der Werte unterschiede. Jedoch ist zu betonen, dass 57 Schattierungsschritte erforderlich gewesen wären, um den unterschiedlichen statistischen Daten auf der Karte zu entsprechen. Der Analyse folglich verfügt die Karte über 37 Schattierungsschritte. (vgl. KORYCKA-SKORUPA et al. 2017:155)

Mit Sicherheit kann daher bestätigt werden, dass die Choroplethenkarte von Dupin nach dem derzeitigen Kenntnisstand vom Autor als eine kontinuierliche (nicht klassifizierte) Choroplethenkarte gedacht war. (vgl. KORYCKA-SKORUPA et al. 2017:155ff)

In der anfänglichen Entwicklung und Verwendung von Choroplethenkarten wurde die Technik, relative Werte zu verwenden und Daten mit Klassen zu verallgemeinern, bereits festgelegt. Ursprünglich wurde im französischen Sprachkreis das Prinzip der „gleichen Menge“ angewandt, aber die Choroplethenkarte mit der Bevölkerungsdichte von Preußen, die zeitgleich entwickelt wurde, verwendete das Prinzip der „runden Zahlen“ der Klassengrenzen. Trotz der zahlreichen Diskussionen, die auf den statistischen Kongressen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts stattfanden, wurden die Eigenschaften der verschiedenen statistischen Methoden zur Bestimmung der Klassen nicht ausreichend geklärt, geschweige denn die Regeln der Normung. Die Klassifizierung von quantitativen Daten auf Karten ist eine gängige Praxis. Im folgenden Abschnitt werden verschiedenen

Techniken zur Klassifizierung erläutert. Zusätzlich werden Beispiele einen Einblick auf die unterschiedlichen Ergebnisse geben, welche aus verschiedenen Klassifizierungsmethoden resultieren.

6.1.3 Datenklassifikation und Auswirkung auf das Erscheinungsbild

Unter Datenklassifikation versteht man das Sortieren, Skalieren oder Gruppieren von Daten in Klassen, die Features und ihre Attribute vereinfachen. Für quantitative Karten gibt es mehrere häufig verwendete Klassifizierungsmethoden - Prozeduren zur Zuordnung von Klassenintervallen zu numerischen Verteilungen. (vgl. ESRI 2019) Die Auswahl der Klassenintervalle oder -bereiche und die Anzahl der Klassen haben beide einen wesentlichen Einfluss auf das Erscheinungsbild der quantitativen Informationen auf der Karte. (vgl. KIMERLING A.J. et al. 2016:179) Die für Choroplethenkarten durchgeführte Klassifizierung verhält sich ähnlich wie eine Gruppe von aufeinanderfolgenden Sieben. (vgl. DENT 1996:128)

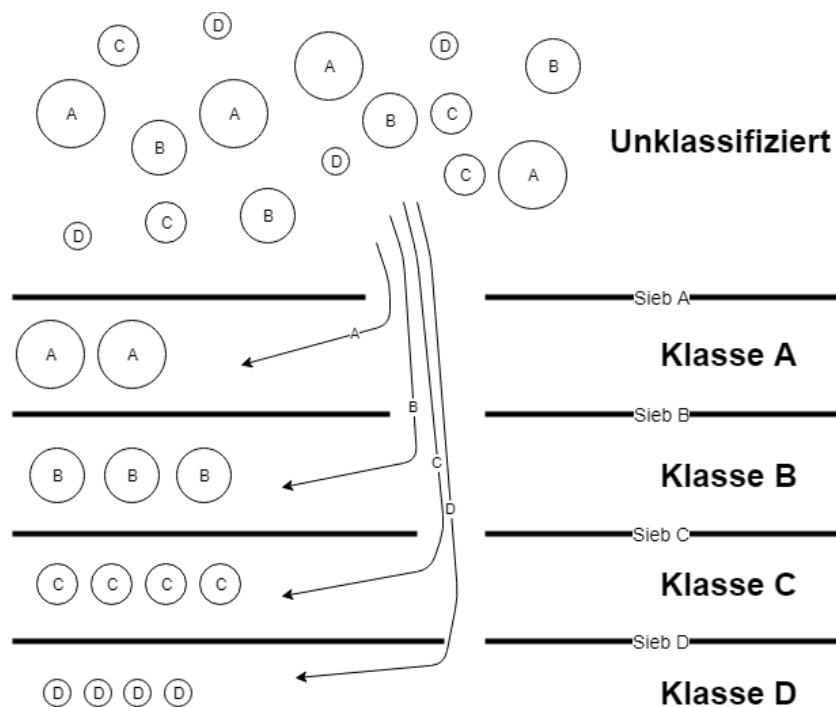


Abbildung 13: Schematischer Ablauf einer Klassifizierung (vgl. Dent 1996:128)

Jedes Sieb fungiert als Filter, sodass nur Objekte einer bestimmten Größe in die nächste Klasse eingeordnet werden können und die Räume zwischen den Sieben zu Klassen resultieren. Die Siebe fungieren als Klassengrenzen. Die Zuordnung von Werten zu Klassen bei der Erstellung von Choroplethenkarten führt zu einer Generalisierung und Simplifizierung des Sachverhaltes. Details gehen bei diesem Vorgang möglicherweise verloren, jedoch können mit den Resultaten mehr Informationen kommuniziert werden. (vgl. DENT 1996:128)

Durch die Klassifizierung kann der Kartenersteller die Botschaft der thematischen Kommunikation strukturieren. Wie gut dies geschieht, hängt wesentlich von der Fähigkeit des Kartographen ab, das geographische Phänomen zu verstehen und die Daten zu analysieren. Der Zweck der Choroplethenkarte bestimmt ihre Form. Wenn der Hauptzweck der Karte darin besteht, eine komplexe geographische Verteilung zu vereinfachen, um eine bestimmte Botschaft, ein bestimmtes Thema oder ein bestimmtes Konzept zu vermitteln, sollte die herkömmliche klassifizierte Choroplethentechnik angewendet werden. Wenn andererseits das Ziel darin besteht, dem Leser ein Inventar der Werte bereitzustellen, die der Leser vereinfachen und verallgemeinern muss, sollte die nicht klassifizierte Form gewählt werden. (vgl. DENT 1996:128)

Die Kartographische Methodenlehre bietet dafür je nach Zweck verschiedene Techniken an. Hierbei fließen auch Techniken der erklärenden Statistik ein. Ein Hintergrundwissen davon ist für den Kartographen durchaus von Bedeutung, wenn nicht sogar von Notwendigkeit. Falls dem nicht so ist, kann es zu ungewollten manipulativen Transformationen im Zuge der Kartenerstellung kommen. Im Folgenden werden die wichtigsten und meist genutzten Techniken mit Beispielen näher erläutert. Die Häufigkeitsdiagramme mit Schranken und entsprechenden Einfärbungen der Wertegruppen, analog zu den Einfärbungen der Choroplethenkarte, stellen ein wichtiges Mittel dar, um die Werteverteilungen zwischen den verschiedenen Klassen kommunizieren zu können. Weiters werden durch Vergleiche der Häufigkeitsdiagramme die Auswirkungen der Klassifikationsmethodiken zusätzlich veranschaulicht.

6.1.3.1 Standardabweichungsklassifizierung (standard deviation)

Wenn der Datensatz eine normale Frequenzverteilung anzeigt, können Klassengrenzen unter Verwendung seines Standardabweichungswerts festgelegt werden. Auf diese Weise bezeichnete Klassenintervalle sollten nur verwendet werden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass der Leser sie verstehen kann. Bei dieser Methode werden Beurteilungen über die Anzahl der Werte in jeder Klasse vorgenommen. Klassengrenzen werden durch Berechnen des Mittelwerts und der Standardabweichung zusammengestellt, anschließend werden die Grenzen durch Addition oder Abzug der Abweichung vom Mittelwert bestimmt. Normalerweise werden nicht mehr als sechs Klassen benötigt, um die meisten Werte in einer Normalverteilung zu berücksichtigen. Besondere Symbolisierungsprobleme treten bei dieser Methode auf, da Klassengrenzen um einen zentralen Wert angeordnet sind, statt, wie in der Regel, vom niedrigsten Wert aufsteigend. Trotzdem führt dieses Verfahren zu konstanten Klassenintervallen, da die Standardabweichung unverändert bleibt. (vgl. DENT 1996:131)

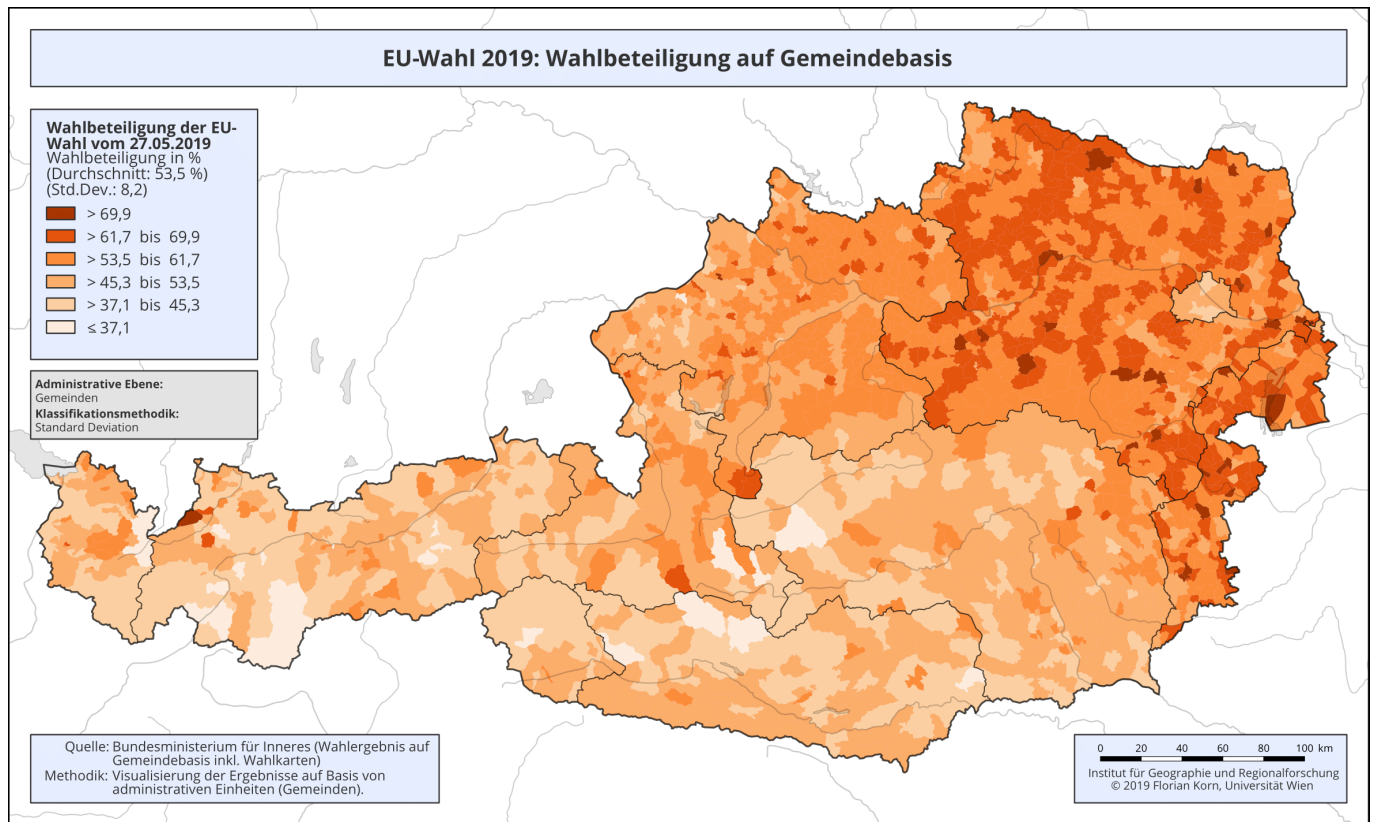


Abbildung 14: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Standard Deviation“

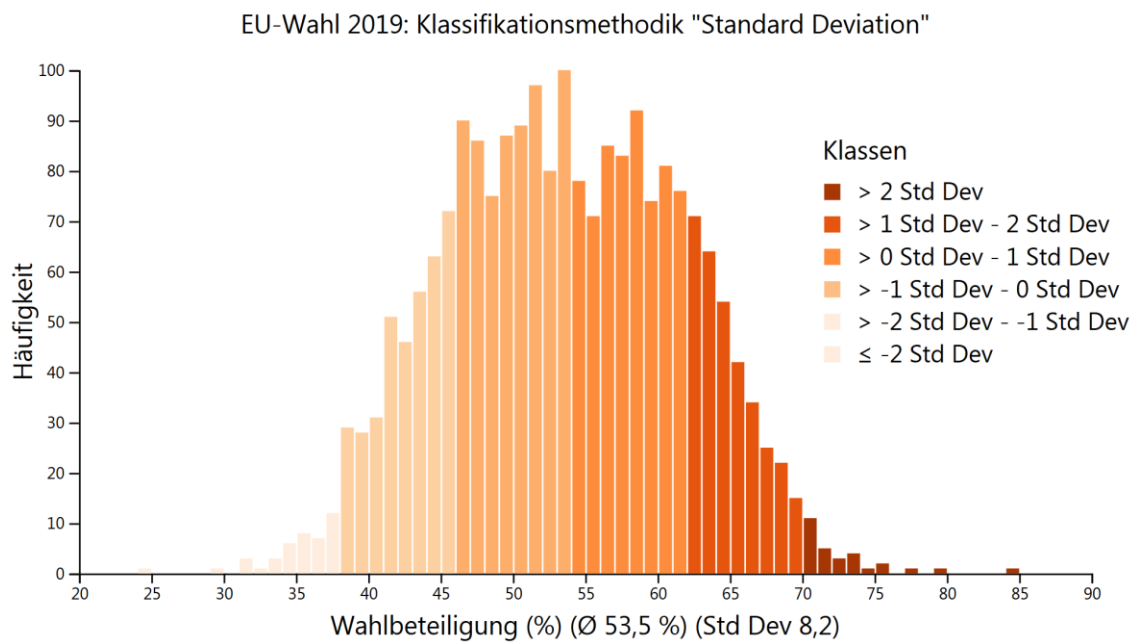


Abbildung 15: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Standard Deviation"

6.1.3.2 Quantilen Klassifikation (Quantile)

Diese Art der Klassifikation versucht in jede Klasse einer vordefinierten Klassenmenge dieselbe Anzahl an Merkmalen einzuordnen. (Abbildung 16) Mit anderen Worten: bei Quantilen wird jeder Klasse die gleiche Anzahl von Beobachtungen zugewiesen. (vgl. GISGeography 2018) Bei Quantilen sind Ausreißer (extrem hohe oder niedrige Werte) nicht so offensichtlich, da sie mit anderen hohen oder niedrigen Werten gruppiert werden. Die Verwendung von Quantilen ist auch der beste Weg, Karten mit unterschiedlichen Datenbereichen und Werten zu vergleichen, da immer hohe Werte mit hohen und niedrige Werte mit niedrigen verglichen werden. Darüber hinaus ist das Konzept eines Quantils für die meisten Kartenleser leicht zu verstehen. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:181-182)

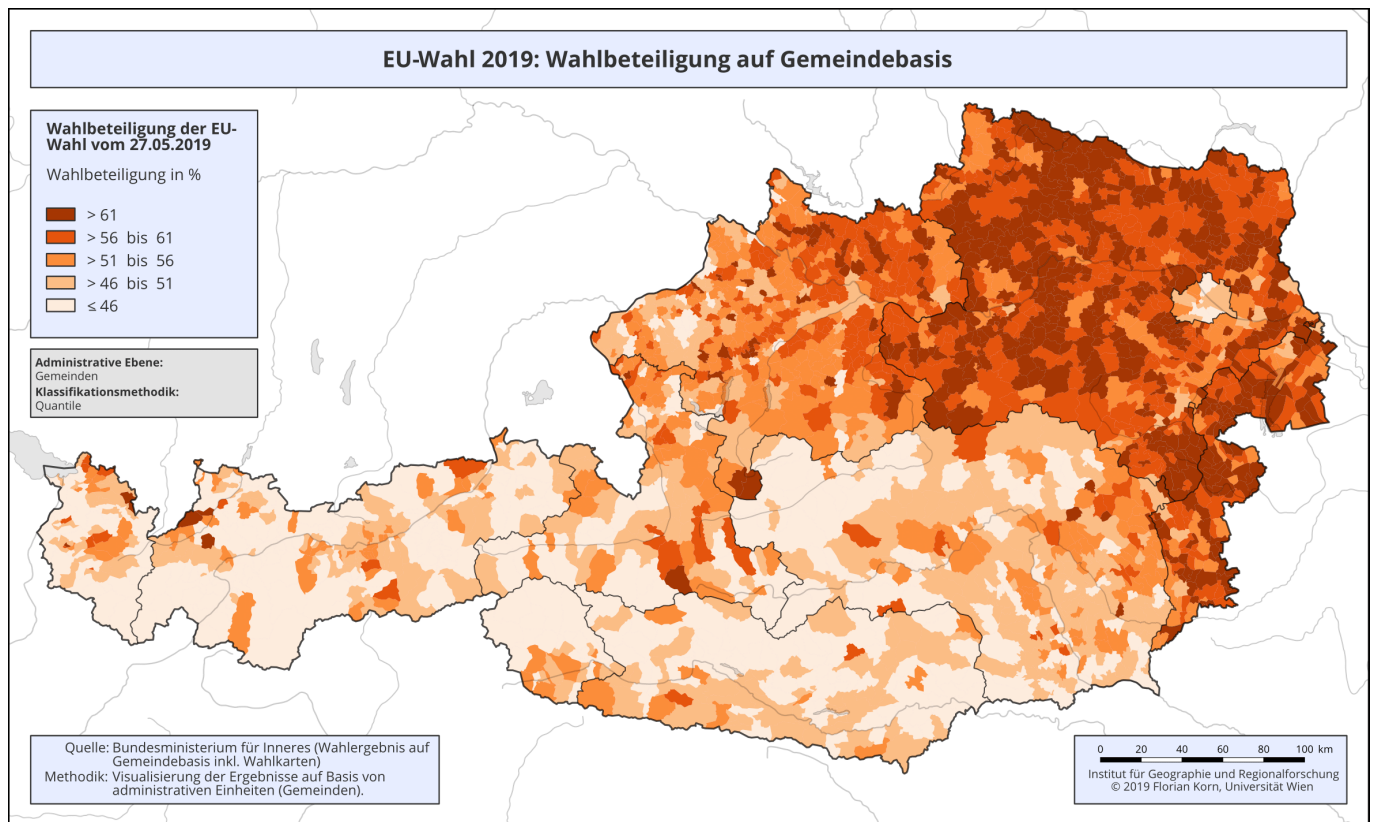


Abbildung 16: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Quantile“

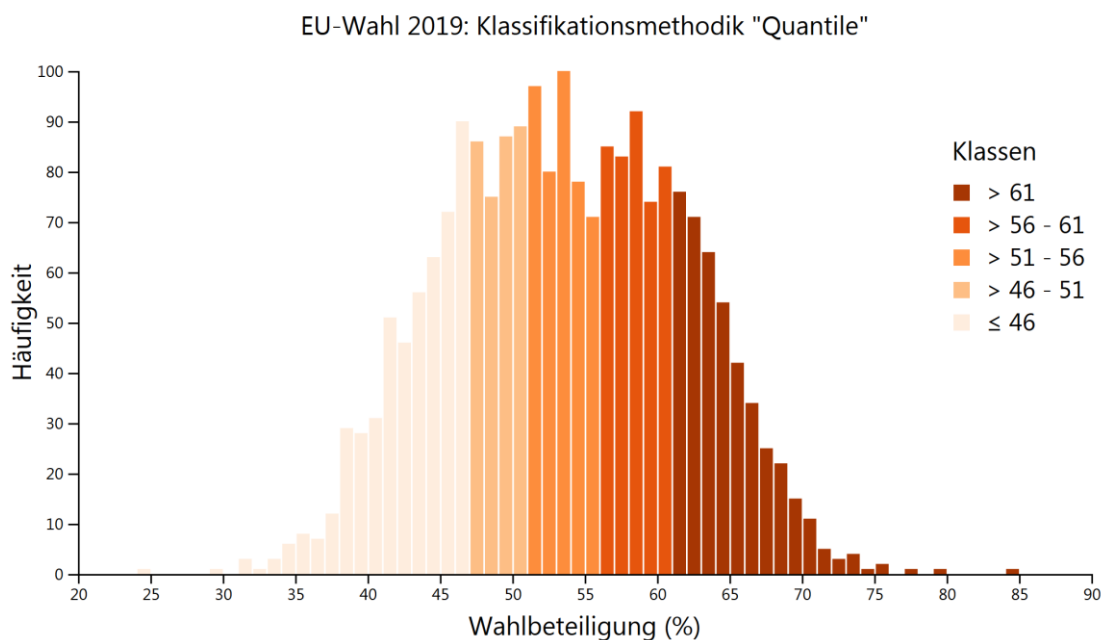


Abbildung 17: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Quantile"

6.1.3.3 Klassifikation mit gleichen Intervallen (*equal interval*)

Eine dritte Möglichkeit, quantitative Daten zu gruppieren, besteht in Intervallen mit gleichem Bereich, die im Allgemeinen als gleichmäßige Intervalle bezeichnet werden. Der Bereich der Datenwerte wird lediglich durch die gewünschte Anzahl von Klassen geteilt, um gleiche Intervalle zu erhalten. Gleiche Intervalle sind intuitiv, sinnvoll und leicht verständlich, da der menschliche Verstand die Unterteilung von Zahlenreihen in gleiche Bruchteile als angenehm empfindet. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:180)

Wenn jede Klasse eine ungefähr gleiche Anzahl von Beobachtungen enthält, erzeugen gleiche Intervalle die aussagekräftigste Karte. Für gleiche Intervalle müssen Datenwerte innerhalb ihres numerischen Bereichs gleichmäßig verteilt sein (etwa dieselbe Anzahl von Werten für niedrige, mittlere und hohe Werte). Wenn also die Datenwerte gleichmäßig verteilt sind, sollten mit Quantilen und gleichen Intervallen erstellte Choroplethenkarten identisch aussehen. Gleiche Intervalle sollten verwendet werden, um Unterschiede in den Werten zwischen den Bereichen hervorzuheben. Bei gleichen Intervallen ist die Verteilung der Werte einschließlich der Ausreißer leichter zu erkennen. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:180)

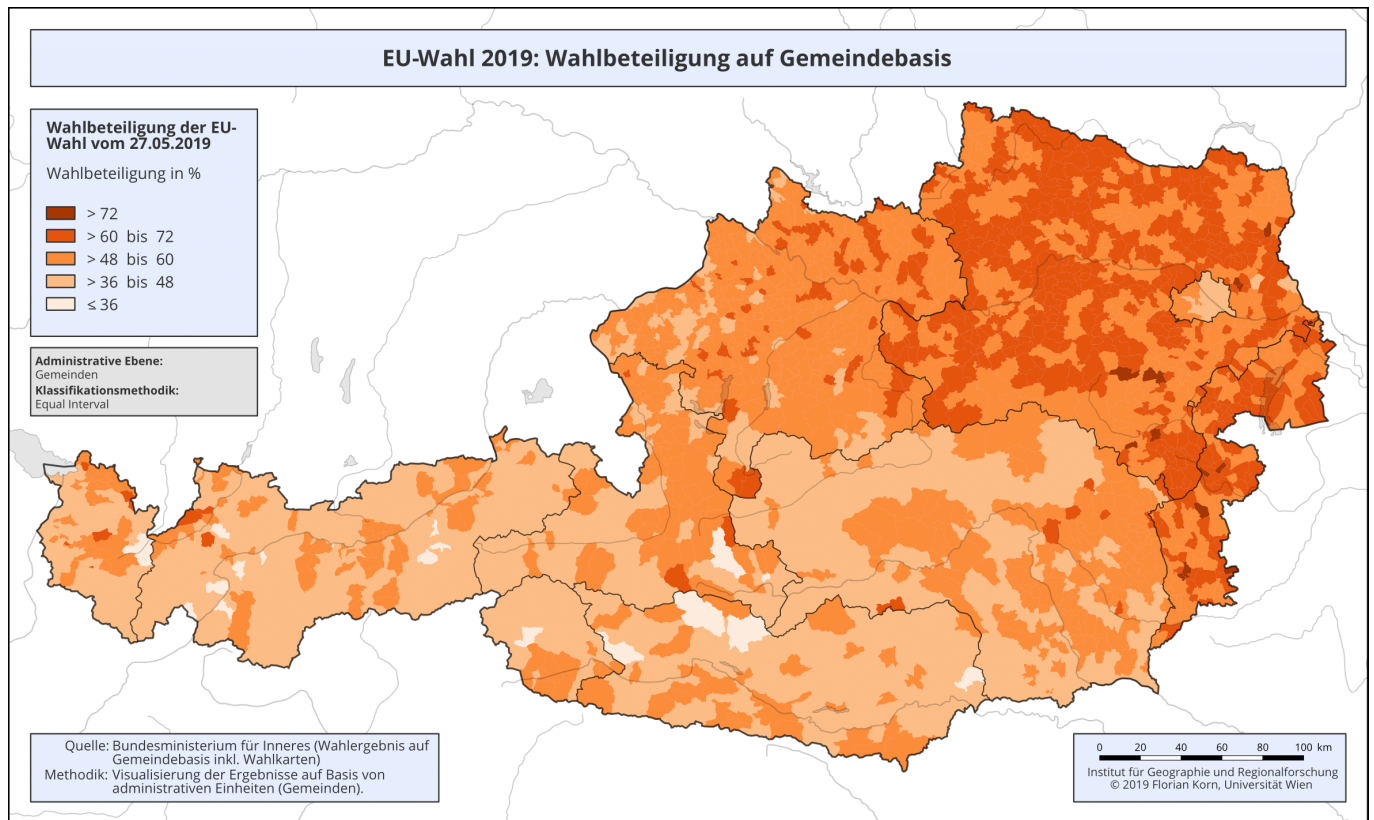


Abbildung 18: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Equal Interval“

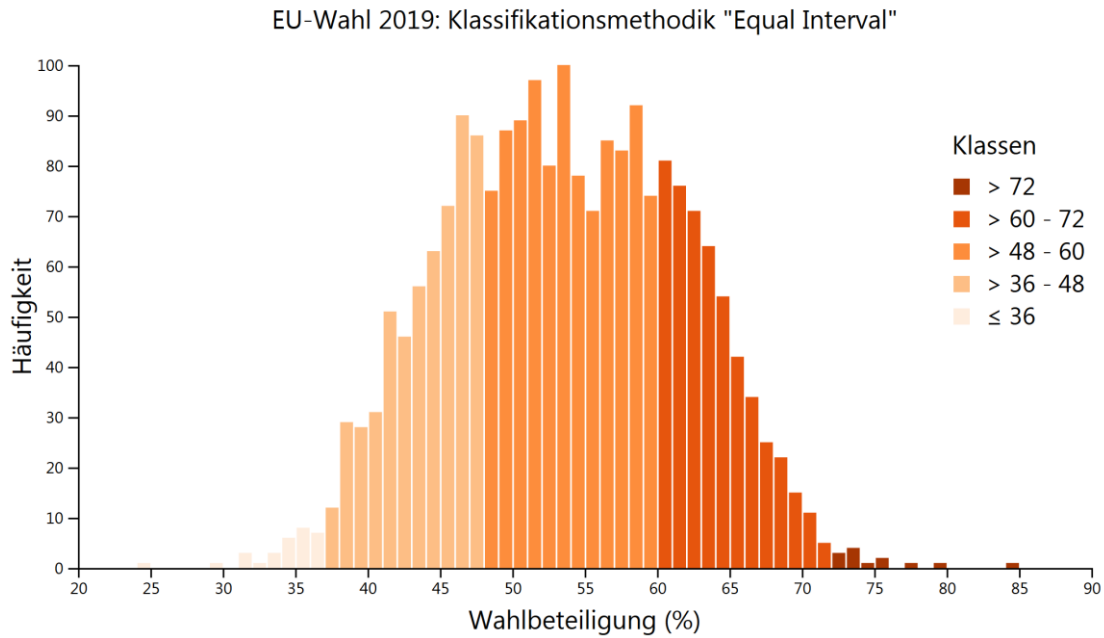


Abbildung 19: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Equal Interval"

6.1.3.4 *Natural Breaks Klassifikation (jenks-optimization)*

Eine andere Klassifizierungsmethode besteht darin, Klassengrenzwerten bei natürlichen Brüchen in der Verteilung von Datenwerten festzulegen, um Intervalle für natürliche Brüche zu erzeugen. Die Idee besteht darin, die Abweichungen innerhalb der Klassen zu minimieren und die Abweichungen zwischen den Klassen zu maximieren. Eine Möglichkeit, mit der Kartenersteller natürliche Brüche in einem Datensatz finden können, ist das Erstellen eines Frequenzdiagramms (oder eines Histogramms) - einer grafischen Anzeige, die die Menge der Werte in einem Datensatz und die Anzahl der Features mit diesen Werten anzeigt. Es kann erweitert werden und zeigt den Anteil der Funktionen, die in jede Datenkategorie fallen. Eine Möglichkeit Grenzen zu definieren, ist durch einen visuellen Entscheidungsprozess. Der Kartograph sucht nach Cluster von Datenwerten mit natürlichen Brüchen zwischen diesen und setzt Grenzen zwischen Klassen in der Mitte der Brüche. Eine andere Möglichkeit zum Festlegen der Klassenumbrüche mit dieser Methode besteht darin, sie zu berechnen. Diese vom amerikanischen Kartographen und Geographieprofessor George Jenks beschriebene Berechnungsmethode wird häufig als Jenks-Optimierungsmethode oder als Jenks-Klassifikation für natürliche Brüche bezeichnet. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:180-181)

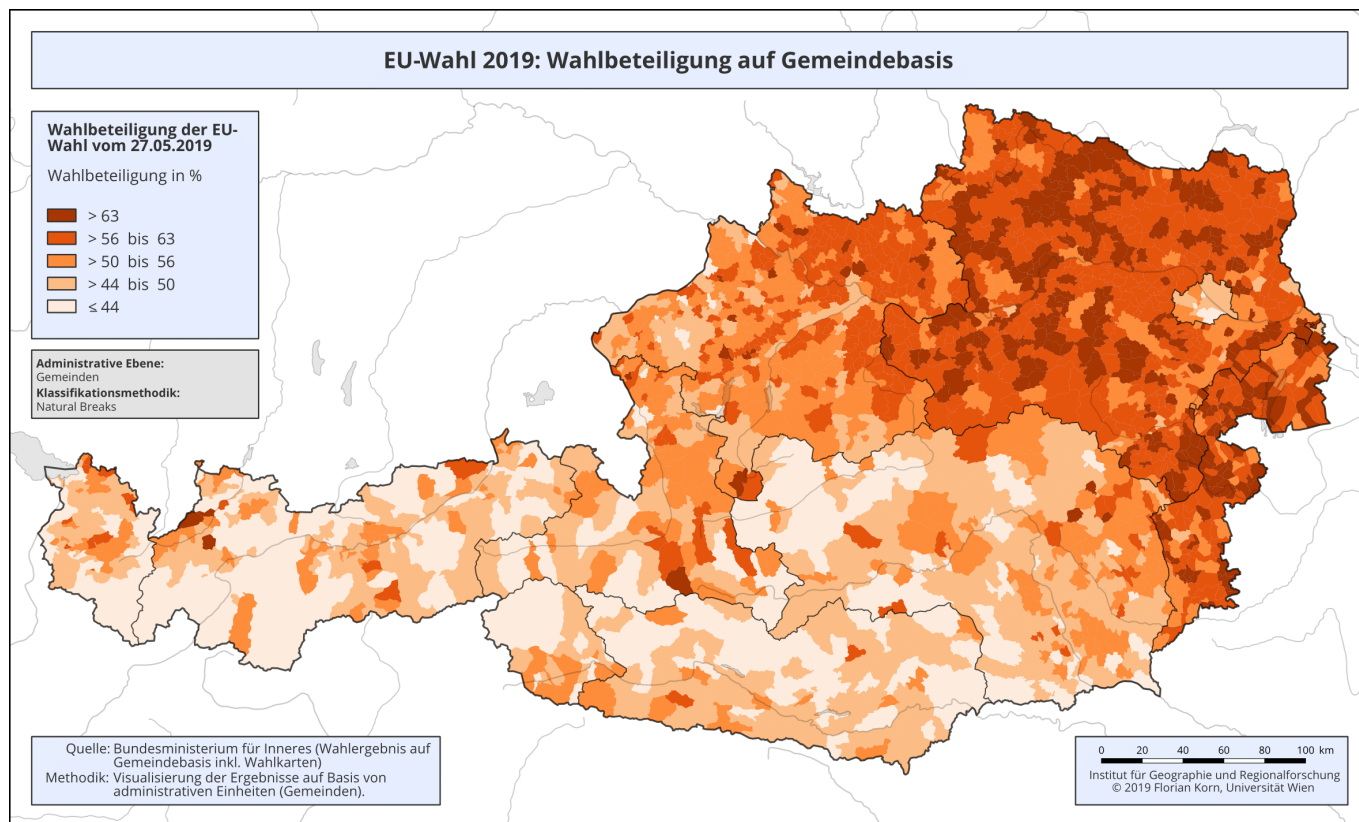


Abbildung 20: EU Wahl 2019 - Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Natural Breaks“

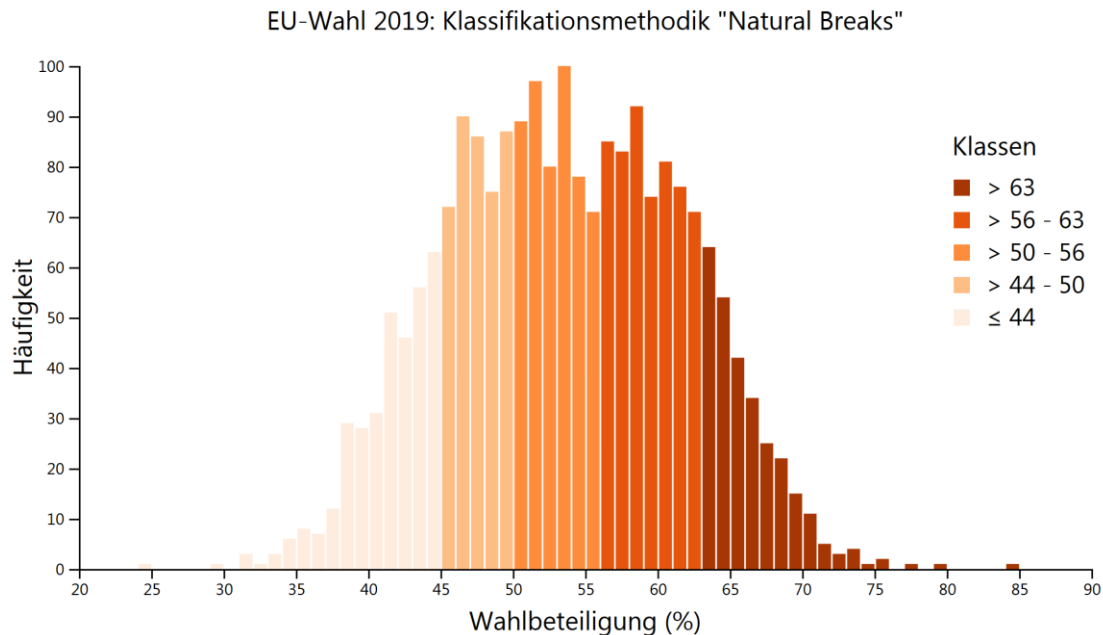


Abbildung 21: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Natural Breaks"

6.1.3.5 Critical Value Classification

Kartographen können auch kritische Werte verwenden, um Klassengrenzwerte zu bestimmen, wenn der kritische Wert eine besondere Relevanz für die zu visualisierenden Werte hat. Hierfür könnten physische Aspekte eines Themas herangezogen werden, etwa die Temperatur, unter der eine Ernte einfriert. Es kann sich dabei um einen politisch definierten Trennungspunkt handeln, beispielsweise um das Einkommensniveau, bei dem die Landkreise eine willkürlich definierte "Armutsgrenze" unterschreiten und somit staatliche Unterstützung erhalten. Auch ein statistischer Wert kann als Grenze aus den Daten errechnet werden, z. B. der Median oder der Mittelwert.

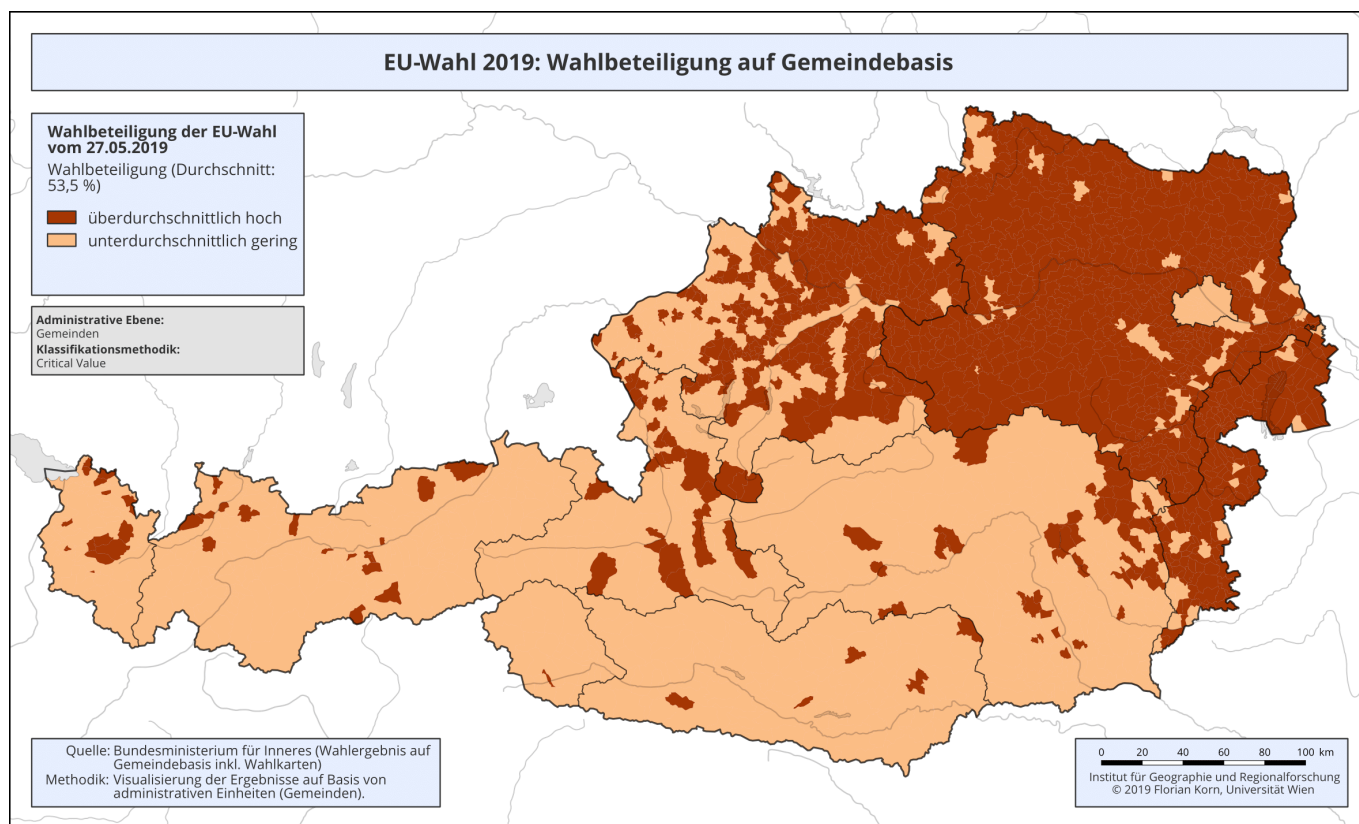


Abbildung 22: EU Wahl 2019: Wahlbeteiligung: Klassifikationsmethodik „Critical Value“

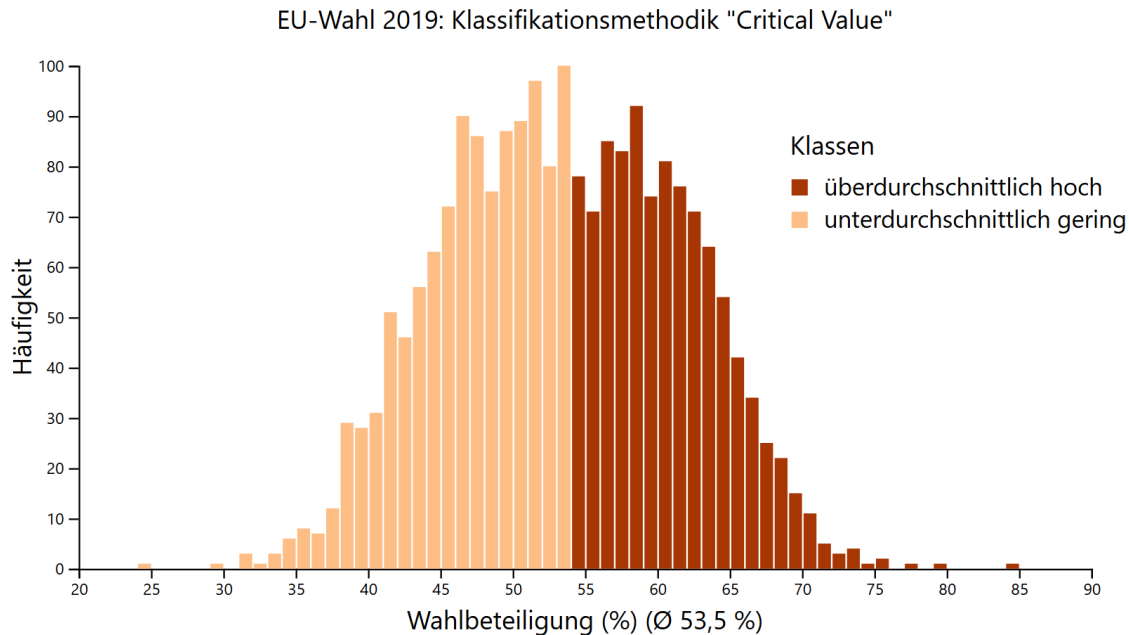


Abbildung 23: Werteverteilung: Klassifikationsmethodik "Critical Value"

6.1.3.6 Nicht Klassifiziert

Nicht klassifizierte Choroplethenkarten sind, obwohl über ihre Verdienste in Fachkreisen debattiert wird, eine attraktive Alternative zu klassifizierten Choroplethenkarten. (vgl. axismaps 2017) In solchen Karten gibt der Kartograph jedoch die Fähigkeit ab, die Nachricht der Kommunikation zu leiten. (vgl. DOBSON 1973:358) Kartenverallgemeinerung, Vereinfachung und Interpretation bleiben dem Leser überlassen. Es gibt zunehmend Beweise dafür, dass Leser vernünftig gute Beurteilungen der abgebildeten Werte treffen können, indem sie die Legenden untersuchen und insbesondere, dass die nicht klassifizierte Methode den meisten Kartenlesern genauere Werte vermitteln kann als klassifizierte Karten mit weniger als sechs Klassen. (vgl. DENT 1996:138-140)

Bei nicht klassifizierten Choroplethenkarten erhält jeder eindeutige Datenwert eine eindeutige Farbe. Beispielsweise sind die Wahlbeteiligungen in % für österreichische Gemeinden von niedrig nach hoch eingestuft und entlang einer kontinuierlichen Farbrampe von niedrig nach hoch platziert. Wenn beispielsweise eine große numerische Lücke besteht, kommt es zu einem entsprechend größeren Farbsprung. Die Daten werden proportional entlang der Farbrampe angeordnet.

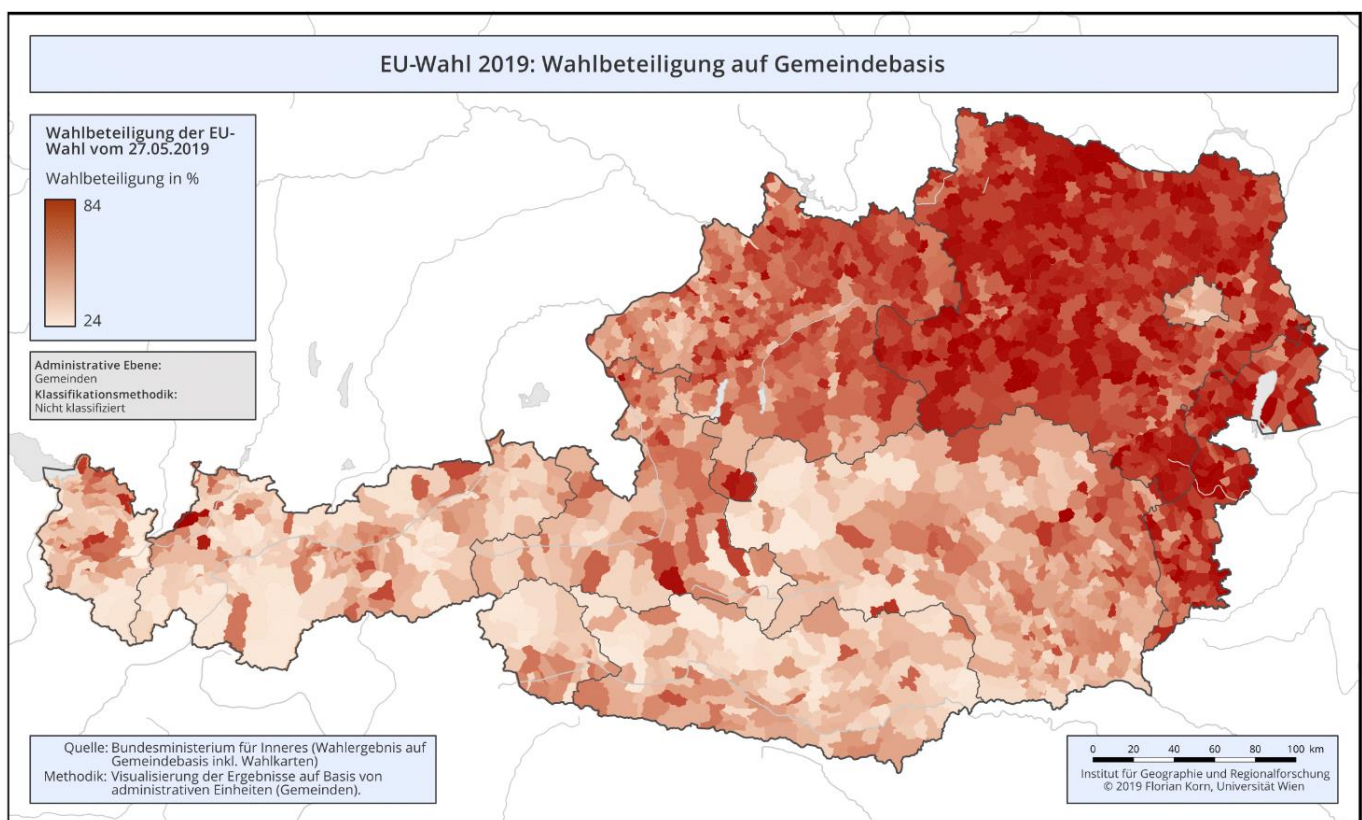


Abbildung 24: Nicht klassifizierte Choroplethenkarte

Diese Karten unterliegen jedoch nicht denselben Herausforderungen wie Karten mit klassifizierten Daten. Zum Beispiel kann eine Klassifizierung wichtige Details durch Übergeneralisierung maskieren, und viele Kartographen sind sich nicht sicher, wie viele Klassen verwendet werden sollen oder welche Klassifizierungsmethode für ihre Idee am besten geeignet ist. Das Problem bei nicht klassifizierten Karten ist jedoch, dass sie bei ein

oder zwei extremen Ausreißern unbrauchbar sein können, da mit Ausnahme der ein oder zwei sehr großen oder sehr kleinen Ausreißerwerte alles gleich aussieht. Die Schwierigkeit beim Lesen von nicht klassifizierten Choroplethenkarten besteht darin, dass die Karte die meisten Bereiche entweder als hoch oder niedrig anzeigt, es sei denn, die Werte sind mehr oder weniger gleichmäßig über den Bereich aller Werte verteilt, mit nur wenigen Bereichen an den entgegengesetzten Extremen. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:191)

Kartographen müssen den Zweck des endgültigen Erscheinungsbilds des Kartenwerkes bestimmen und individuelle Entscheidungen hinsichtlich der Verwendung von nicht klassifizierten Karten treffen. Sie können in Verbindung mit normal klassifizierten Karten verwendet werden, um dem Leser ein unbeschnittenes Inventar des abgebildeten Bereichs bereitzustellen.

Die Klassifizierung erlaubt dem Kartenersteller die Botschaft der thematischen Kommunikation zu strukturieren. Die Karten und Histogramme der unterschiedlichen Klassifizierungsmethoden haben im Vergleich gezeigt, wie sich die verschiedenen Techniken auf die zu transportierte Nachricht auswirken. Im Zuge der Klassifizierung ist eine Datenanalyse von Notwendigkeit, um die Unterschiede innerhalb einer Datenreihe übermitteln zu können. Letztendlich trägt die Klassifikation einen wesentlichen Teil zu der Symbolisierung der Daten bei, welche sich auf die finale Aussage der Karte auswirkt. Die Symbolisierung der Daten finden hierbei immer auf Basis von statistischen oder administrativen Einheiten statt, sie sind ein wesentliches Charakteristikum der Choroplethenkarte.

6.1.4 Raumeinheiten als Charakteristikum der Choroplethenkarte

Raumeinheiten stellen ein wichtiges Charakteristikum der Choroplethenkarte dar. Von der ICA wird die Choroplethenkarte als eine Technik beschrieben, bei der eine Einfärbung bzw. Schattierungen von Flächen, die für gewöhnlich statistische oder administrative Einheiten darstellen, stattfindet. (vgl. ICA 2019)

Die Raumeinheiten, die im allgemeinen statistische oder administrative Einheiten sind, werden aufgrund der Wertigkeiten der aggregierten Daten eingefärbt. Somit wird die Choroplethentechnik oftmals auch „enumeration mapping“ genannt. (vgl. DENT 1996:123) Aufgrund dessen ist eine Choroplethenkarte idealerweise für Phänomene geeignet, die sich gleichmäßig über eine Raumeinheit verteilen und an deren Grenzen ändern, so wie etwa Steuersätze verschiedener politischer Einheiten. Sie sind innerhalb der Raumeinheit konstant und ändern sich nur an den Raumeinheitengrenzen. (vgl. SLOCUM et al. 2005:251) Da viele Daten auf administrative Einheiten aggregiert und so veröffentlicht werden, wird oftmals auch die Choroplethenkarte als „einfachste“ und „richtige“ Visualisierungstechnik angewandt. Anstatt jedoch die Choroplethenkarte vorschnell zu nutzen, sollte überlegt werden, ob nicht eine andere Repräsentationsmethode die Daten besser kommuniziert. Als Alternative würde sich beispielsweise eine dasymetrische Karte anbieten, bei der die Grenzen der symbolisierten Flächen nicht unbedingt mit den Grenzen von administrativen

Einheiten übereinstimmen. (vgl. SLOCUM et al. 2005:328) Rasterbasierte Darstellungen stehen ebenfalls zur Auswahl um Daten auf Basis von gleich großen Flächen darzustellen. Bei statistischen oder administrativen Raumeinheiten resultieren weitere Bedenken aus ihren Größen und Formen, wie auch das folgende Zitat ersichtlich macht:

„Of particular concern in choropleth mapping is the size and shape of the enumeration units.” (SLOCUM et al. 2005)

Idealerweise wird die meiste Information mittel Choroplethenkarten übermittelt, wenn es keinen signifikanten Unterschied in Größe und Form der Raumeinheit gibt. Die Choroplethenkarte kann auch aufgrund ihrer Bezugsflächen Klassifiziert werden:

- Choroplethenkarte basierend auf administrativen Einheiten.
- Dasymetrische Karten zeigen die Dichte der Gebiete in Bezug auf geographische Eigenschaften.
- Choroplethenkarten in Relation zu geometrischen Einheiten wie Raster.

Besonders bei Choroplethenkarten basierend auf administrativen Einheiten kann kaum von identen Einheiten bezüglich der Größe gesprochen werden. Besonders diese Raumeinheiten in Verbindung mit den zu visualisierenden Daten, können eine weit verbreitete Fehlerquelle darstellen. Zusätzlich gibt es weitere Defizite und Schwächen welche, besonders bei falscher Anwendung der Choroplethenkarte, zu Vorschein kommen.

6.1.5 Defizite und Schwächen

Die Choroplethendarstellung ist zweifelsohne eines der wichtigsten und am weitest verbreiteten Mittel um quantitative Daten kartographisch zu visualisieren. So wie andere Darstellungsformen unterliegt die Darstellung bestimmten Regeln und Nutzungsnormen. Sie hat bestimmte Stärken wie auch Schwächen, die je nach Anwendungsfall zum Vorschein kommen. Besonders wenn diese Regeln nicht beachtet werden, kann die Darstellung zu Misskommunikation führen bzw. werden die Daten verzichtbaren Transformationsprozessen unterzogen. Im Folgenden werden die wichtigsten und häufigsten Fehlerquellen und Defizite bzw. Schwächen der Choroplethendarstellung identifiziert und charakterisiert.

6.1.5.1 Definition der Raumeinheiten

Die folgenden Abbildungen (Abbildung 25 und Abbildung 26) zeigen eine Problematik der administrativen Einheit bei Choroplethenkarten auf. Hier werden die Gebiete anhand ihrer Bevölkerungsdichte eingefärbt. Der dichtest besiedelte Bereich befindet sich im linken oberen Bereich, wird aber aufgrund der weniger besiedelten Bereiche im restlichen Bereich in eine niedrigere Klasse eingeordnet. Typisch ist dieses Problem etwa bei Bergregionen. Hier befinden sich dicht besiedelte Räume in den Tälern, welche jedoch in der Fläche einer administrativen Einheit liegt, die über die Täler in die Bergregionen hineinreicht.

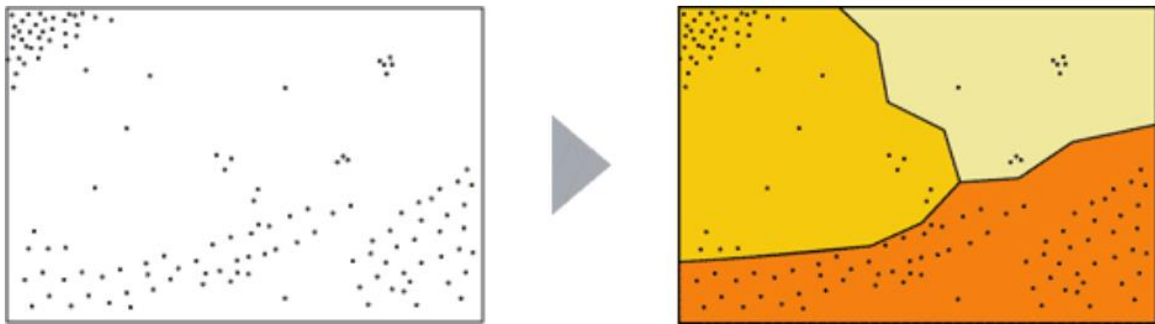


Abbildung 25: Unterteilung des Untersuchungsgebietes in administrative Einheiten (Quelle: GITTA 2017:57)

Ein Lösungsansatz für diese Problematik bzw. um die Daten wahrheitsgetreuer zu visualisieren, ist eine Aufteilung in gleich große Gebiete. Anbieten würde sich hierfür ein regelmäßiger Raster welcher exakt gleich große Raumeinheiten zur Folge hätte. Infolge könnten die Objekte in jeder Rasterzelle aufsummiert werden. Dies würde im Zuge des Transformationsprozesses eine geringere Verzerrung der Realität bedeuten. Problem dabei ist, dass zahlreiche Daten auf Basis administrativer Einheiten aufgenommen und publiziert werden und durch eine Choroplethenkarte auf einfachen Weg darstellbar sind. Die Disaggregation dieser Daten auf veränderte räumliche Einheiten bedeutet komplexe Zwischenschritte.

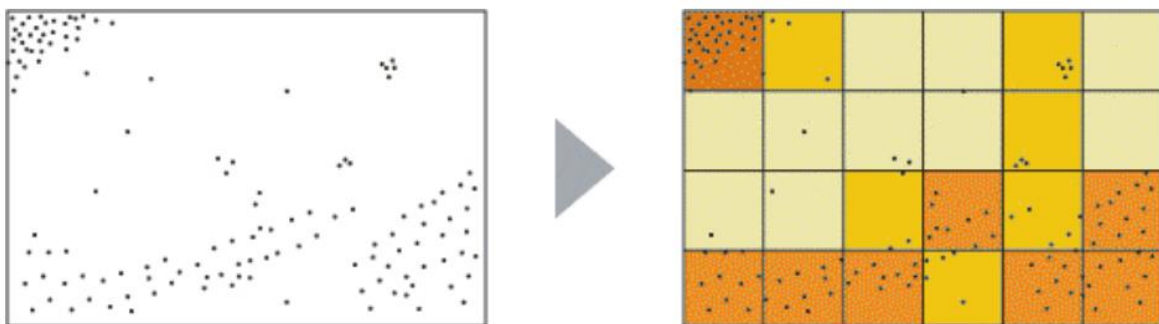


Abbildung 26: Einteilung des Untersuchungsgebietes in Rasterzellen (Quelle: GITTA 2017:58)

6.1.5.2 Überbetonung großer Gebiete

Choroplethenkarten neigen dazu, große Verwaltungseinheiten zu stark zu betonen, indem sie ihnen eine stärkere visuelle Gewichtung verleihen. Deshalb sollten Choroplethenkarten im Allgemeinen nur für Raumeinheiten mit nahezu einheitlicher Größe und Form verwendet werden. (vgl. SPECKMANN et al. 2010:2) Ein klassisches Beispiel für dieses Phänomen sind Wahlkarten der Vereinigten Staaten, in denen größere Gebiete der westlichen und zentralen Staaten ein größeres visuelles Gewicht erhalten als die kleineren Oststaaten. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Ein klassisches Beispiel hierfür sind Karten von Wahlergebnissen.

Das folgende Beispiel (Abbildung 27) zeigt das Ergebnis der US Wahlen aus dem Jahr 2016. Die eingefärbten Staaten zeigen die relativen Mehrheiten der demokratischen (rot) sowie der republikanischen Partei (blau). Die großflächigen zentralen Staaten sowie die Staaten des mittleren Westens erhalten eine viel stärkere visuelle Gewichtung als die kleinen

Oststaaten. Der Bundestaat Nebraska (durch Kreis 1 markiert) mit der Einwohnerzahl von 1,929 Millionen (Stand 2019) hat durch seine große Fläche eine viel stärkere visuelle Wirkung als beispielsweise der kleine Bundesstaat Massachusetts mit 6,939 Millionen Einwohner (Stand 2019) (durch Kreis 2 markiert).

Wie haben die Wähler in den Bundesstaaten entschieden?

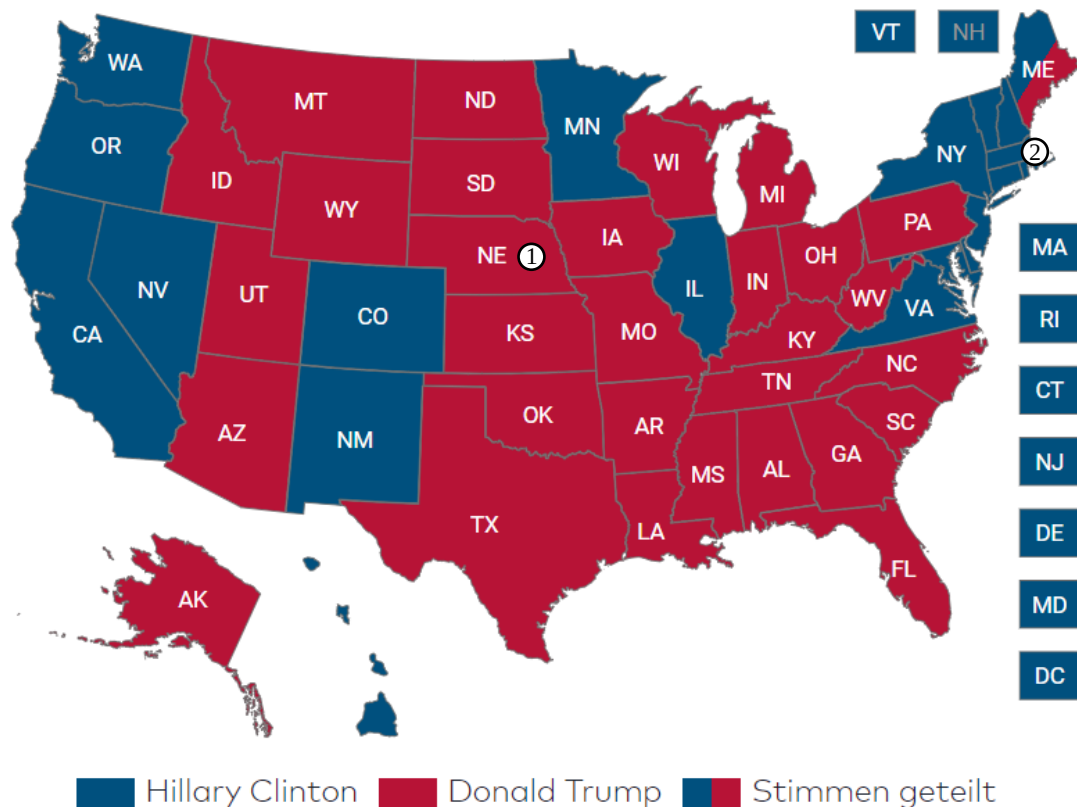


Abbildung 27: Ergebnis der US - Wahlen 2016 (Quelle: Welt 2016)

Ein weiteres Beispiel (Abbildung 28) zeigt die Ergebnisse der EU - Wahl 2019 in Österreich auf Bundesländerbasis. Hier treten ebenfalls sofort die größeren administrativen Einheiten aufgrund ihrer visuellen Wirkung hervor. Das flächenmäßig kleine Wien fällt infolge aus dem Fokus der Betrachtung. Im Vergleich zeigt sich jedoch, dass die Anzahl der 679.709 abgegebenen Stimmen einen durchaus großen Einfluss auf das Österreichweite Ergebnis haben. Dem flächenmäßig zweitgrößtem Bundesland Österreichs, der Steiermark mit 547.867 abgegebenen Stimmen, kommt eine viel stärkere visuelle Komponente zu. Durch diese Darstellung wird der Informationsfluss in gewissen Phasen durch unzureichende Transformation manipuliert. Die Informationen werden immer mit einem gewissen Vorwissen oder Bildungsstandes des Rezipienten verarbeitet. Wird das behandelte Beispiel ohne Vorwissen der Verteilung der österreichischen Bevölkerung angesehen, so kann der Informationsgewinn des Rezipienten als unzureichend eingestuft werden.

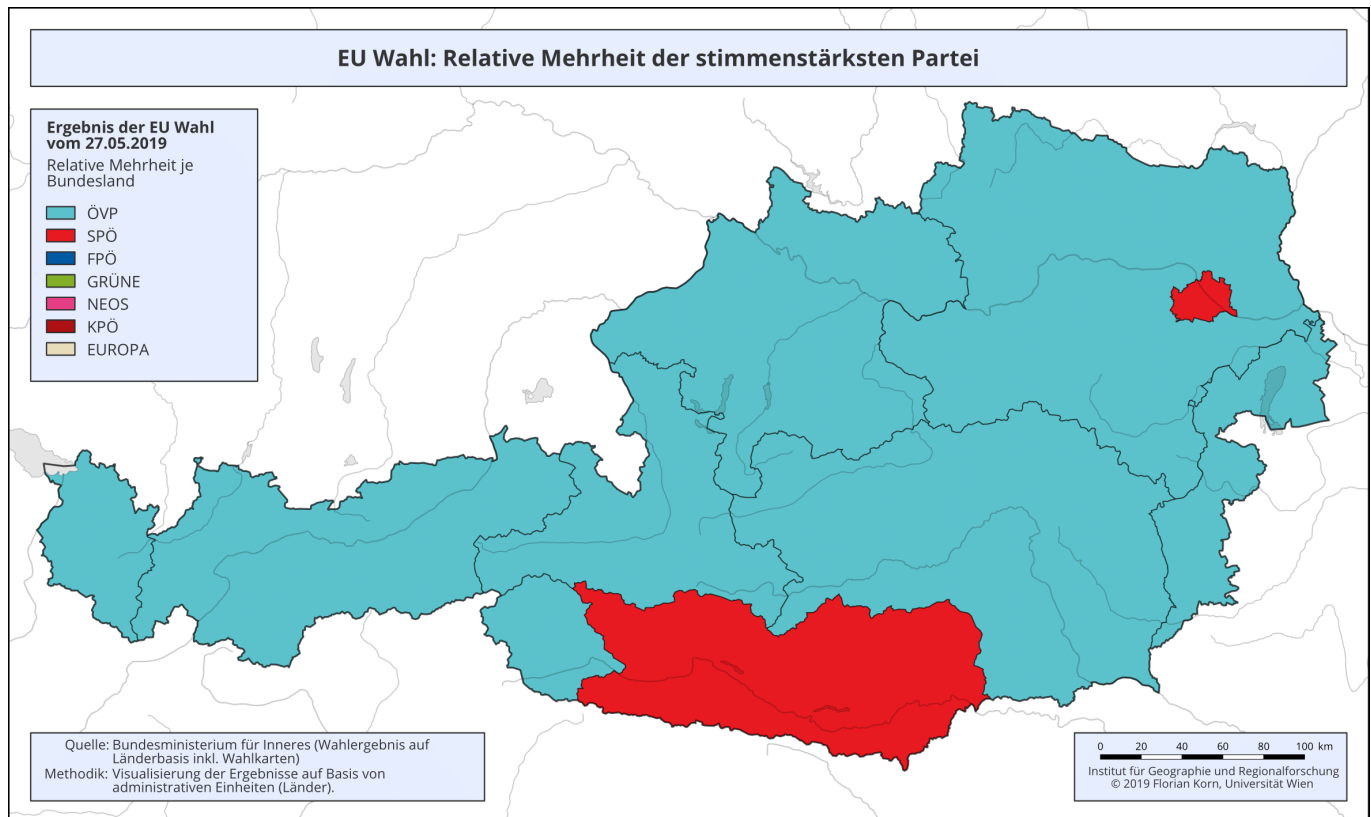


Abbildung 28: Beispiel für Überbetonung großer Gebiete anhand der EU Wahl 2019

6.1.5.3 Visualisierung kontinuierlicher Daten

Choroplethenkarten werden typischerweise genutzt, wenn Daten auftreten, die definierten Raumeinheiten zugeordnet werden können, beispielsweise statistische Einheiten oder politische Verwaltungsbereiche. Geographische Phänomene, die in der Natur kontinuierlich sind, sollten nicht durch die Choroplethentechnik visualisiert werden, da ihre Verteilungen nicht durch politische oder administrative Grenzen kontrolliert werden. (vgl. DENT 1996:112) Ein Beispiel für die fälschliche Anwendung der Choroplethenkarte ist die Kartierung von Bevölkerungsdaten. Das Bevölkerungsmuster spiegelt die ökologischen und sozialen Faktoren wieder, nicht den Datenerhebungsbereich. Die Bevölkerung ist innerhalb der Einheiten nicht kontinuierlich und ändert sich auch nicht abrupt an den Grenzen der Raumeinheiten, wie die Choroplethenkarte zu vermitteln vermeint. Aufgrund dessen erhält ein unkritischer Rezipient möglicherweise diesen Eindruck von Bevölkerungsdichtekarten. (vgl. BUCKLEY et al. 2016:190-191)

6.1.5.4 Innerregionale Variation der Daten

Choroplethenkarte sind kontraproduktiv, wenn es darum geht, innerregionale Variationen von thematischen Daten zu visualisieren, da sie die Daten einheitlich über die ursprüngliche Form der Raumeinheit anzeigen. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Bei den Daten, besonders bei statistischen Daten, ist darauf zu achten, dass sie Phänomene beschreiben, die weder in der gesamten Bezugsfläche vorkommen, noch gleichmäßigen über deren Fläche verteilt sind. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass gezählte Einheiten nur an wenigen Stellen innerhalb einer Bezugsfläche auftreten und gleichzeitig in großen Bereichen überhaupt nicht

vorkommen. (vgl. BURGDORF 2009:689) Als Beispiel sei hier abermals die Visualisierung der Bevölkerungszahlen einer Raumeinheit genannt. Die Bevölkerung konzentriert sich üblicherweise nur in eine oder wenige Siedlungen, wird durch eine Choroplethenkarte aber über die gesamte Raumeinheit verteilt und durch Einfärbung visualisiert. Durch die flächenhafte Einfärbung, entsteht der Eindruck, die Bevölkerung sei gleichmäßig über den Raum verteilt.

Die Visualisierung von Bevölkerungsdaten eignet sich sehr gut, um diese zwei Defizite der Choroplethenkarte zu zeigen, da diese Daten kontinuierlich sind und innerhalb einer administrativen Einheit variieren. Die Abbildung 29 zeigt eine Visualisierung der Bevölkerungsdichte in Österreich auf Basis der politischen Bezirke. Die bevölkerungsreichen Regionen in den urbanen Gebieten sind klar durch die Einfärbung zu erkennen. Die Einheiten dieser Regionen sind flächenmäßig sehr klein und auf die Stadtgrenzen begrenzt, weshalb der Mangel der unzureichenden Vermittlung der Variation der Daten in diesem Bereich kaum zutrifft. Jedoch ist eine scharfe Grenze der Daten zu den benachbarten Einheiten zu erkennen, die in der Realität nicht existiert. In den ländlichen Räumen hingegen, wo viele Bereiche sehr gering bis gar nicht besiedelt sind, vermittelt die Choroplethenkarte eine flächenmäßige kontinuierliche Ausbreitung ohne einer Variation der Daten. Eine vergleichende Darstellung (Abbildung 30) mit Rasterzellen ausgehend einer Rasterweite von 2,5 km spiegelt den tatsächlichen Sachverhalt besser wieder. Im nahstädtischen Bereich von Wien sind die bevölkerungsreichen Gebiete im Süden klar zu sehen. (siehe schwarzer Ausschnitt) Weiters sind in dieser Darstellung die unbewohnten ländlichen und gebirgigen Räume eindeutig zu erkennen. Durch die geringe Rasterweite kommen die bevölkerungsreichen Täler sehr gut zur Geltung und eine realitätsnahe Kommunikation des Sachverhaltes ist möglich. (siehe roter Ausschnitt)

Aufgrund dieses Vergleichs ist festzuhalten, dass flächendeckende geometrische Rasterzellen, gegenüber den ungleichen Flächengrößen bei administrativen Bezugseinheiten durch die einheitliche Flächengröße, eine neutrale Raumgliederung und einen einwandfreien flächenmäßigen Vergleich ermöglichen. Aus dem Vergleich erkennt man, dass sich zum Aufzeigen von regionalstatistischen Unterschieden die administrativen Gebietsgliederungen, wie die der Politischen Bezirke und Gemeinden sowohl Absolutwertdarstellungen als auch Relativwertdarstellungen kaum eignen. Hierbei muss daran erinnert werden, dass die Grenzen von administrativen Gebietsgliederungen nach dem Gesichtspunkt der Verwaltung erstellt sind und mit den Grenzen des jeweils zu untersuchenden Sachverhaltes in vielen Fällen nichts zu tun haben. (vgl. WONKA 2010:17ff)

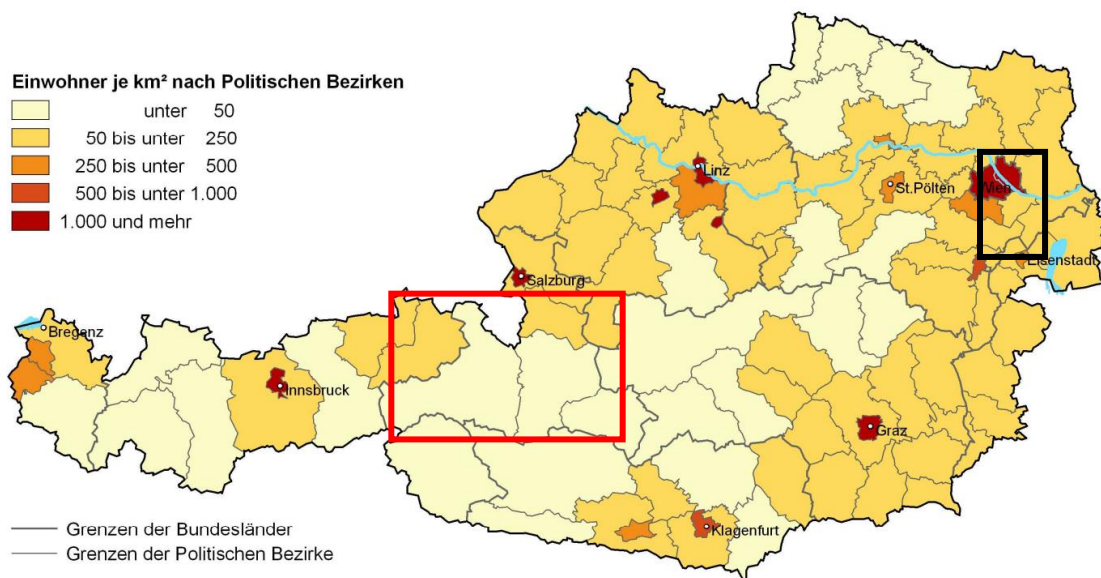


Abbildung 29: Bevölkerungsverteilung Österreichs auf Basis von Politischen Bezirken (Quelle: WONKA 2010)

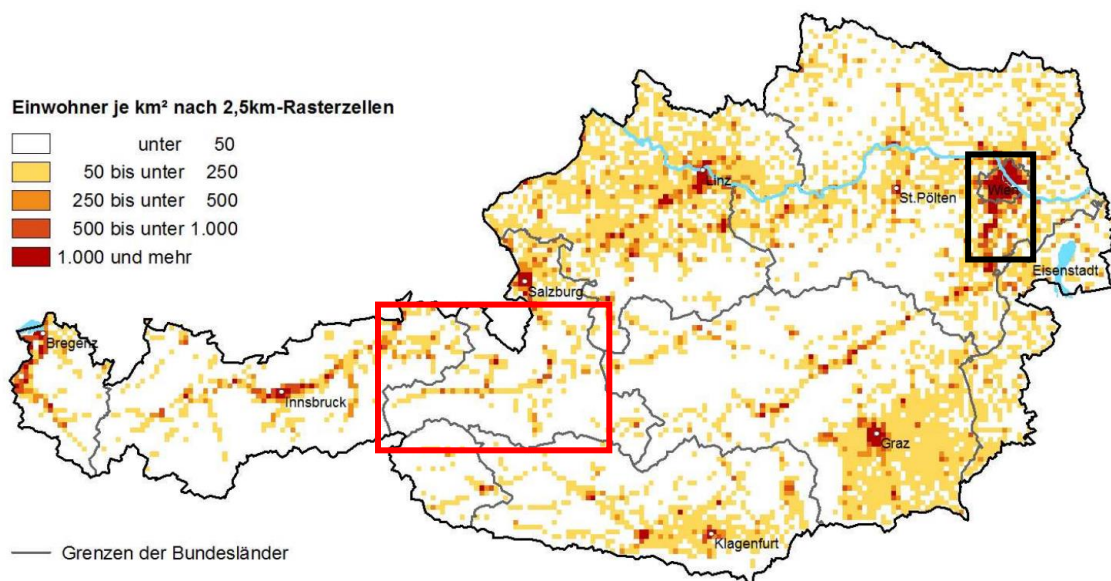


Abbildung 30: Bevölkerungsverteilung Österreichs auf Basis von 2,5 km Rasterzellen (Quelle: WONKA 2010)

6.1.5.5 Absolute vs. relative Zahlen

Eine der am häufigsten anzutreffenden Fehler bei der Darstellung von Daten durch Choroplethenkarten ist, dass absolute Werte visualisiert werden. Absolutwertdarstellungen mittels einer Choroplethenkarte sind in der kartographischen Gemeinschaft nicht akzeptabel. (vgl. DENT 1996:125) Wird die Choroplethenkarte auf Absolutwerte angewendet, so werden auf unzulässige Weise die Daten mit der Bezugsflächengröße multipliziert. (vgl. BURGDORF 2009:690) Choroplethenkarten eignen sich somit nicht zur Visualisierung von Größen eines bestimmten Phänomens, sollten aber stattdessen nur für Intensitäten verwendet werden, d. h. absolute Bevölkerungszahlen von Regionen gegenüber (normalisierter) Bevölkerungsdichte von Regionen. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Ein

zusätzliches Problem, welches bei der Darstellung von Absolutwerten auftritt, ist der Effekt, dass bei Gebietszusammenlegungen die Werte addiert werden und anschließend einer höheren Klasse zugeordnet werden. Dieser Effekt ist im Vergleich der Darstellungen (a) und (b) in Abbildung 31 zu erkennen. Durch die Gebietszusammenlegungen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (siehe schwarzer Ausschnitt) erfahren diese eine höhere Klassenzugehörigkeit. Die Relativwertdarstellungen im Vergleich ergeben ein differenziertes und ordnungsgemäßeres Bild (siehe roter Ausschnitt). Grundsätzlich liefern die Relativwertdarstellungen ein korrekteres Bild, da der Absolutwert mit der über die gesamte Bezugsfläche vorhandenen Bevölkerung normalisiert wird. Das Beispiel in Abbildung 31 zeigt deutlich, wie sehr unsere visuelle Wahrnehmung von der richtigen Überführung des Sachverhaltes in das graphische System abhängt und wie fehlerhafte Nutzungen von kartographischen Techniken die Botschaft der Karte beeinflussen können.

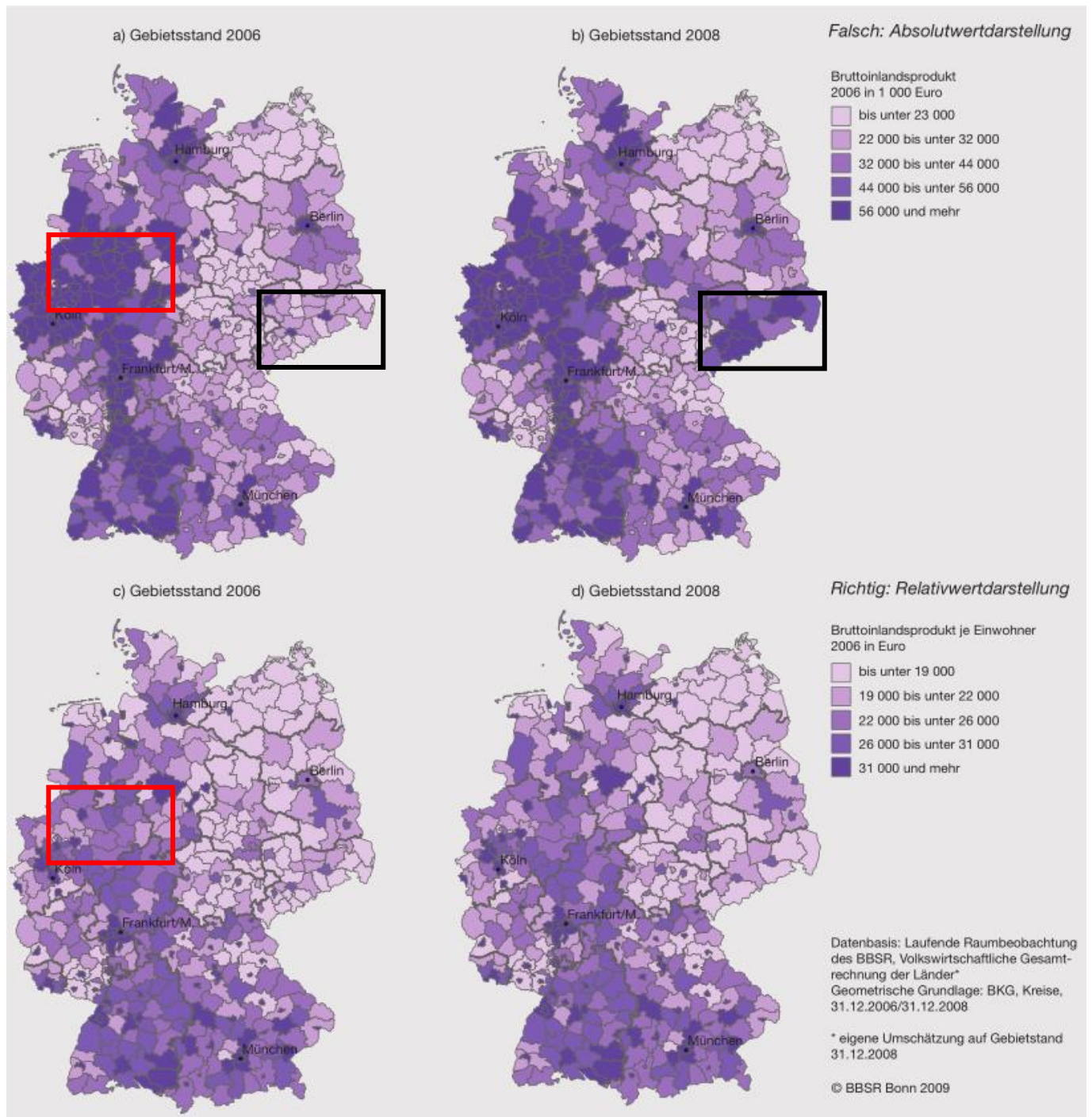


Abbildung 31: Absolutwert- und Relativwertdarstellung im Vergleich (Quelle: BURGDORF 2009)

Absolutwertdarstellungen sind eine weit verbreitete Fehlerquelle bei der Choroplethenkarte und können zu Fehlinterpretationen der Realität führen. Daher wird die Beschränkung von Choroplethenkarten auf relative Werte von Burgdorf gar als „eine der wichtigsten Regeln in der thematischen Kartographie“ bezeichnet. (vgl. BURGDORF 2009:690)

6.1.6 Abschließende Bewertung

Die Choroplethenkarte ist eine der am weitest verbreiteten kartographische Repräsentationsmethode. (vgl. SCHIEWE 2016:1) Seit ihrer ersten Anwendung bei der Publikation von Charles Dupin ist sie aus der globalen Kartographie nicht mehr wegzudenken. Sie ist einfach zu erstellen und die meisten GIS bieten einfache Workflows zur Erstellung von Choroplethenkarten. Die Erstellung von Karten wird in vielen Fällen auch aus den Händen von professionell ausgebildeten Kartographen genommen und durch Personen mit unzureichenden kartographischen Kenntnissen erstellt. Die Strömung der Neogeographie, bei der die Verwendung von geographischen Techniken und Werkzeugen für persönliche und gemeinschaftliche Aktivitäten oder durch eine nicht sachkundige Gruppe von Benutzern herangezogen werden, verstärken diese Effekte. Wie in diesem Kapitel besprochen, können primär vier Defizite charakterisiert werden.

1) Die fälschliche Anwendung administrativer Einheiten und Überbetonung großer Gebiete

Die Überbetonung großer Gebiete ist auf die ungleichen Größen der administrativen Einheiten zurückzuführen. Choroplethenkarten sollten daher nur für Raumeinheiten mit nahezu einheitlicher Größe und Form verwendet werden. (vgl. SPECKMANN et al. 2010:2) Ein Idealfall stellt ein Raster dar, bei dem alle Einheiten identer Größe sind. Ein klassisches Beispiel bei dem dieses Phänomen zum Vorschein kommt, sind Karten von Wahlergebnissen. Durch die starke visuelle Wirkung der großen Gebiete, unter Vernachlässigungen der Anzahl an Stimmberechtigten in den Einheiten, wird das Ziel der kartographischen Kommunikation verfehlt.

2) Visualisierung kontinuierlicher Daten

Ein Charakteristikum der Choroplethenkarte ist die Visualisierung auf Basis administrativer Einheiten. Phänomene, die kontinuierlich verteilt sind und nicht durch politische oder administrative Grenzen kontrolliert werden, sollten daher nicht mit Choroplethenkarten visualisiert werden. Die Choroplethenkarte vermittelt den Eindruck von scharfen Grenzen in der Verteilung des Sachverhaltes.

3) Innerregionale Variation von Daten

Da die Choroplethenkarte die Daten auf Basis administrativer Einheiten visualisiert, können innerregionale Variationen der Daten nicht kommuniziert werden. Oftmals werden Phänomene visualisiert, die weder in der gesamten Bezugsfläche vorkommen, noch gleichmäßig über die Fläche verteilt sind. Die Choroplethenkarte jedoch kommuniziert, dass der Sachverhalt gleichmäßig im Raum verteilt sei.

4) Absolute vs. Relative Zahlen

Der am häufigsten anzutreffende Fehler bei Choroplethenkarten ist die Darstellung von Absolutwerten. Dadurch werden die Daten auf unzulässige Weise mit der Bezugsfläche

multipliziert. Daher ist eine der wichtigsten Regeln in der Kartographie die Beschränkung auf relative Werte bei Verwendung der Choroplethentechnik. (vgl. BURGDORF 2009:960)

Diese vier Defizite greifen teils auch ineinander. So werden etwa kontinuierliche Daten durch die Aufteilung in Raumeinheiten „abgeschnitten“ oder die Zusammenstellung der Objekte, welche die Variation der Daten bedeuten auch durch diese bestimmt.

Diese Defizite inspirierte die wissenschaftlichen kartographischen Gemeinschaften zur Entwicklung weiterer Techniken, welche im anschließenden Abschnitt gezeigt und analysiert werden. Letztendlich stellen die definierten Schwachstellen und Defizite einen wichtigen Faktor zur Erstellung der TGM dar, da diese vor allem als alternative zur Choroplethendarstellung zur Visualisierung quantitativer raumbezogener Daten betrachtet werden soll.

6.2 Weiterentwicklungen

Wie in der abschließenden Bewertung der Choroplethenkarte diskutiert, sind Defizite bei der Visualisierung und Kommunikation der Daten und des Sachverhaltes in bestimmten Anwendungsfällen erkennbar. Die wissenschaftliche kartographische Gemeinschaft hat mit mehreren Techniken versucht, diese Defizite, wie es sich auch diese Arbeit zum Ziel gesetzt hat, zu beseitigen bzw. Alternativen anzubieten. Des Weiteren stellt sich die Frage, ob die auch aus anderen Anlässen und Bedürfnissen entwickelten Techniken, in einigen Fällen mehr Informationen, mit geringerer Transformation als Choroplethenkarten transportieren. Es seien die Probleme der Überbetonung großer Gebiete und der administrativen Einheiten, der Visualisierung kontinuierlicher Daten, der innerregionalen Variation der Daten oder der Diskrepanz zwischen der Visualisierung absoluter und relativer Zahlen genannt. Die folgende Auswahl an Visualisierungstechniken soll Alternativen anbieten. Sie sollen Antworten auf diese Probleme geben.

6.2.1 Dasymetrische Karten

Obwohl Daten oftmals für administrativen Einheiten gesammelt und auf dieser Ebene abgebildet werden, können die resultierenden Karten irreführend sein, da die Verteilung des zugrunde liegenden Phänomens häufig innerhalb der administrativen Einheiten variiert und nicht homogen über die Fläche verteilt ist. Eine Lösung dafür bieten die Techniken der dasymetrischen Karte an. Der Begriff „dasymetrisch“ wird auf einen Bericht des russischen Geographen Benjamin Semenov-Tian-Shanskyis von 1911 an die Russian Geographic Society zurückgeführt. Der Begriff geht auf das Griechische zurück (dasys - dicht, metreo - zu messen) und wird als

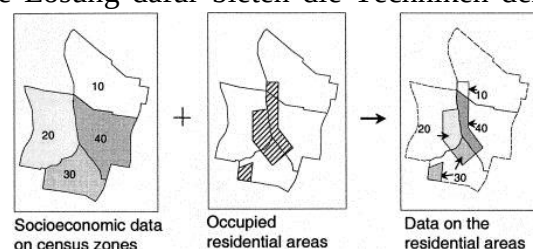


Abbildung 32: Verfahren bei dasymetrischer Karte
(Quelle: Jhammond21 2012)

„Dichtemessung“ übersetzt. (vgl. MENNIS 2009:729)

Das Ziel dieser Technik ist die Modellierung einer genaueren räumlichen Verteilung eines Phänomens, als bei Choroplethenkarten möglich ist, und die Darstellung in einer Karte. Wie die Choroplethenkarte verwendet eine dasymetrische Karte Flächensymbole, wobei die Grenzen der Symbole nicht unbedingt mit den Grenzen von administrativen Einheiten übereinstimmen. (vgl. SLOCUM et al. 2005:328) Durch den dasymetrischen Prozess werden die administrativen Einheiten in kleinere, mehr kartenrelevanter Gebiete, aufgetrennt. (Abbildung 32) Einfach ausgedrückt stellt das dasymetrische Verfahren eine statistische Oberfläche als eine Reihe von Zonen einheitlichen statistischen Wertes dar, die abrupte Wertänderung getrennt werden. Meistens werden sie bei der Visualisierung von Bevölkerungsdaten genutzt. (vgl. DENT 1996:147)

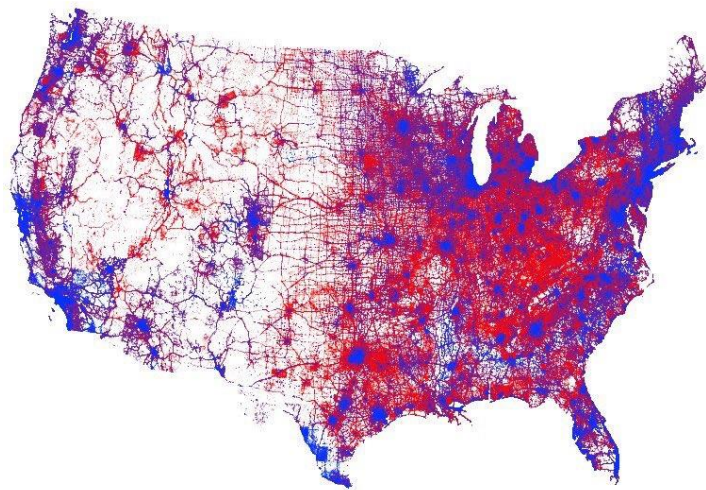


Abbildung 33: "Dasymetric dot density" der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019)

Die Karte der US - Wahlen 2016 (Abbildung 33), zeigt eine dasymetrische Punktdichtekarte. Sie stellt quantitative Daten dar, indem Punkte verwendet werden, um die Menge der abgebildeten Phänomene anzuzeigen. Jedem Punkt wird ein bestimmter Datenwert zugewiesen, und die visuelle Gesamtsumme der Punkte zeigt an, wo sich mehr oder weniger der abgebildeten Phänomene befinden. (vgl. FIELD 2019) Durch diese Karte wird sofort ersichtlich, wo bevölkerungsreiche und bevölkerungsarme Gebiete sind und daher eine größere Gewichtung zum Wahlergebnis beitragen. Der starke visuelle Fokus auf die flächengroßen Staaten ist hier nicht vorhanden. Im Vergleich zur Choroplethenkarte können kleinräumige Unterschiede der Datenausprägungen gut erfasst werden und werden nicht auf eine administrative Fläche verteilt. Jedoch ist zu sagen, dass dasymetrische Karten aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten, sie mit automatisierten Werkzeugen wie einem GIS herzustellen, nicht weit verbreitet sind.

6.2.2 Anamorphosen / Kartogramm

Eine Methode, die versucht das Problem der Überbetonung von großen Gebieten zu beseitigen, ist die Darstellungsform der kartographischen Anamorphose oder Kartogramme. Der Begriff Kartogramm lehnt sich an den im Englischen gebräuchlichen „cartogram“ an, wobei auch häufig der Begriff kartographische Anamorphose verwendet wird. Hier muss zwischen den Begriffen „Flächenkartogramm“ und „Kartogramm“ differenziert werden, da ersterer oftmals als Synonym für den Begriff „Choroplethenkarte“ verwendet wird.

Kartographische Anamorphosen werden als absichtlich verzerrte Karten definiert, deren räumliche Eigenschaften nicht direkt mit der Lage auf der Erdoberfläche, sondern mit dem Wert einer thematischen Variable zusammenhängt. Das heißt, dass die einzelnen Bezugsflächen proportional zum Variablenwert skaliert werden. (vgl. BURGDORF 2009:692) Das Ziel besteht darin, den Sachverhalt durch Skalierung der thematischen Variable wahrheitsgetreuer zu transportieren. Während dieser räumlichen Verzerrung kann die visuelle Darstellung, unter bestimmten Bedingungen für die Anzeige von Daten, geeigneter sein, vor allem wenn Raumeinheiten sehr unterschiedliche Größen haben. (vgl. SKOWRONNEK 2018:2) In der Regel werden Orte auf einem Kartogramm so gezeichnet, dass ihre Größe im Verhältnis zu ihrer Bevölkerung steht. Ihre Größe könnte jedoch zu jedem messbaren Merkmal proportional erstellt werden. Konventionelle Karten können als Landflächen-Kartogramme betrachtet werden, da die darauf befindlichen Orte im Verhältnis zu ihren Landflächen gezeichnet werden. (vgl. DORLING 1996:4)

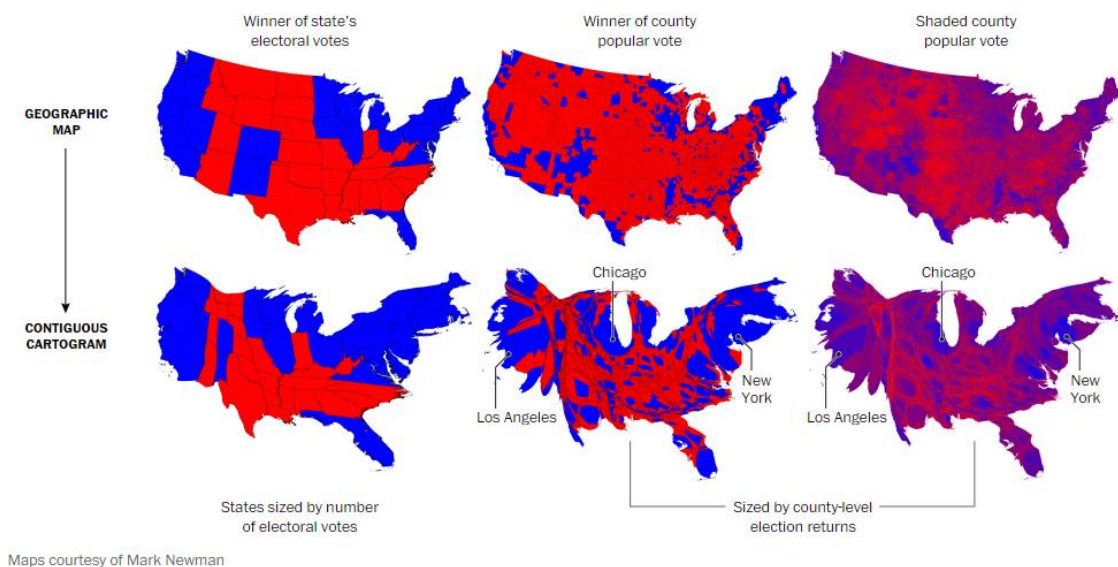


Abbildung 34: Anamorphosen- und Choroplethendarstellung im Vergleich (Quelle: GAMINO 2016)

Das Beispiel in Abbildung 34 zeigt verschiedene Lösungen, mittels Anamorphosen das Ergebnis der US Wahlen 2016 alternativ zur klassischen Choroplethenkarte darzustellen. Bei der ersten kartographischen Anamorphose wird das Gebiet aufgrund der Stimmen jedes Staates verzerrt. Bei der zweiten Anamorphose wird das Gebiet auf einer geringeren administrativen Ebene verzerrt. Wie bereits im Abschnitt 6.1.5.2 Überbetonung großer

Weiters lässt sich die Anamorphose in folgende verschiedene Techniken unterteilen.

- #### 6.2.2.1 Nicht zusammenhängende Anamorphosen

6.2.2.2 Zusammenhängende Anamorphosen

81

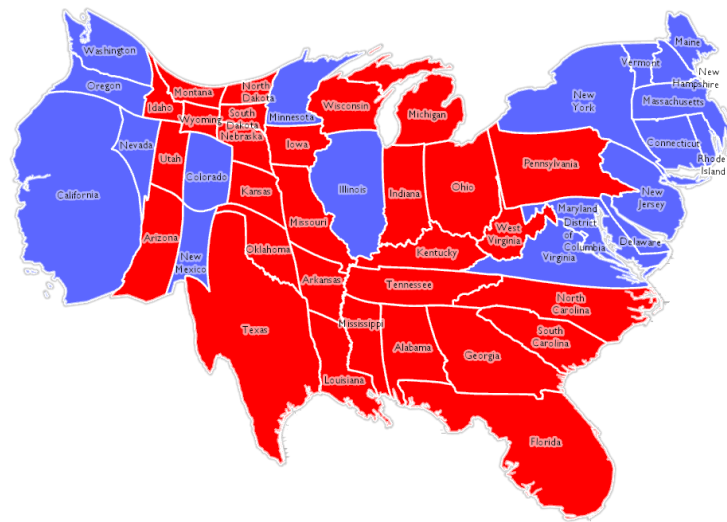


Abbildung 36: Zusammenhängende Anamorphose der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019)

6.2.2.3 Dorling Kartogramme

Im Gegensatz zu den beiden besprochenen Typen von Anamorphosen sind Dorling-Kartogramme - benannt nach ihrem Erfinder Denny Dorling - Repräsentationen geographischer Einheiten durch eine höhere räumliche Abstraktion. (Abbildung 37) Verwaltungsregionen werden als Kreise dargestellt, die auf dem geographischen Schwerpunkt jeder Region positioniert sind und Überlappungen verhindern. Die räumliche Abstraktion der geographischen Form ist ziemlich hoch, während die Topologie, abhängig vom Typ des verwendeten Algorithmus, teilweise erhalten bleibt. (vgl. DORLING 1996:34)

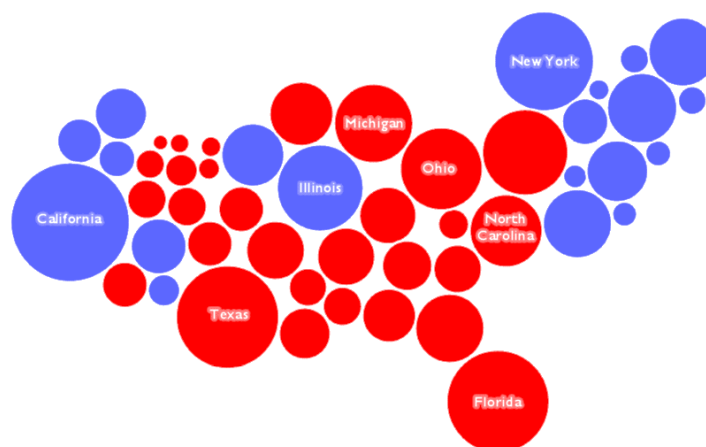


Abbildung 37: Dorling Kartogramm der US - Wahlen 2016 (Quelle: FIELD 2019)

6.2.3 Tile Map, Tile Grid Map und Grid Map

Eine etwas andere Art der Geovisualisierung, die in letzter Zeit insbesondere im nicht-akademischen Bereich des Datenjournalismus und der Datenwissenschaft sehr beliebt geworden ist, sind sogenannte Tile Maps (auch Tile Grid Maps oder Grid Maps genannt). Mit dieser Technik sollen die visuellen und flächenhafte Ungleichgewichte vermieden werden, die mit herkömmlichen Choroplethenkarten einhergehen. Des Weiteren kann mit dieser Erstellungstechnik die Karte schnell gelesen werden, indem auf die Komplexität der kartographischen Anamorphosen verzichtet wird. Wie auch bei den kartographischen Anamorphosen wird mit dieser Technik das Defizit der Überbetonung großer Gebiete bei Choroplethenkarten beseitigt.

Tile Maps sind im Wesentlichen eine bestimmte Art von Kartogrammen, bei denen quadratische räumliche Einheiten an einem zuvor definiertes Raster definiert werden, anstatt zufälligen oder algorithmisch berechneten benachbarten Positionen zugewiesen zu werden. (vgl. SKOWRONNEK 2015:8) Die Kacheln sind so angeordnet, dass sie ungefähr ihren tatsächlichen geographischen Standorten entsprechen. Es handelt sich immer noch um eine Art kartographischen Anamorphosen, wobei die Größe der Fläche auf dem gemeinsamen Wert einer „Karteneinheit“ basiert. Jede Region wird durch eine Kachel gleicher Form und Größe dargestellt. Die Kacheln sind so angeordnet, dass sie lokale Beziehungen sowie die Gesamtform der Kachelkarte der ursprünglichen Karte (dem Untersuchungsgebiet) ähnelt. Diese Einschränkungen helfen dabei, das mentale Modell des Betrachters zu erhalten, sodass Regionen, auch ohne Grundkarte, schnell lokalisiert werden können. Dies ermöglicht eine schnelle Aufnahme der Informationen und verhindert, dass der Leser die kleineren Raumeinheiten untersuchen muss, um die Daten zu entschlüsseln. (vgl. ROMANO 2015) Die Kacheln sind normalerweise quadratisch, jedoch können auch andere Formen verwendet werden. Die einheitliche Größe und Form der Kacheln verhindert, dass große Regionen dominieren, und erleichtert das Auffinden kleiner Regionen. Darüber hinaus können komplexe Daten auf jeder Kachel in einem konsistenten Format angezeigt werden, sodass Vergleiche zwischen Kacheln möglich sind. Quadratische und rechteckige Kacheln eignen sich besonders für diese Aufgabe und das starre Rasterlayout von Kacheln erleichtert den Vergleich zwischen den Kacheln. Aus ästhetischer Sicht ist das saubere, einfache Erscheinungsbild von Tile Maps sehenswert.



Abbildung 38: Tile Maps im Vergleich mit der Choroplethendarstellung (Quelle: DEBELLUS 2015)

In Abbildung 38 stehen sich eine Hex Tile Map, eine Tile Map und eine Choroplethenkarte gegenüber. Der erste Eindruck zeigt die unterschiedlichen visuellen Wirkungen der eingefärbten Raumeinheiten. Bei der Choroplethenkarte erhalten die großen Regionen im Westen, wie bei der Analyse der US Wahlergebnisse in Abschnitt 6.1.5.2 erkannt wurde, eine sehr starke visuelle Gewichtung. Dieses Problem wird durch die Tile Maps unter dem Verlust der geometrischen Eigenschaften aufgebrochen. Alle Staaten erhalten die selbe Größe, um den Fokus von der Fläche der Raumeinheiten zu nehmen. In vielen Visualisierungsfällen ist dies durchaus berechtigt, wenn die Fläche oder die Bevölkerungsdaten bei der zu kommunizierenden Information keine Rolle spielen. Die Visualisierung durch Tiles hat natürlich ihre Grenzen im Kontext der wahrheitsgetreuen Abbildung der Realität. Insbesondere behalten sie weder die Form noch die Größe einer Region bei und sollten daher nicht verwendet werden, wenn diese Merkmale für die Kommunikation des Sachverhaltes relevant sind. Tile Maps werden immer beliebter, bleiben aber weitaus weniger verbreitet als verwandte Ansätze. Choroplethenkarten sind weiter verbreitet und behalten die geometrischen Eigenschaften der ursprünglichen Karte bei. Sie leiden jedoch unter dem Problem, dass große Regionen dominieren und kleine Regionen schwer zu lokalisieren sind, bzw. der Sachverhalt dieser Regionen eine geringe visuelle Kraft hat. (vgl. McNEILL et al. 2017:435)

6.2.4 Rasterbasierte Darstellungen

Als weitere alternative Darstellungsformen, können rasterbasierte Visualisierungen genannt werden. Rasterbasierte Darstellungen gehen von einer gänzlich unterschiedlichen Raumbasis aus als die Choroplethendarstellung, bei welcher die Daten meist auf Basis administrativer Einheiten vorhanden ist. Dadurch lassen sich einige Mängel der Choroplethenkarte beseitigen. Sachverhalte können näher an ihrer tatsächlichen Verortung visualisiert werden und werden nicht über eine große Fläche akkumuliert, wodurch kleinräumige Variationen auch besser zur Geltung kommen. Die Rasterzellen können sowohl als Einheiten zur Choroplethendarstellung oder als Verortungspunkt von Signaturen dienen. Darstellungen die Bubble-Grid bzw. Dot-Grid Map oder Hexagonalbinning genannt werden, bauen darauf auf. Des Weiteren können die Rasterzellen als regionalstatistische Einheiten dienen und stellen dabei einen Gegensatz zu den administrativen Gebietsgliederungen wie Politische Bezirke und Gemeinden bei der Choroplethenkarte.

6.2.4.1 Bubble - Grid Map

Ein von Jonas Schöley veröffentlichter Artikel zeigt eine so von ihm benannte Bubble-Grid Map (Abbildung 39). (vgl. SCHÖLEY 2018:1) Wenn man diese Bezeichnung interpretieren möchte, so geht der Begriff „Bubble“ wohl auf die Kreisförmigen Signaturen zurück, die hier verwendet werden. Hier werden mittels eines Populationsrasters die Werte mit der Signaturengröße visualisiert, ähnlich wie es die TGM auch zum Ziel hat. Als Visualisierungsbasis dienen, im Gegensatz zur Choroplethenkarte, Rasterzellen. Dadurch kann die Bevölkerungsdichte in ganz Europa auf stilisierte Weise mithilfe eines regelmäßigen Rasters von Kreissignaturen dargestellt werden, welche entsprechend der

Bevölkerungszahlen bemessen sind. Durch die Verwendung von Kreisflächen anstelle von Farben als visuelle Kodierung, wird eine direktere Darstellung von Größenunterschieden im Vergleich zu einer Choroplethenkarte erhofft. (vgl. SCHÖLEY 2018:1)

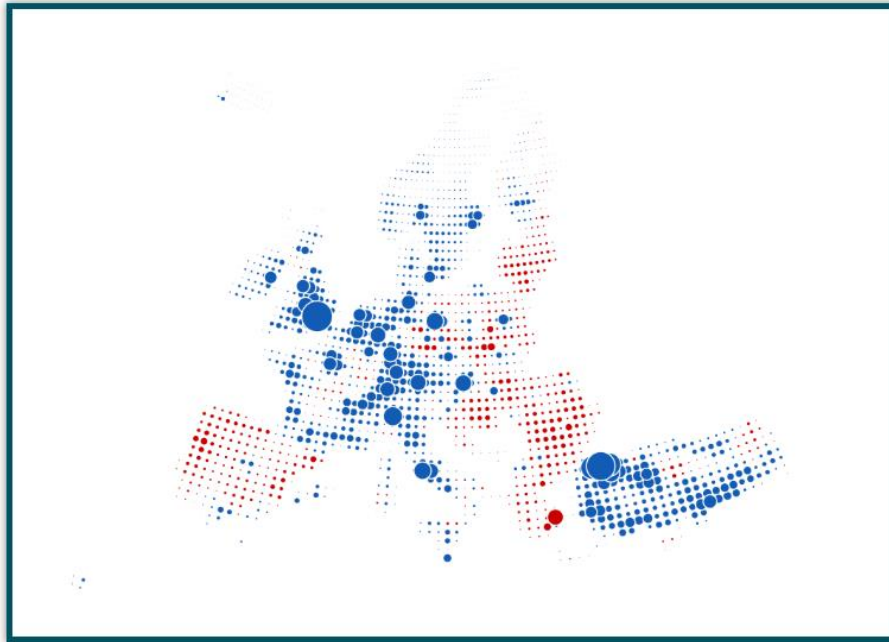


Abbildung 39: Bubble-Grid Map von Schöley (Quelle: SCHÖLEY 2018)

Auffällig bei dieser Darstellung ist jegliches Fehlen einer Orientierungshilfe, was den Wert der Karte immens mindert. Nur durch entsprechendes Fach- und Vorwissen können Schlüsse aus dieser Karte gezogen werden. Weiters wird bei diesem Beispiel wenig über den Weg zu den Rasterdaten, die Rastererstellung oder verschiedenen Visualisierungsmöglichkeiten mittels der graphischen Variablen besprochen. Des Weiteren fehlt eine intensive dokumentierte Auseinandersetzung mit der Thematik. Dennoch kommunizieren die Variablen durch mehrere Ausprägungen vermehrt Informationen als eine klassische Choroplethenkarte.

6.2.4.2 Hexagonalbinning

Eine weitere Darstellungsform, die als Hexagonalbinning bezeichnet wird, geht von einem Raster mit der Form eines Hexagons als Rasterzellen aus und wird als Alternative zur Visualisierung bei der Arbeit mit großen Mengen von Punktdaten betrachtet. (vgl. SMITH 2012) Das „Binning“ von Daten ist eine großartige Alternative zum Abbilden großer punktbasierter Datensätze, mit der ohne Interpolation ein Sachverhalt besser kommuniziert werden kann. (vgl. FIELD 2012) Da aus Punktdaten, zur Simplifizierung der großen Datenmengen, oftmals auch Choroplethenkarten abgeleitet werden, kann das Hexagonalbinning auch als alternativer Lösungsansatz dazu betrachtet werden und zu Vergleichen herangezogen werden.

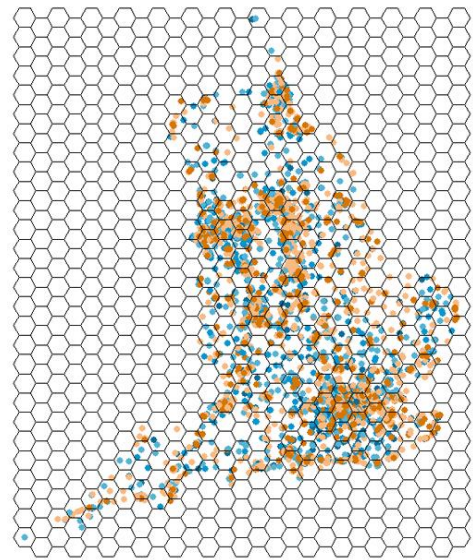


Abbildung 40: Binning von Punktdaten (Quelle: FIELD 2012)

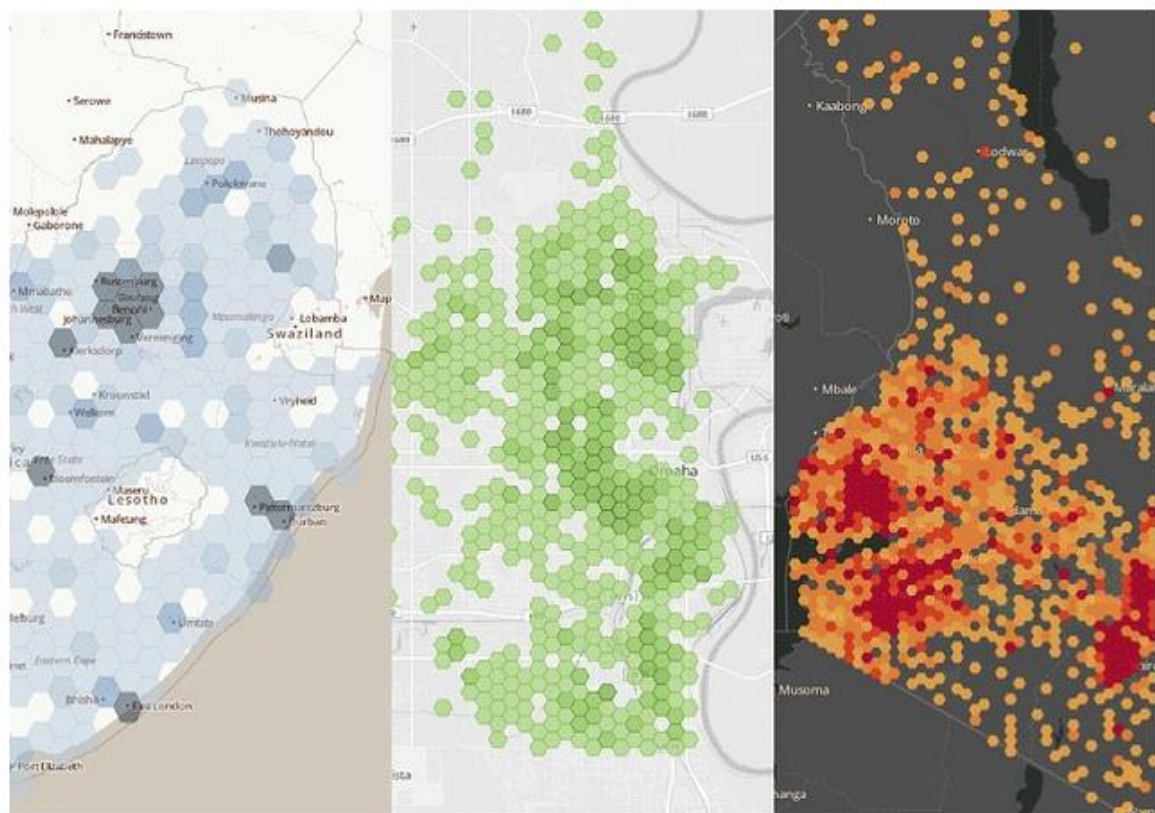


Abbildung 41: Beispiele von Hexagonalbinning - Ergebnissen (Quelle: SMITH 2012)

Ganz allgemein wird „Binning“ als eine Technik der Datenaggregation bezeichnet, welche auch außerhalb der Kartographie Anwendung findet und bei welcher N Werte eines Datensatzes in weniger als N diskrete Gruppen gruppiert werden. Im kartographischen Kontext kann dieser Vorgang mit dem Prinzip des Point in Polygon – Verfahrens

gleichgesetzt werden, bei dem die Subjekte in jeder Rasterzelle aufsummiert werden. Punktbasierte Daten werden dabei in ein regelmäßiges Polygongitter umgewandelt, sodass jedes Polygon die Aggregation der darin enthaltenen Punkte darstellt. (vgl. FIELD 2012) Für die Rasterzelle könnte jede beliebige Art von Form gewählt werden, sofern die Kombination der geometrischen Formen eine Abdeckung des gesamten Gebietes zulässt. Man könnte auch von einer Clusterung von Punkten durch Rasterzellen sprechen. Das primäre Ziel ist eine ästhetische und übersichtliche Visualisierung von großen Mengen an Punktdaten. Die Rasterzellen können folglich klassifiziert werden und nach Abhängigkeit der Summe an Subjekten sich in ihrer Größe oder Farbe unterscheiden.

In Abbildung 41 sind drei Beispiele dieser Technik mit Karten zu Südafrika, Kenia und Nebraska zu sehen. Die aggregierten Daten zeigen ein gänzlich anderes Bild als Punkstreuungskarten. Informationen können schnell aufgenommen und Bereiche des Untersuchungsgebietes, vor allem durch die ident großen Rasterzellen, verglichen werden.

6.2.4.3 *Regionalstatistische Rasterdarstellungen*

Eine weitere Darstellung ist eine regionalstatistische Rasterdarstellung, welche in den Arbeiten von WONKA et al. intensiv behandelt wird. In dieser Arbeit werden Alternativen zu den bestehenden administrativen Einheiten im Bereich der regionalstatistischen Visualisierung von Daten analysiert. Dabei sollen die Daten auf der räumlichen Bezugsbasis von Rastereinheiten eine Ergänzung zu den bereits bestehenden Daten auf der Basis von administrativen Gebietseinheiten darstellen. (vgl. WONKA et al. 2009:662) Zum Aufzeigen von regionalstatistischen Unterschieden eignen sich administrative Gebietsgliederungen, wie Politische Bezirke und Gemeinden, auf welche die Choroplethenkarte aufbaut, wenig. In diesem Kontext kommunizieren regionalstatistische Rasterdarstellungen den Sachverhalt verständlicher. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Grenzen der Gebietseinheiten nach dem Gesichtspunkt der Verwaltung erstellt wurden. Sie haben mit den Grenzen des zu untersuchenden Sachverhaltes nichts zu tun. (vgl. WONKA et al. 2009:663) In der Abbildung 42 ist hier ein Vergleich von Visualisierungen auf Basis administrativer Einheiten und auf Basis eines 2,5 km Rasters zu sehen.

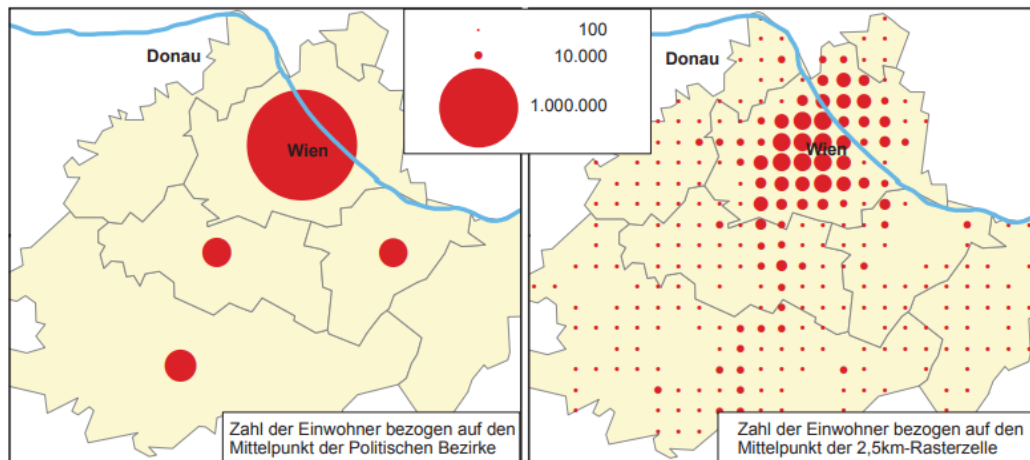


Abbildung 42: Administrative Einheit vs. Raster (Quelle: WONKA et al. 2009)

Die kleinräumigen Analysemöglichkeiten durch die Visualisierungsbasis der Rastereinheiten sind klar erkennbar. Die Rastereinheiten eignen sich vor allem deshalb als statistische Bezugsflächen, da der Lagefehler des Darstellungsinhalts maximal die Größe der Rastereinheiten erreichen kann und somit gegenüber dem oftmals mehrere Kilometer betragenden Lagefehler administrativer Bezugseinheiten sehr gering ist. (vgl. WONKA et al. 2009:665)

Die Choroplethentechnik kann als eine der meist genutzten Repräsentationsmethodik in der thematischen Kartographie bewertet werden. Im Zuge der Analyse der Choroplethendarstellung konnten Defizite und Schwächen in gewissen Anwendungsfällen identifiziert werden. Dazu zählen:

- 1) Die fälschliche Anwendung administrativer Einheiten und Überbetonung großer Gebiete.
- 2) Kontinuierlicher Daten können durch die starren Abgrenzung der Gebietseinheiten nicht visualisiert werden.
- 3) Ein innerregionale Variation von Daten wird durch die Vermittlung einer Einheitlichkeit im Raum nicht kommuniziert.
- 4) Ungeeignet zur Visualisierung von Absolutwerten.

Die wissenschaftliche kartographische Gemeinschaften sowie Datenvisualisierungsexperten haben aus diesen Gründen alternative Darstellungsformen entwickelt. Die vergleichenden Kartenprodukte der US – Wahlen 2016 haben gezeigt, welche unterschiedlichen Zugänge zur Visualisierung von Daten mittels kartographischen Methoden möglich sind. Letztendlich stellt sich immer die Frage, welche Aussage mit der Karte bzw. welcher Erkenntnisgewinn beim Rezipienten hervorgerufen werden möchte. Wie bei der Behandlung der Mängel der Choroplethenkarte erkannt wurde, ist sie nicht für alle Fälle die optimale Technik. Folglich wurde auch erkannt, dass Weiterentwicklungen der

Choroplethenkarte und vor allem die Rasterbasierten Techniken ein Alternative zur Choroplethenkarte bilden. Zu diesen Techniken zählen unter anderem:

- Dasymetrische Karten
- Unterschiedliche Techniken der kartographischen Anamorphosen
- Tile Maps verschiedener Ausprägungen
- Rasterbasierte Darstellungen (Bubble – Grid, Hexagonalbinning)
- Regionalstatistische Rasterdarstellungen

Die TGM soll eine weitere Alternative zur klassischen Choroplethenkarte darstellen.

7 Thematic Grid Map

Die Choroplethenkarte lässt in vielen Anwendungsfälle Defizite zum Vorschein kommen und kann nicht immer als optimale Technik bewertet werden. Weiterentwicklungen, besonders rasterbasierte Darstellungsformen, sollen als Alternativen dienen, um dem Rezipienten Sachverhalte besser übermitteln zu können. Eine weitere Technik, welche bei Mängeln der Choroplethenkarte als Wahlmöglichkeit zu Verfügung stehen soll, ist die TGM. Der Begriff „Thematic Grid Map“ wird in dieser Arbeit definiert und kommt als dieser in der fachlichen Literatur nicht vor. Diese Technik ist durch eine rasterbasierte Visualisierung sowie mehrere thematische Ebenen, welche durch Signaturenausprägungen dargestellt werden, gekennzeichnet. Einer Begriffsbezeichnung sowie genaueren Charakterisierung folgt ein schematischer Ablauf der Erstellung der TGM. Dieser Ablauf ist durch drei Hauptprozesse trennbar, der Datenaufbereitung, der Rasterung sowie der Kartenfinalisierung. Zu Beginn steht die Datenauswahl sowie -aufbereitung. Danach muss eine rasterbasierte Datenbasis hergestellt werden. Alle Schritte zur Erreichung der rasterbasierten Datenbasis stellen wichtige Prozesse im Zuge der Erstellung einer TGM dar. Hierfür müssen zuerst Referenzpunkte erstellt werden, mit welchen die aufbereiteten Daten verbunden werden können. Anschließend können die Daten auf die Rasterzellen aggregiert werden. Mit dieser Datenbasis kann die Karte erstellt und finalisiert werden. Diese komplexen Schritte werden in diesem Kapitel beschrieben. Letztendlich stellt diese Technik den Anspruch, im Vergleich zur Choroplethenkarte durch differenzierte Transformationen die Informationen der Realität dem Rezipienten wahrheitsgetreuer übermitteln zu können.

7.1 Begriffsbezeichnung und Charakteristika

Die „Thematic Grid Map“ ist eine Repräsentationsform, welche die Thematik in den Vordergrund rückt und sehr klar in den Bereich der thematischen Kartographie einzuordnen ist. Die Bezeichnung setzt sich aus den charakterisierenden Bestandteilen, der rasterbasierten Darstellung von Sachverhalten, dieser Visualisierung zusammen. Bei dieser Darstellungsform wird der Fokus auf das wesentliche gerichtet werden, weshalb auf eine schlichte Grundkarte zurückgegriffen wird. Die Grundkarte stellt nur eine Orientierungshilfe für den Rezipienten dar und enthält die wichtigsten topographischen Elemente sowie Toponyme. Die Signaturen, welche auf einer regelmäßigen Rasterbasis visualisiert werden, stehen im Vordergrund um den Sachverhalt optimal ohne Ablenkung und ungewollte Manipulation kommunizieren zu können. Die Signaturen können die in der Kartographie klassischen Ausprägungen besitzen und beliebig kombiniert werden, wobei auf die Lesbarkeit zu achten ist. Deshalb wird die Beschränkungen auf drei Ausprägungen empfohlen.

- Größe
- Form
- Farbe

Der nächste essentielle Bestandteil bzw. Arbeitsschritt ist die Erstellung eines Rasters. Die Darstellung auf Rasterbasis ist das wohl wichtigste Charakteristikum dieser Herstellungstechnik. Die rasterbasierte Darstellung soll vor allem eine Alternative bieten, in Bereichen wo die weit verbreitete Choroplethenkarte an ihre Grenzen stößt. Der Weg der Datentransformation von administrativen Einheit durch Referenzpunkte auf Rasterbasis ermöglicht eine komplett differenzierte Betrachtungsweise im Vergleich zur Choroplethenkarte. Daten, welche auf Basis einer Fläche vorliegen, werden durch einen Prozess und entsprechenden Hintergrundinformationen so transformiert, dass sie eindeutig lokalisiert und einer Rasterzelle zugeordnet werden können. Rasterkarten sind in der Kartographie bereits weit verbreitet. Die Signatur, welche bei der TGM eine Rasterzelle repräsentiert, kann jedoch durch graphische Ausprägungen weitere Sachverhalte kommunizieren. Dadurch wird eine Zunahme an Informationsübertragung und folglich Erkenntnisgewinnung seitens des Rezipienten erwartet.

7.2 Ablauf der Erstellung einer TGM

Der Workflow der Erstellung der TGM, ersichtlich in Abbildung 43, gliedert sich in drei übergeordnete Teile auf:

- 1) Datenbeschaffung und -aufbereitung sowie Bestimmung der Referenzpunkte
- 2) Rastererstellung und Aggregation der Daten auf diesen durch Verbindung mit Referenzpunkten
- 3) Kartenerstellung und -finalisierung

Zunächst müssen geeigneten Daten beschaffen und vorverarbeitet werden, um durch die entsprechenden Signaturenausprägungen darstellbar zu sein. Durch Ausprägungskombinationen können eine Vielzahl an Datenreihen visualisiert werden, wobei im Sinne der Lesbarkeit maximal drei Datenreihen und Signaturenausprägungen empfohlen werden. Im Falle von flächenhafte Daten müssen entsprechende Referenzpunkte vorhanden sein. Die Bestimmung der Referenzpunkte kann ebenfalls zur Datenaufbereitung gezählt werden. Hier werden verschiedene Methoden und Ergebnisse beschrieben, wobei zwischen thematischen sowie berechneten bzw. zufälligen Punkten unterschieden werden kann. Des Weiteren können mehrere Punkte bzw. nur ein Punkt pro administrativer Einheit als Referenz dienen. Die geeignete Anzahl der Punkte hängt eng mit dem Verhältnis zwischen Rasterweite und der Größe der administrativen Einheiten zusammen.

Folgend auf die Datenaufbereitung werden die flächenhaften Daten mit den Referenzpunkten verbunden. Die Rasterparameter werden bestimmt und die Daten auf die Rasterzellen aggregiert. Dieser Prozess ist durch folgende drei Schritte geprägt:

- Verbindung der Referenzpunkte mit Flächen
- Werteüberführen der Flächen zu den Referenzpunkten
- Aggregation der Referenzpunktwerte in den jeweiligen Rasterzellen

Die Rasterzellengröße ergibt sich aus dem definierten Raster, der aufgrund der Rasterweite sowie einem Referenzpunkt, welcher im Mittelpunkt einer Rasterzelle liegen muss, aufgebaut wird.

Die rasterbasierten Ergebnisse werden im Anschluss klassifiziert und durch Signaturen im Mittelpunkt der Rasterzelle visualisiert. Abgeschlossen wird der Workflow mit der Kartenveredelung, welche zum endgültigem Kartenprodukt führt.

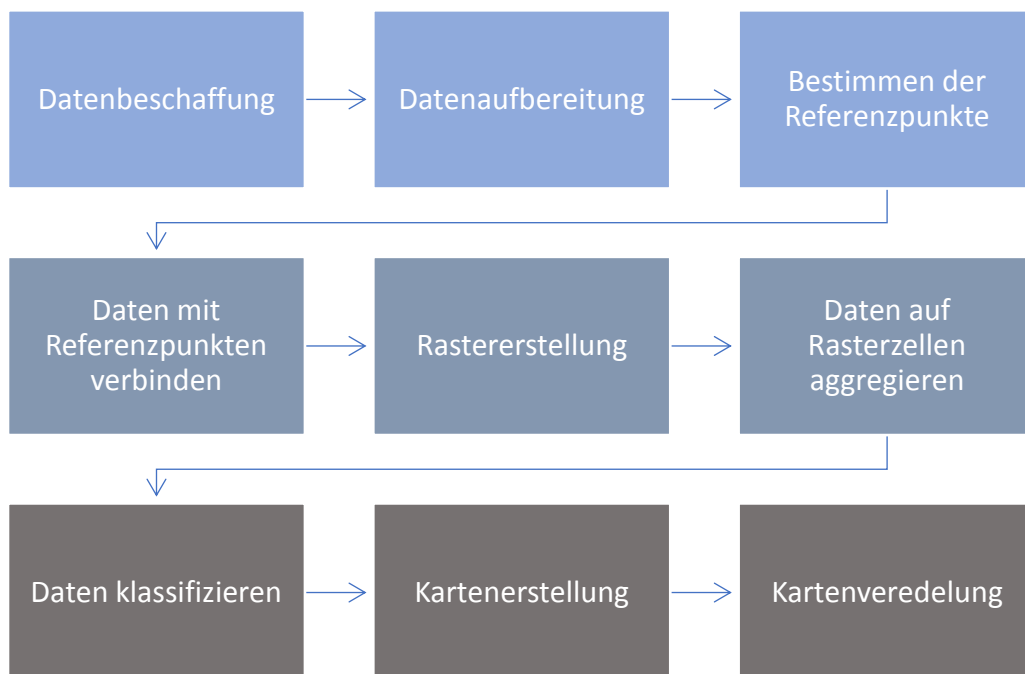


Abbildung 43: Workflow zur Erstellung der TGM

7.3 Datenbeschaffung und -aufbereitung

Bei der Datenbeschaffung und Aufbereitung muss zunächst die gewünschte Karte mit all ihren Schichten und Ebenen geplant werden. Hier ist primär zu beachten wie viele Schichten durch Signaturausprägungen visualisiert werden möchten. So können theoretisch durch eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten der Signaturausprägungen viele Datenreihen mit einer Signatur im Zentrum einer Rasterzelle kommuniziert werden. Empfohlen wird jedoch eine Beschränkung auf maximal drei Ausprägungen mit folgenden Werteausprägungen.

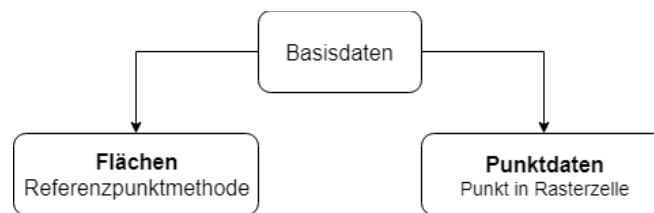
- 1) Größe: Durch Absolutwerte dargestellt.
- 2) Farbe: Durch Relativwerte oder Qualitäten dargestellt.
- 3) Form: Durch Qualitäten dargestellt.

Aufgrund dessen können die Daten beschaffen und infolge eine Datenaufbereitung vollzogen werden. Generell ist zu erwähnen, dass der Workflow der TGM zwei verschiedene Arten von Datenbasen unterstützt, flächenhafte sowie punkthafte Daten. Ziel ist in beiden Fällen aus den Grunddaten zu rasterbasierten Daten zu gelangen, welche im Anschluss mit den Signaturen im Zentrum der Rasterzelle visualisiert werden. Die

Aufbereitungsschritte unterscheiden sich jedoch ob von Flächen- oder Punktdaten ausgegangen wird.

7.3.1 Datenbasis

Bei der Datenbasis kann generell zwischen zwei Arten von Grunddaten unterschieden werden, welche auch verschiedener Methodiken bezüglich der Aggregation der Daten auf die Rasterzelle verlangen. Bei den Ausgangsdaten kann zwischen Punktdaten, welche eindeutig verortbar sind, und Daten auf Basis von Flächen unterschieden werden.



Die unterschiedlichen Datenformen verlangen verschiedene Prozesse, um auf die gewünschte rasterbasierte Datenbasis zur Visualisierung zu gelangen.

Im Falle von **Punktdaten** als Basis, sind folgende Arten von Daten notwendig:

- Die thematische Information auf Basis von Punktdaten
- Grundkarte

Sollten Daten dieser Art vorliegen, so können gewisse Schritte im Workflow übersprungen werden. In diesem Fall können die Schritte der Referenzpunktbestimmung sowie der Verbindung der Daten mit den Referenzpunkten übergangen werden. Die Punktdaten können durch ihre eindeutig verortbaren Koordinaten direkt einer Rasterzelle zugeordnet werden.

Im Falle von **Flächendaten** als Basis benötigt es folgende Arten von Daten:

- Die thematische Information auf Basis einer administrativen Ebene
- Referenzpunkte entsprechend der administrativen Ebene zur Rasterung
- Geodaten der entsprechenden administrativen Ebenen
- Grundkarte

Im Falle von Flächendaten als Basis sind aufwendigere Schritte im Zuge der Zuordnung der Werte zu Rasterzellen zu setzen. Die Daten müssen mit Referenzpunkten der entsprechenden administrativen Ebene verbunden werden. Erst dann können die flächenhaften Daten auf Rasterzellen aggregiert werden. Diese Prozesse werden in den folgenden Abschnitten genau erläutert. Nach dem Beschaffen und Analysieren der Basisdaten müssen diese jedoch zuerst aufbereitet werden.

7.3.2 Datenaufbereitung

In der Phase der Datenaufbereitung ist weiters zu beachten, welche graphische Ausprägung durch welche Daten und vor allem welche Datenausprägung visualisiert wird. Prinzipiell sind mehrere Ebenen durch verschiedene graphische Ausprägungen, wie sie in Abschnitt 5.2.1 Signaturen beschrieben wurden, ausdrückbar. Generell werden jedoch folgende Standards und graphische Ausprägungen empfohlen.

1. Ebene: Sie wird mit Absolutwerten durch die Größe der Signatur ausgedrückt.
2. Ebene: Sie wird mit Relativwerten durch die Farbe der Signatur ausgedrückt.
3. Ebene: Sie wird durch qualitative Unterscheidung durch die Form der Signatur ausgedrückt.

Aufgrund dieser definierten Standards der TGM müssen die Daten entsprechend aufbereitet werden.

Zu beachten ist dabei, dass sich die Daten untereinander decken müssen. Die administrative Ebene, auf derer Basis die Daten vorliegen, muss etwa als Ortsreferenz angegeben werden, um zu gewährleisten, dass die Daten mit den entsprechenden Hintergrunddateien verknüpft werden können. Das heißt, dass bei flächenhaften Ausgangsdaten, entsprechende Referenzpunkte bereitgestellt werden müssen, die in weiterer Folge zur Rasteraggregation herangezogen werden. Weiters kann in diesem Arbeitsschritt ein Referenzpunkt zur Rastererstellung definiert werden. Dieser muss im Zentrum einer Rasterzelle liegen. Folglich kann der Raster ausgehend von diesem Punkt aufgebaut werden. All diese Einstellungen haben starke Auswirkungen auf das endgültige Kartenbild und müssen daher mit Bedacht geplant werden.

7.4 Datenanalyse und -verarbeitung

Im Zuge der Datenanalyse und -verarbeitung müssen die gewünschten Daten zu isoliert und entsprechend aufbereitet werden. Da besonders im Bereich der OGD Schnittstellen begrenzte Auswahlmöglichkeiten an Struktur und Formaten der Daten zur Auswahl stehen, wird eine entsprechende Aufarbeitung benötigt. Als erster Schritt kann dabei die Analyse der vorhandenen Daten angesehen werden. Im Falle der Daten zur EU - Wahl 2019 ist anzumerken, dass sie Daten zu allen administrativen Ebenen des Untersuchungsraumes Österreich beinhalten. Da die wie zuvor erwähnt die thematischen Daten isoliert auf einer administrativen Ebene benötigt werden, gilt es zunächst die Rohdaten aufzutrennen und für jede administrative Ebene eine Datei zu erstellen. Anschließend können die Daten der gewählten administrativen Einheit aufbereitet werden. Im Falle der EU - Wahl 2019 wurde die Ebene der Gemeinden gewählt. Aus diesen Daten werden folgende zwei Werte als Datenreihen isoliert: die absolute Anzahl der abgegebenen Stimmen sowie die Partei welche in jeder Gemeinde die relative Mehrheit erzielte. Die Parteien welche die relative Mehrheit erzielten, konnten durch einfache Funktionen in Microsoft Excel bestimmt werden. Ihnen wurden Wertigkeiten von 1 bis 7 vergeben. Jede Partei wurde dabei mit einer Zahl verknüpft.

Die absolute Anzahl an abgegebenen Stimmen stand als Datenreihe bereits vollständig zur Verfügung. Infolge konnten diese Daten in das Map Definition File übernommen werden. Wenn die diese Daten aufbereitet wurden, ist der nächste Schritt diese auf ein rasterbasiertes Format zu überführen.

7.5 Bestimmung der Referenzpunkte zur Rasteragggregation

Die Referenzpunkte haben konkret die Aufgabe, im Falle von Flächendaten, einen Weg zur Aggregation der Daten auf Rastereinheiten zu ermöglichen. Ausgehend von Daten auf Ebene einer administrativen Einheiten, müssen diese auf einen regelmäßigen Raster überführt werden. Bei der Überführung gibt es mehrere Ansätze und Wege. Im Folgenden wird jener der Referenzpunktmethode beschrieben und mehrere Ansätze im Zuge dieser erläutert und bewertet. Bei dieser Methode muss für jede administrative Einheiten mindestens ein Referenzpunkt definiert werden. Dieser Referenzpunkt repräsentiert daraufhin die flächenhafte Werteverteilung der Fläche einer administrativen Einheit. Die flächenhafte Ausprägung wird somit auf einen Punkt gebündelt und einer Rasterzelle zugeschrieben. Durch Verhältnis der Größe zwischen administrativer Einheit sowie Rasterweite ergeben sich verschiedene Anwendungsfälle. Eine alternative zur 1 – Referenzpunktmethode bietet die N – Referenzpunktmethode an. Bei den Referenzpunkten kann generell zwischen berechneten geometrischen - , zufällig geometrischen - und thematischen Referenzpunkten unterscheiden.

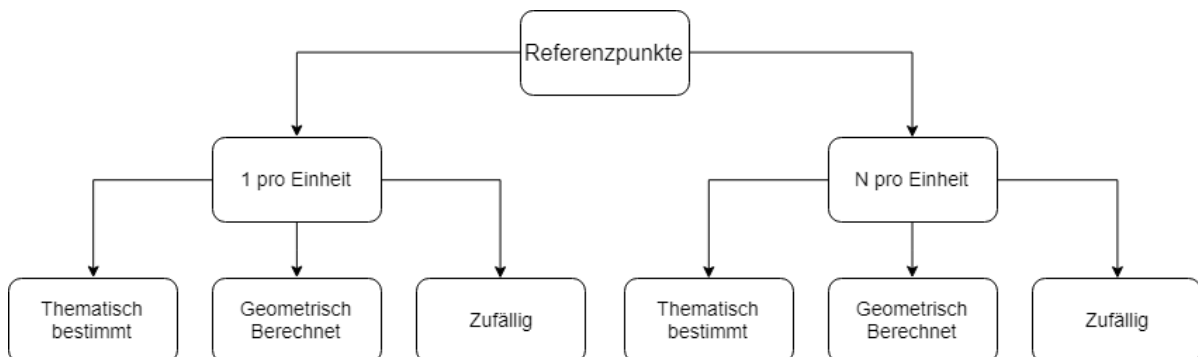


Abbildung 44: Wege der Erstellung von Referenzpunkten

7.5.1 1 – Referenzpunktmethode

Der Referenzpunkt kann natürlich abhängig von der Thematik durch unterschiedliche Voraussetzungen zustande kommen. So bietet es sich beispielsweise an, bei Thematiken welche mit der Bevölkerung in Verbindung stehen, Bevölkerungsschwerpunkte als Referenzpunkte heranzuziehen. Der genauen Bestimmung von Bevölkerungsschwerpunkten können wiederum auf eine Vielzahl von Daten, wie etwa Dauersiedlungsraum, Bebauung, etc. zurückgegriffen werden. Auch können der genauen Bestimmung dieser eigene Arbeiten gewidmet werden. Falls die Bestimmung von thematischen Schwerpunkten aus etwaigen Gründen nicht nachvollziehbar ist, bieten sich

automatische berechnete Punkte, wie etwa geometrische Mittelpunkte, an. In der folgenden Abbildung sind einerseits thematische Schwerpunkte gesetzt und andererseits geometrische Mittelpunkte zum Vergleich berechnet worden.

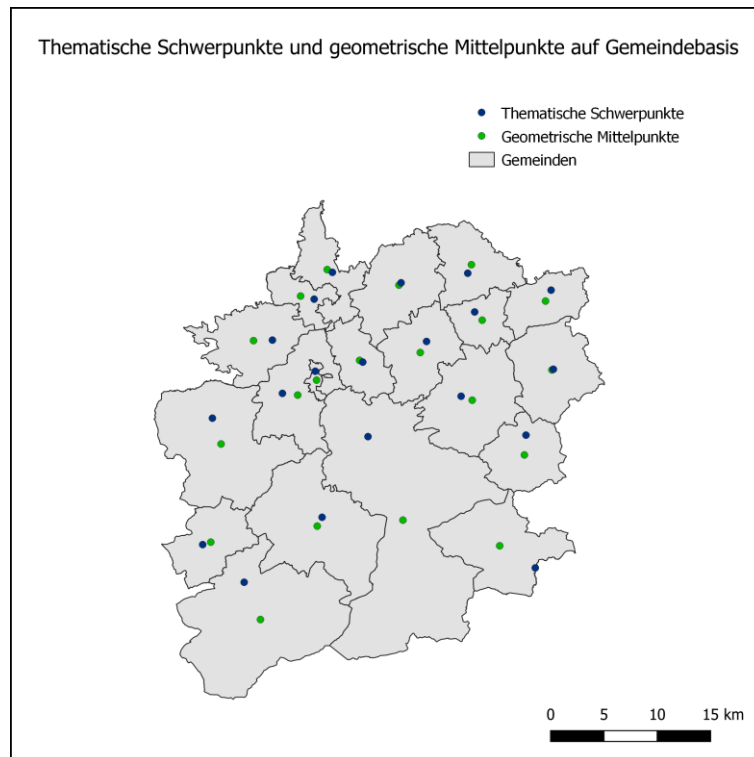


Abbildung 45: Referenzpunkte im Vergleich

Die Abbildung 45 zeigt eine Auswahl an österreichischen Gemeinden mit Bevölkerungsschwerpunkten (thematische Schwerpunkte), visualisiert durch blaue Punktsignaturen und errechnete geometrische Mittelpunkte als grüne Signaturen dargestellt. Die Gegenüberstellung zeigt die Auswirkungen der unterschiedlich gewählten Referenzpunkte auf das Ergebnis der Rasteragggregation. In vielen Gemeinden liegen die Punkte erkennbar nah beieinander. Im Falle der größten administrativen Einheit ist beispielsweise ein großer Lageunterschied zu erkennen. Diese Einheit würde je nach gewählter Rasterweite vermutlich in unterschiedliche Rasterzellen fallen und zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Im Folgenden werden diese zwei Arten der Referenzpunktmethode mit verschiedenen Rasterweiten betrachtet und verglichen.

Im ersten Vergleich (Abbildung 46) wird ein Raster mit Basis von 2,5 km verwendet. Durch die geringe Rasterweite kommt es in den meisten Fällen zu verschiedenen Ergebnissen, d.h. die Referenzpunkte der administrativen Einheiten werden unterschiedlichen Rasterzellen gutgeschrieben.

Abbildung 46: Referenzpunkt mit 2,5km Raster

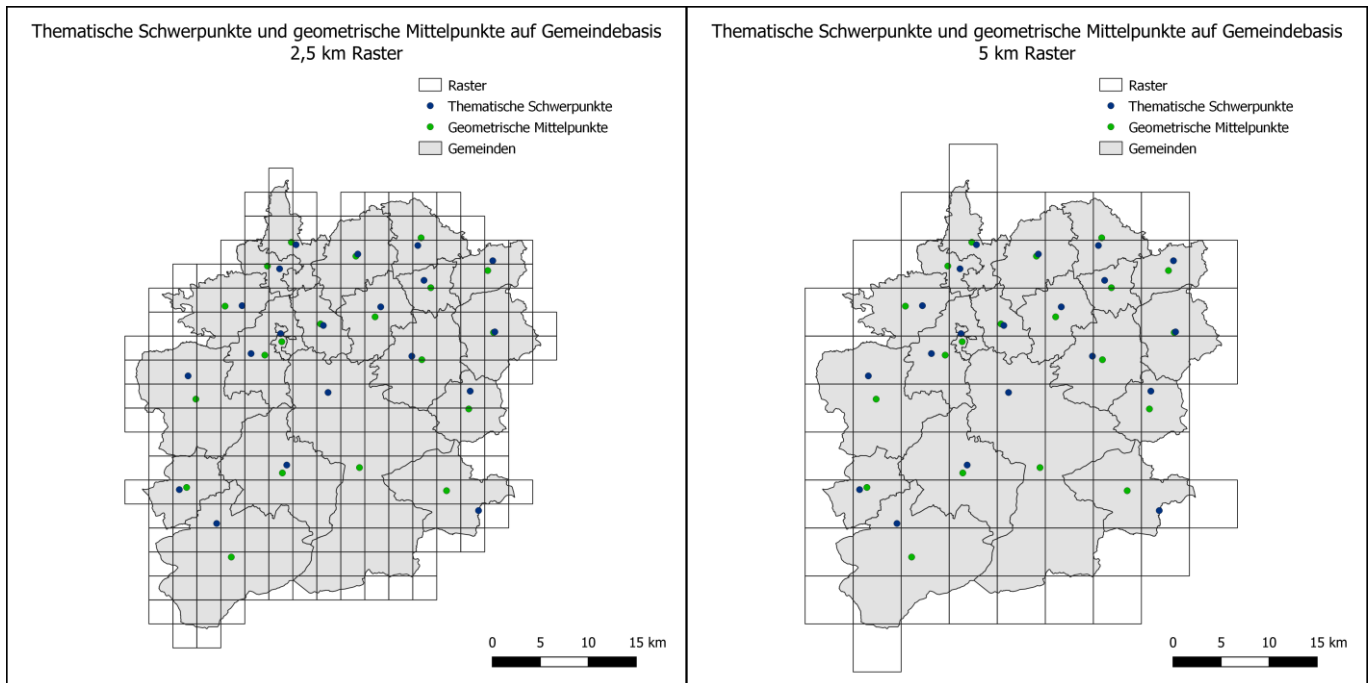


Abbildung 47: Referenzpunkte mit 5km Raster

Auffällig ist bei dieser geringen Rasterweite, dass sehr viele Rasterzellen ohne Werte resultieren. Besonders bei der größten administrativen Einheit wird ein Schwachpunkt dieser Technik sichtbar. Die Werte einer relativ großen Fläche werden durch die geringe Rasterweite und der 1 – Referenzpunktmethode auf einen Punkt bzw. der im Vergleich kleinen Rasterzelle aggregiert. Die restliche Fläche wird somit durch diese Rasterzelle repräsentiert. Bei einer derart geringen Rasterweite im Verhältnis zur Fläche der administrativen Einheiten ist es fraglich, ob diese Methode der 1 – Referenzpunktmethode vertretbar ist.

Im nächsten Beispiel wurde die Rasterweite auf 5 km (Abbildung 47) erweitert. Die Anzahl der leeren Rasterzellen ist hierbei um einiges geringer. Des Weiteren wird sichtbar, dass mehr als nur eine administrative Einheit einer Rasterzelle aggregiert wird. Im Beispiel des 2,5 km Rasters resultierten zwischen administrativen Einheiten und Rasterzellen immer nur 1:1 Beziehungen. Bei dieser Rasterweite gibt es zusätzlich n:1 Beziehungen, das heißt die Werte von N – Administrative Einheiten werden auf eine Rasterzelle aggregiert.

Im weiteren Verlauf wurden die Rasterweiten auf 7,5 km bzw. auf 10 km erhöht. Das zuvor beobachtete Phänomen wird dabei noch deutlicher sichtbar.

Abbildung 48: Referenzpunkte mit 7,5km Raster

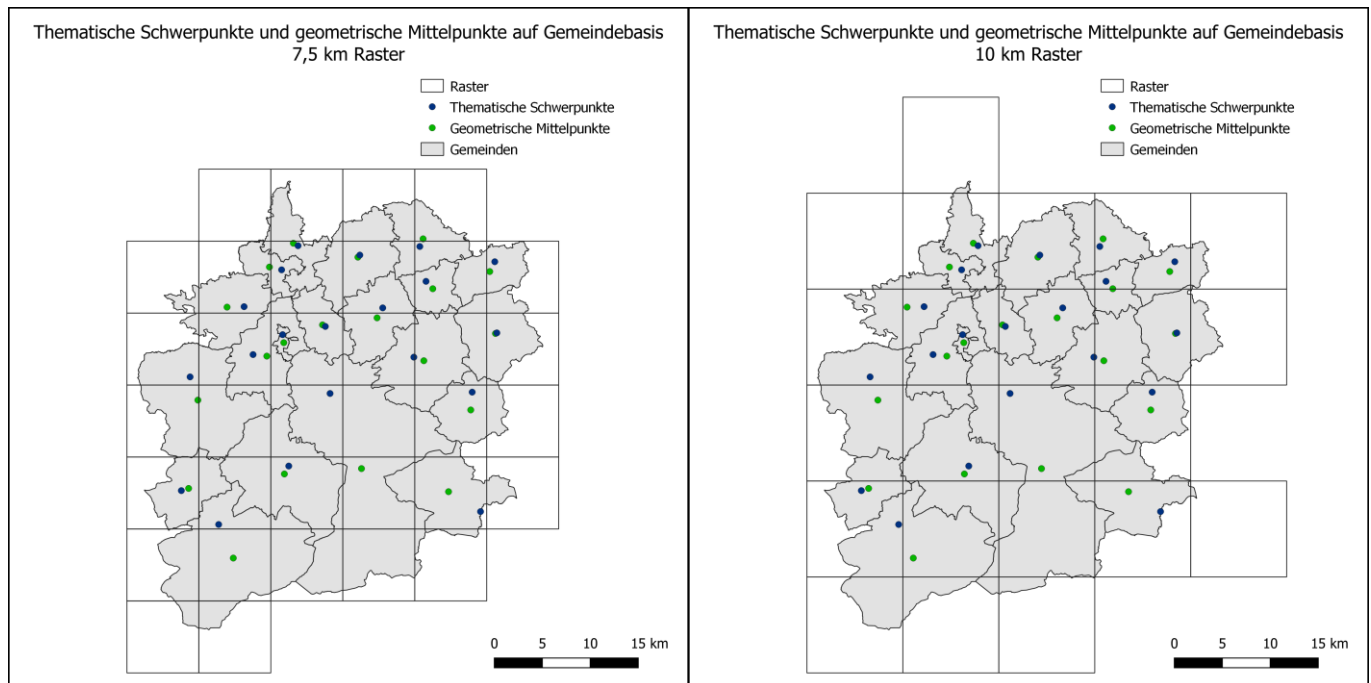


Abbildung 49: Referenzpunkte mit 10km Raster

Die Fälle von $n : 1$ Beziehungen treten immer häufiger auf. Zusätzlich lässt sich beobachten, dass die Rasterzellengröße in vielen Fällen die Größe der administrativen Einheiten übersteigt. In Anbetracht der Vertretbarkeit der Rasterweite, in Verbindungen mit den Referenzpunkten, ist der umgekehrte Fall im Vergleich zum ersten Beispiel, mit einer Rasterweite von 2,5 km zu erkennen. In diesem Fall ist eine 1 – Referenzpunktmethode vertretbar, da die administrative Einheit in vielen Fällen in ihrer Gesamtheit von einer Rasterzelle überdeckt wird. Das Verhältnis dieser beiden Größen spielt somit bei der Erstellung und in diesem Schritt des Workflows eine wichtige Rolle und wird auch auf die Ergebnisse Einfluss nehmen.

Eine Verfeinerung bzw. Erweiterung besonders bei großen Unterschieden der Größen von Rasterzelle und administrativer Einheit ist die N – Referenzpunktmethode, welche im nächsten Abschnitt erläutert wird.

7.5.2 N - Referenzpunktmethode

Eine Erweiterung bzw. Alternative zur 1 – Referenzpunktmethode stellt die N – Referenzpunktmethode dar. Bei dieser Methode werden für jede administrative Einheit mehrere Referenzpunkte definiert. In der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 50) ist dies ersichtlich, mit der Methode der thematischen Schwerpunkte gegenübergestellt 3 automatisch erstellte Punkte.

Abbildung 50: Multiple Referenzpunkte im Vergleich

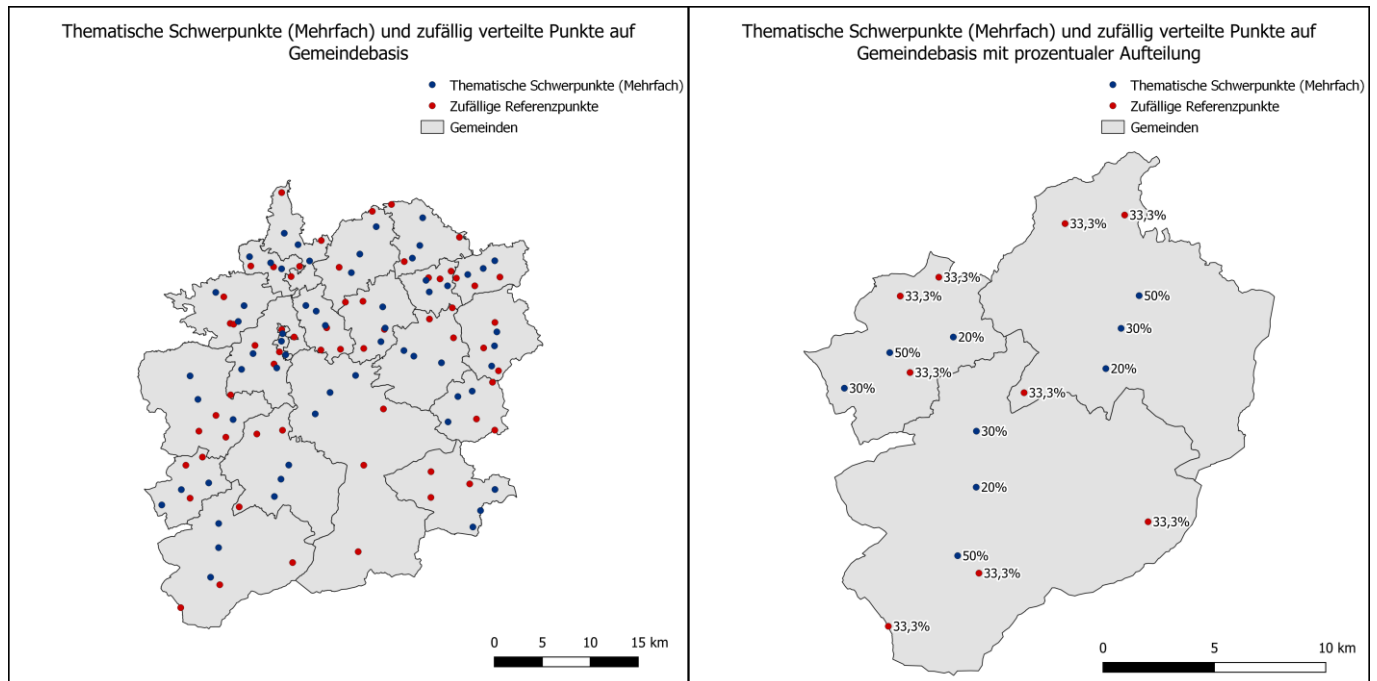


Abbildung 51: Referenzpunkte mit prozentualer Aufteilung

Diese Methode ermöglicht, eine anteilige Aufteilung der Werte einer administrativen Einheit auf (in diesem Fall) 3, jedenfalls mehr als 2, Punkte. Die Punkte beinhalten in dieser Methode eine weitere Information. Sie müssen die Information über die Anteile am administrativen Gesamtwert besitzen. So könnte etwa der Bevölkerungsschwerpunkt mit 50% bewertet werden, der nächst größte Bevölkerungsschwerpunkt mit 30% und ein weiterer mit 20%. (siehe Abbildung 51) Durch dieses Verfahren wird der flächenhafte Wert nun auf mehrere Punkte aufgeteilt und nicht nur noch auf einen einzigen konzentriert. Dies sollte ein genaueres Ergebnis zur Folge haben, jedoch auch einen erhöhten Arbeitsaufwand bei der Datenaufbereitung. Die prozentuale Aufteilung muss im Kontext der wissenschaftlichen Vertretbarkeit durch entsprechende Basisinformation gedeckt sein. Die Erstellung zufälliger Punkte wird hierbei als alternative bei mangelnder Informationsquellen angesehen. Wie bereits erwähnt, kann durch eine Aufteilung ein homogeneres Kartenbild zustande gebracht werden.

Abbildung 52: Multiple Referenzpunkte mit 2,5km Raster

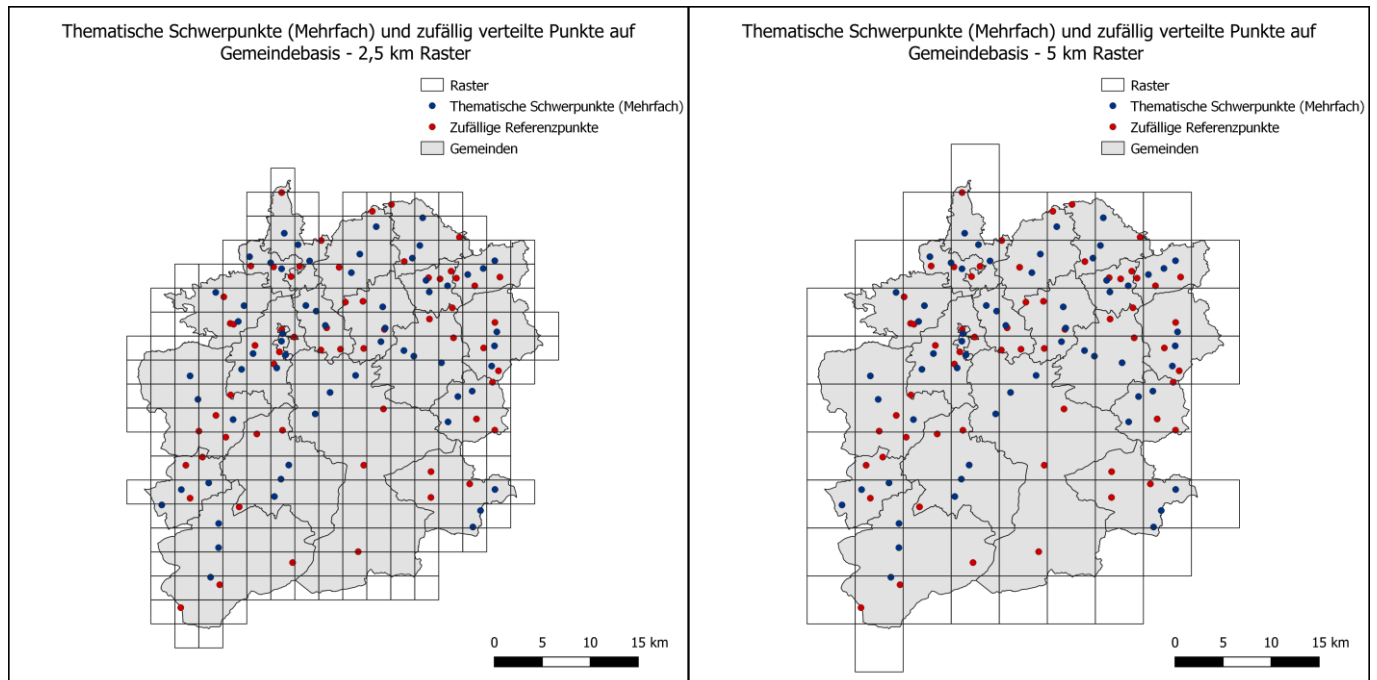


Abbildung 53: Multiple Referenzpunkte mit 5km Raster

In der Abbildung 52: Multiple Referenzpunkte mit 2,5km Raster, sind die thematischen Schwerpunkte sowie zufällig erstellten Punkte mit einem Raster von 2,5 km visualisiert. Im Vergleich zu 1 – Referenzpunktmethode ist auffällig, dass viel mehr Rasterzellen einen Wert erhalten, was durch die höhere Anzahl an Punkten (in diesem Fall die 3 fache Anzahl), nicht verwunderlich ist. Besonders bei einer geringeren Rasterweite bietet diese Methodik Vorteile und eine bessere Repräsentation des Sachverhaltes und zeichnet sich durch geringere Manipulation beim kartographischen Prozess aus.

Bei der nächstgrößeren Rasterweite, in Abbildung 53: Multiple Referenzpunkte mit 5km Raster, wird dies noch stärker ersichtlich. Durch die Verteilung der Werte auf mehrere Punkte werden die Werte einer administrativen Einheit noch feiner auf die Rasterzellen verteilt. Die Anzahl der wertlosen Rasterzelle ist bei dieser Methode gering.

Bei einer weiteren Vergrößerung der Rasterweite auf 7,5 (Abbildung 54) bzw. 10 km (Abbildung 55), ergibt sich ein differenziertes Bild. Hier verliert die größere Anzahl an Referenzpunkten immer mehr an Bedeutung. In vielen Fällen, sind alle Referenzpunkte einer administrativen Einheit auch einer Rasterzelle zugeordnet und das Ergebnis unterscheidet sich nicht mehr von jenem der 1 – Referenzpunktmethod.

Abbildung 54: Multiple Referenzpunkte mit 7,5km Raster

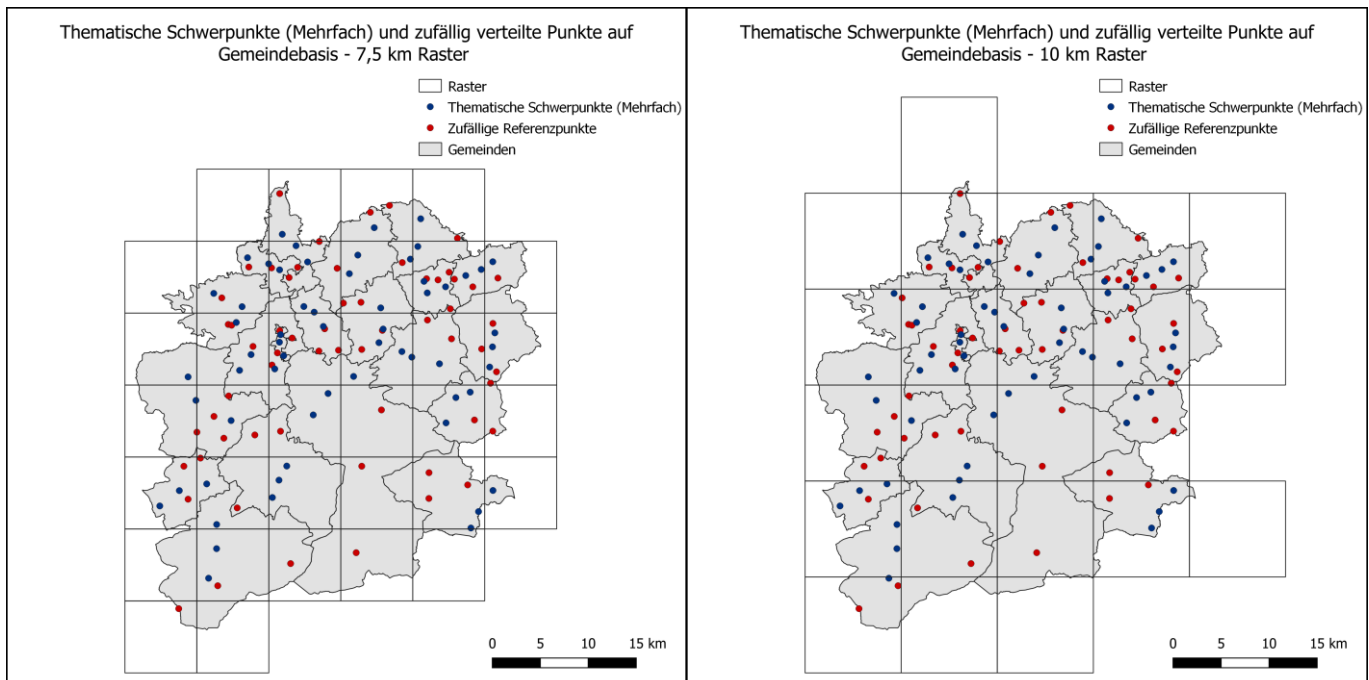


Abbildung 55: Multiple Referenzpunkte mit 10km Raster

Bei einer Vergrößerung der Rasterweite auf 10 km kommt dieser Effekt noch stärker zum Vorschein. Bei den meisten administrativen Einheiten in diesem Beispiel, ist die Fläche kleiner oder annähernd gleich der Fläche der Rasterzelle. Somit würde bei entsprechender Rasterdefinition alle Referenzpunkte einer administrativen Einheit in eine Rasterzelle fallen und somit kommt der Effekt der prozentualen Aufteilung weniger zum tragen als bei einer geringeren Rasterweite. Jedoch ist der Effekt auch bei dieser Rasterweite nicht zu vernachlässigen, da es in den seltensten Fällen eine komplette Überdeckung einer administrativen Einheit von einer Rasterzelle gibt. In den meisten Fällen verteilen sich die Punkte auf mehrere Rasterzellen, da das Rastergitter die administrativen Einheiten schneiden und nicht an ihren Grenzen verlaufen. Dennoch lässt sich die Tendenz, dass das Verhältnis von Rasterweite und der Größe der administrativen Einheit als Maß zur Wahl von Referenzpunkten herangezogen werden kann, erkennen. Wenn die Größe der Rasterzelle gleich groß oder größer jener der administrativen Einheit ist, genügt ein Referenzpunkt zur Rasteraggregation.

7.6 Daten mit Referenzpunkte verbinden

Nachdem die Referenzpunkte erstellt wurden, sei es mit 1- oder N - Referenzpunkten, müssen die Flächendaten auf diese überführt werden.

Im Falle der 1 – Referenzpunktmethode kann diese ohne weitere Zwischenschritt abgehandelt werden. Durch eine eindeutige ID eines Punktes, welche der ID der administrativen Einheit, in welcher er liegt, entspricht, können die Daten, welche ebenfalls mit einer eindeutigen ID versehen sind, verbunden werden.

ID	X	Y	ID	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)
10100	123000	546000	10100	10000	15	A
10200	324000	125000	10200	30000	20	B
10300	412000	498000	10300	25000	10	C

Tabelle 1: Werteüberführung mittels 1 - Referenzpunktmethode

Auch im Falle der N – Referenzpunktmethode werden die Daten mittels der eindeutigen ID verbunden. Im Gegensatz zur 1 – Referenzpunktmethode, wo eine 1 – 1 Beziehung besteht, besteht in diesen Fall eine 1 – N Beziehung. Es werden N – Punkte mit einer administrativen Einheit in Beziehung gesetzt. Die folgende Tabelle (Tabelle 2) zeigt das Ergebnis der Verbindung mit den Werten. Im Vergleich zur 1 – Referenzpunktmethode, ist mit der prozentualen Gewichtung eine weitere Größe für folgende Berechnungen mitgegeben. Die anteilige Wertaufteilung wird im nächsten Schritt des Workflows berechnet, der Rasteragggregation.

ID	X	Y	%	ID	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)
10100	123000	546000	65	10100	10000	15	A
10100	123500	546200	15	10100	10000	15	A
10100	122800	545700	20	10100	10000	15	A
10200	324000	125000	40	10200	30000	20	B
10200	324200	125100	30	10200	30000	20	B
10200	323500	124900	30	10200	30000	20	B

Tabelle 2: Werteüberführung mittels N - Referenzpunktmethode

Wichtig ist bei beiden Methoden, dass sich Referenzpunktdaten sowie Daten immer in derselben administrativen Ebene bewegen. Als Ergebnis dieses Prozesses steht, sowohl für die 1 – als auch für die N – Referenzpunktmethode (inkl. Prozentspalte), eine Tabelle mit X und Y Koordinaten des Punktes sowie den dazugehörigen Werten. Die ID der administrativen Einheit wird in den folgenden Arbeitsschritten nicht mehr benötigt und kann somit aus der Tabelle gelöscht werden.

7.7 Rastererstellung

Die Erstellung des Rasters ist ein wichtiger Bestandteil im Workflow der TGM, da den Rasterzellen die Referenzpunkte bzw. Punktdaten zugewiesen werden. Die Rasterzellen bestimmen die Gebiete in denen die thematischen Sachverhalte zusammengefasst werden. Nach dem Point-in-Polygon Verfahren, werden alle Punkte eindeutig einer Rasterzelle zugeordnet. Durch die Rasterzellen erhält das Untersuchungsgebiet eine Aufteilung in gleich große Zellen über das gesamte Gebiet. Der Raster wird dabei durch folgende zwei wichtige Parameter bestimmt: der Boundingbox, definiert durch die vier Eckpunkte sowie der Rasterweite.

Eine Boundingbox (BBOX) ist der minimale bzw. kleinste Begrenzungsrahmen für ein Objekt oder mehrere Objekte, der in N-Dimensionen festgelegt ist, der Rahmen oder die Box mit dem kleinsten Maß, in dem alle Punkte liegen. Die Boundingbox bestimmt somit den "Rahmen" des Rasters, die Ausdehnung und kann als Teil der äußeren Rasterzellen angesehen werden. Eine BBOX wird üblicherweise durch vier Punkte bestimmt.

1. $X_{\min}/Y_{\min}$ (Lower Left)
2. $X_{\min}/Y_{\max}$ (Upper Left)
3. $X_{\max}/Y_{\min}$ (Lower Right)
4. $X_{\max}/Y_{\max}$ (Upper Right)

Die Rasterweite definiert die Größe der Rasterzellen in X sowie Y Achse. Ein Rasterzelle von x km Rasterweite besitzt somit eine Fläche von x^2 km².

Infolge wird die erste Rasterzelle, mit X_0 und Y_0 , am Punkt LL, welcher durch das Koordinatenpaar $X_{\min}$ und $Y_{\min}$, definiert ist, angesetzt. An dieser Rasterzelle werden die weiteren Zellen in X und Y Richtung angereiht, bis die X und Y Werte and die definierte BBOX stoßen.

Da infolge die thematischen Werte pro Rasterzelle aufsummiert werden, bedarf es einer bedachten Positionierung des Rasters. Das heißt, es muss ein Referenzpunkt bestimmt werden, welcher infolge im Zentrum einer Rasterzelle liegen soll. Je nach thematischer Eigenschaften kann dieser unterschiedlich sein und kann zum Beispiel einen Bevölkerungsschwerpunkt einer administrativen Einheit darstellen. Generell kann zwischen einem geometrisch Berechneten sowie einem thematischen Schwerpunkt als Referenz unterschieden werden.

- Der geometrische Mittelpunkt der ausgewählten administrativen Einheit soll im Zentrum der Rasterzelle liegen.
- Ein thematischer Schwerpunkt (Bevölkerungsschwerpunkt) sollte im Zentrum der Rasterzelle liegen.

Ausgehend von diesem Referenzpunkt können in weiterer Folge, abhängig von der Rasterweite, die Referenzpunkte des Rahmens des Rasters berechnet werden. Als weiterer benötigter Parameter dient die BBOX des Untersuchungsgebietes. Der Rahmen des Rasters

muss, um alle Objekte/Subjekte des Untersuchungsgebietes erfassen zu können, über die BBOX dieses hinausgehen.

Berechnet wird der Referenzpunkt LL ($X_{\min}$ und $Y_{\min}$) ausgehend von einem Referenzpunkt mit den Koordinaten X/Y unter einer bestimmten Rasterweite.

Ausgehend von den Punkten X und Y des Koordinatenpaares des Referenzpunktes wird die Rasterweite so oft subtrahiert, bis diese Werte geringer als $X_{\min}$ und $Y_{\min}$ der BBOX des Untersuchungsgebietes sind. Mit dieser Berechnung würde die Rasterung jedoch mit einer Rastermasche auf den Referenzpunkt treffen. Zusätzlich muss die halbe Rasterweite von X und Y des ermittelten Punktes abgezogen werden.

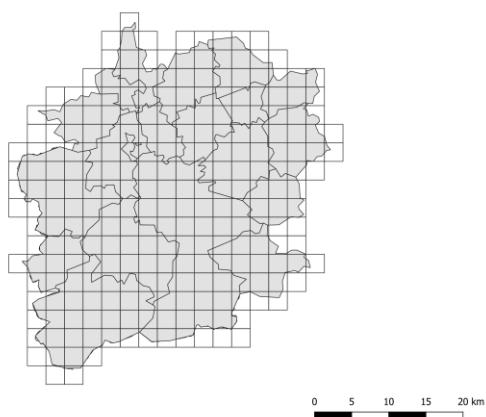
Die TGM kann mit verschiedenen Rasterweiten erstellt werden. Wie bereits erwähnt kommen bei der Betrachtung des Verhältnisses zwischen Rasterzellengröße sowie Größe der administrativen Einheit weitere Fragen auf

Dabei kann in zwei Fälle unterschieden werden. Entweder die Rasterzelle ist größer oder kleiner als eine administrative Einheit. (Abbildung 56)

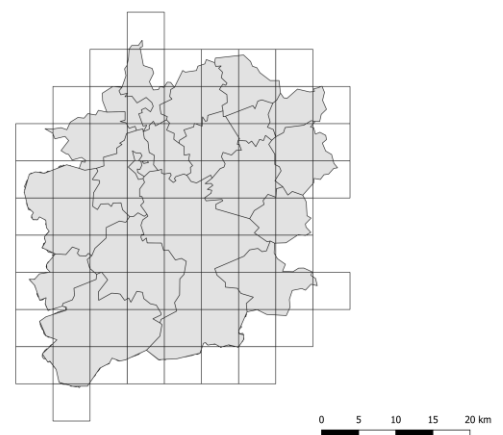
Bei einer großen Rasterweite von 10 km werden mehrere thematische Schwerpunkte der administrativen Einheiten in eine Rasterzelle aggregiert. Die Rasterzelle deckt des Weiteren den Großteil einer administrativen Einheit ab und repräsentiert den Großteil ihrer Fläche.

Im umgekehrten Fall, bei einer Rasterweite von 5 km oder gar kleiner, deckt die Rasterzelle nur einen Bruchteil der administrativen Einheiten ab. Der thematische Schwerpunkt fällt in eine Rasterzelle, welche infolge die gesamte administrative Einheit repräsentiert. Die restlichen Flächen sollten aufgrund ihrer Lage der Richtigkeit halber von anderen Rasterzellen präsentiert werden. Eine prozentuale Aufteilung des Wertes der administrativen Einheit auf mehrere thematische Referenzpunkte wäre hier sinnvoll.

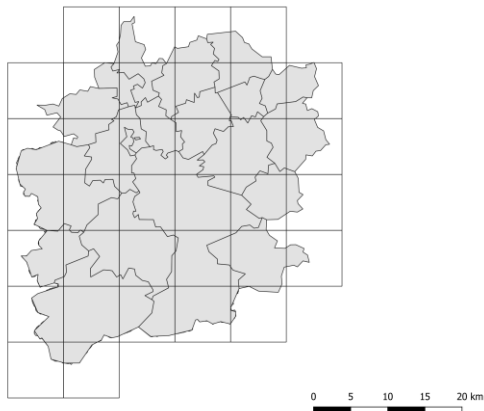
Rasterweite: 2,5 km



Rasterweite: 5 km



Rasterweite: 7,5 km



Rasterweite: 10 km

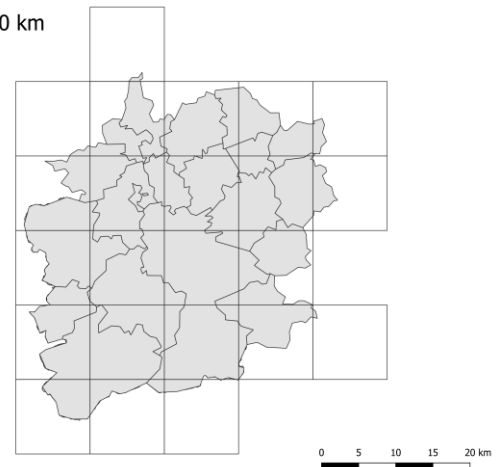


Abbildung 56: Verhältnis zwischen Rasterzellengröße und Größe der administrativen Einheiten

Aufgrund dieser Merkmale lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

„Je größer die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto weniger thematische Referenzpunkte sind zur Rasteraggregation notwendig.“

„Je kleiner die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto mehr thematische Referenzpunkte sind zur Rasteraggregation notwendig.“

Diese Regeln und Problematiken dieses Prozesses werden im folgenden Abschnitt (7.8) noch genauer sichtbar.

7.8 Daten auf Rasterzelle aggregieren

Nachdem die Referenzpunkte erstellt wurden, die Daten mit diesen verbunden sind und der Raster mit seinen Parametern definiert wurde, können die Daten auf die Rasterzellen aggregiert werden. Ziel dieses Prozesses sind Rasterzellen mit Wertzuweisungen, wodurch in weiterer Folge die Ausprägungen der graphischen Variablen in den Zentren der Rasterzellen bestimmt werden. Diese Werte werden durch die Aggregation der Punktdaten erreicht, welche mithilfe der Referenzpunkte von den administrativen Einheiten abgeleitet wurden. Die Abbildung 57 zeigt den Ablauf der Werteübertragung von Flächenwerten auf Rasterzellen.

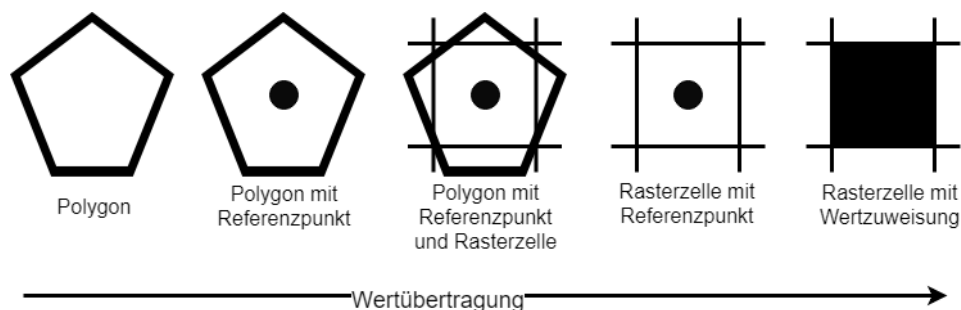


Abbildung 57: Schematischer Ablauf der Wertübertragung von Polygon zu Rasterzelle

Jeder Punkt sowie jede Rasterzelle sind durch Koordinaten eindeutig lokalisiert. Folglich wird jeder Punkt einer Rasterzelle zugewiesen. Es kann hierbei zu den drei folgenden Fällen kommen:

- 1) Einer Rasterzelle wird kein einziger Referenzpunkt zugewiesen.
- 2) Einer Rasterzelle wird genau ein Referenzpunkt zugewiesen.
- 3) Einer Rasterzelle werden mehrere Referenzpunkte zugewiesen.

Wenn jeder Punkt einer Rasterzelle zugeordnet wurde, besteht der nächste Schritt darin die Daten durch mathematische Operationen zu aggregieren. Da durch die verschiedenen graphischen Ausprägungen mehrere Wertigkeiten in verschiedenen Ebenen kommuniziert werden können, fällt auch die Art der Ausgangsdaten unterschiedlich aus. Je nach Art der Daten kommen hier verschiedene Wege zum Einsatz.

- 1) Sind die Daten Absolutwerte, so werden die Werte summiert.
- 2) Sind die Daten Relativwerte, so wird der Mittelwert gebildet.
- 3) Sind die Daten qualitativer Ausprägung, so wird die Ausprägung mit einem absolutem Wert gewichtet.

Die Erstellung des Rasters sowie die Definition der Referenzpunkte stellen einen Vorprozess bzw. eine Vorarbeit der Rasteraggregation dar. Die Zusammensetzung ist dabei sehr variabel, da der Raster in der Rasterweite variieren kann und die Referenzpunkte in ihrer Anzahl je administrativer Einheit. Folglich ergeben sich unterschiedliche Methoden der Rasteraggregation, auch unter Anbetracht der Werteausprägungen.

- Rasteraggregation bei 1 - Referenzpunktmethode
 - Absolutwerte: Summe
 - Relativwerte: Mittelwert
 - Qualitative Werte: Mehrere Ansätze
- Rasteraggregation bei N – Referenzpunktmethode
 - Absolutwerte: Anteilige Summe
 - Relativwerte: Gewichteter Mittelwert
 - Qualitative Werte: Mehrere Ansätze

Diese unterschiedlichen Wege werden im Folgenden durch Beispiele erläutert.

7.8.1 Rasteraggregation bei 1 – Referenzpunktmethode

Zunächst wird die Aggregation der Daten bei der 1 – Referenzpunktmethode behandelt. Das heißt, in jeder administrativen Einheit ist ein eindeutiger Referenzpunkt gesetzt, welchem die gesamten Werte der administrativen Einheit zugeordnet werden. Im ersten Fall, wenn die Daten absoluter Ausprägung sind, so können sie ohne weitere Zwischenschritte oder Überprüfungen summiert werden. Bei Relativwerten verhält es sich ähnlich, außer, dass der Mittelwert der Werte gebildet wird. Bei der Ermittlung der Repräsentation der Qualitativen Werte ist die Aggregation mit Zwischenberechnungen verbunden. Es können hierbei

verschiedene Methoden und Wege zum Einsatz kommen, die im Folgenden beschrieben werden.

Angenommen wird für diese Erläuterung der Problematik, dass sich folgende Referenzpunkt (Tabelle 3) der betreffenden Raumeinheiten in einer Rasterzelle befinden. In dieser Tabelle sind sieben administrative Einheiten, bereits mit Referenzpunkten verbunden, mit entsprechenden Wertigkeiten aufgelistet. Weiters ist zum näheren Verständnis der möglichen Wege zur Rasteraggregation eine Überdeckung in Prozent angegeben. Die Überdeckung gibt an, in welchem Ausmaß die administrative Einheit von der Rasterzelle überdeckt wird, zu der sie aufgrund des Referenzpunktes zugeordnet wird.

ID	Punkt	Überdeckung	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)
10101	1	10 %	20.000	20	A
10102	2	20 %	10.000	17	B
10301	3	100 %	5.000	15	D
10302	4	5 %	2.000	43	A
10402	5	5 %	40.000	23	C
10403	6	10 %	2.000	14	B
10404	7	90 %	1.000	75	B

Tabelle 3: Rasteraggregation: 1-Referenzpunkt

Absolutwerte – Summe

Bei der Rasteraggregation der Absolutwerte wird die Summe gebildet. Es sind keine weiteren Zwischenschritte notwendig.

$$\text{Absolutwert} = \sum (\text{Wert1}(\text{Abs})_1 \dots N)$$

Relativwerte – Mittelwert

Im Falle von Relativwerten, wird der Mittelwert aller in der Rasterzelle liegenden Werte gebildet.

$$\text{Relativwert} = \frac{\sum (\text{Wert2}(\text{Rel})_1 \dots N)}{N(\text{Wert2}(\text{Rel}))}$$

Qualitativer Wert

Die Aggregation von qualitativen Werten gestaltet sich etwas komplexer. Deshalb werden vier verschiedene und mögliche Wege im Anschluss erklärt.

Qualitativer Wert – Methode 1: Bildung des Modus

Bei der Bildung des Modus kann die qualitative Wertigkeit der Rasterzelle einfach und schnell ermittelt werden. Im Falle dieses Beispiels würde die Rasterzelle durch den Wert B repräsentiert werden. Sollten jedoch zwei Ausprägungen den selben Modus erhalten, wäre ein zusätzlicher Wert bzw. eine zusätzliche Gewichtung notwendig. Weiters ist die Ermittlung des Wertes über den Modus eine sehr abstrakte Herangehensweise und lässt viele Merkmale des Sachverhaltes außer Acht. Die realitätsnahe Visualisierung des Sachverhaltes ist durch diese Methode nicht gegeben. Eine weitere Methode, welche das Problem mit Ausprägung mit dem selbem Modus lösen würde, wäre die folgende Methode 2.

Ergebnis → Qualität B

Qualitativer Wert – Methode 2: Gewichtung mit Absolutwert nach Bildung des Modus

Bei dieser Methode wird wie in der Vorangegangenen zuerst der Modus gebildet. Bei diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass nur die Punkte 1-6 in Rasterzelle fallen. In diesem Fall hätten die Ausprägungen A und B jeweils den Modus 2. Der Ansatz dieser Methode wäre nun, jede Ausprägung mit dem dazugehörigen Absolutwert zu gewichten. Infolge werden die Absolutwerte jeder Ausprägung summiert, um die qualitative Wertigkeit der Rasterzelle zu ermitteln.

- A: $20.000 + 2.000 = 22.000$
- B: $10.000 + 2.000 = 12.000$

Durch diese Gewichtung geht die Ausprägung A deutlich als Repräsentant dieser Rasterzelle hervor.

Wie in der Tabelle 3 ersichtlich, repräsentiert die Ausprägung C eine Raumeinheit mit einem sehr hohen Absolutwert, dennoch findet er in den bisher behandelten Methoden keine Beachtung. In diesem Fall hindert die vorherige Bildung des Modus die Beachtung dieser Ausprägung. Die folgende Methode, Methode 3, soll dies beseitigen.

Ergebnis → Qualität A

Qualitativer Wert – Methode 3: Gewichtung ohne Modusbildung

Hier wird auf die Bildung des Modus verzichtet. Wie in Methode 2 erkannt wurde, kann der Modus als manipulativer Zwischenritt charakterisiert werden. Durch sofortige Gewichtung der Ausprägungen mit den Absolutwerten und der Summierung dieser, verändert sich in Folge auch das Ergebnis.

- A: $20.000 + 2.000 = 22.000$
- B: $10.000 + 2.000 + 1.000 = 12.000$
- C: 40.000
- D: 5.000

Bei dieser Methode geht die Ausprägung C als Repräsentant der Rasterzelle hervor. Hierbei sowie in den zuvor besprochenen Methoden, wird jedoch nicht auf die Überdeckungsfläche geachtet. Man kann deshalb auch hier nicht von einem „richtigen“

Ergebnis sprechen. Es wäre ja theoretisch möglich, dass nur 5% der Fläche welche durch Referenzpunkt 5 repräsentiert wird in der behandelten Rasterzelle liegt. In diesem Falle könnte mit einer zusätzlichen prozentualen Gewichtung ein wahrheitsgetreueres Ergebnis, wie in der Methode 4 beschrieben wird, erzielt werden.

Ergebnis → Qualität C

Qualitativer Wert – Methode 4: Gewichtung mit prozentualem Anteil aufgrund der Überdeckung

Bei dieser Methode werden die gewichteten Ergebnisse zusätzlich mit einem Faktor gewichtet. Dabei könnte durch die Überdeckungsfläche der Rasterzelle der administrativen Einheiten prozentuale Faktoren berechnet werden. Diese Faktoren stellen eine zusätzliche Gewichtung in der Berechnung dar und beeinflussen das Ergebnis zusätzlich. Das Ergebnis durch diese Methode ist im Folgenden mit den bereits prozentualen Werten zu sehen:

- A: $2.000 + 100 = 2100$
- B: $2.000 + 200 + 900 = 3100$
- C: 2.000
- D: 5.000

Bei dieser Methode wird der große Absolutwert des Referenzpunktes 5 durch die geringe Überdeckung im Zuge der Ergebnisermittlung belanglos. Da die Einheit, welche durch den Punkt 3 repräsentiert wird, zu 100% in der Rasterzelle liegt, wird dieser Wert zur Gänze übernommen und infolge repräsentiert die qualitative Ausprägung D die Rasterzelle.

Ergebnis → Qualität D

Qualitativer Wert - Zusammenfassung

Diese vier Methoden der Rasteraggregation qualitativer Werte haben bewiesen, dass es für eine wahrheitsgetreue Repräsentation der Daten einen durchaus überlegten Weg der Aggregation geben muss. Die Kreuztabelle zeigt die verschiedenen Ränge der Qualitäten bei den unterschiedlichen Methoden. Dabei wurden vier methodische Ansätze behandelt (blau) mit vier verschiedenen qualitativen Ausprägungen (grün). Auffällig ist dabei, dass bei den vier unterschiedlichen Methoden vier unterschiedliche Repräsentanten der behandelten Rasterzelle hervorgehen.

		Methode			
		1	2	3	4
Qualität	A	2	1	2	3
	B	1	2	3	2
	C	3	3	1	4
	D	3	3	4	1

Tabelle 4: Ergebnisse der Rasteraggregation von Qualitäten der 1 - Referenzpunktmethode

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird die Methode 3 zur Rasteragggregation angewendet. Die Methode 4 stellt in der Theorie eine wahrheitsgetreue Ermittlung durch zusätzliche Parameter dar, ist aber auch durch erhöhte Komplexität gekennzeichnet. In diesem Falle sieht das Ergebnis der Rasteragggregation mit den Werten der Tabelle 3 wie folgt aus:

Rasterzelle	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)
1	80.000	29,6	C

Tabelle 5: Ergebnis der Rasteragggregation der 1 - Referenzpunktmethode

7.8.2 Rasteragggregation bei N – Referenzpunktmethode

Bei der N – Referenzpunktmethode sind in jeder administrativen Einheit N - Referenzpunkte gesetzt, welchen ein prozentualer Anteil des Wertes der administrativen Einheit zugeordnet wird. Durch die prozentuale Aufteilung gestalten sich die Rechenschritte etwas komplexer, resultieren jedoch in einem genaueren Ergebnis.

Im ersten Fall, wenn die Daten absoluter Ausprägung sind, so können die anteiligen Werte je Rasterzelle summiert werden. Bei Relativwerten muss der gewichtete Mittelwert gebildet werden. Bei der Ermittlung der Repräsentation des Qualitativen Werte ist die Aggregation mit Zwischenberechnungen verbunden. Es können hierbei verschiedene Methoden und Wege zum Einsatz, welche durch das folgende Beispiel erläutert werden. Zu den folgenden Beispielen ist zu erwähnen, dass die in grau gehaltenen Einträge der Tabelle in andere Rasterzellen fallen und bei den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt werden.

ID	Punkt	Überdeckung	Gewichtung (Punkt)	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)	Σ (3*5*6)
10101	1	10 %	50 %	2.000	30	C	10
	2	10 %	35 %	2.000	30	C	70
	3	10 %	15 %	2.000	30	C	30
10102	4	50 %	50 %	10.000	20	A	2.500
	5	50 %	35 %	10.000	20	A	1.750
	6	50 %	15 %	10.000	20	A	750
10301	7	10 %	50 %	3.000	15	C	150
	8	10 %	35 %	3.000	15	C	75
	9	10 %	15 %	3.000	15	C	45
10302	10	100 %	50 %	6.000	35	B	2.500
	11	100 %	35 %	6.000	35	B	2.100
	12	100 %	15 %	6.000	35	B	900

Tabelle 6: Rasteragggregation: N - Referenzpunkte

Absolutwert – Anteilige Summe

Zur Aggregation der Absolutwerte muss die Summe der anteiligen Werte gebildet werden.

Relativwerte – Gewichteter Mittelwert

Im Gegensatz zur 1 – Referenzpunktmethode, wo der Mittelwert alle in der Rasterzelle liegenden Relativwerte gebildet wurden, muss bei der N – Referenzpunktmethode die prozentuale Aufteilung berücksichtigt werden. Somit wird der Relativwert der Rasterzelle durch einen gewichteten Mittelwert ermittelt. Es werden hierbei die Gewichtung der Punkte als Gewichtung für den Mittelwert herangezogen. Im ersten Schritt werden die Gewichtungen summiert. Dies ist die Basis um die Gewichtung für die Berechnung der Relativwerte in dieser Rasterzelle berechnen zu können. In Folge können die Gewichtungen für den gewichteten Mittelwert durch folgende Formel berechnet werden:

$$\text{Gewichtung(Rasterzelle)} = \frac{\text{Gewichtung (Punkt)} \times 100}{\sum(\text{Gewichtungen(Punkt)}1 \dots N)}$$

ID	P	Überdeckung	Gewichtung Rasterzelle	Gewichtung (Punkt)	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 2 Gew.	Wert 3 (Qual)	Spalten Σ (3*5*6)
10101	1	10 %	21,3	50 %	2.000	30	6,39	C	10
	2	10 %	14,9	30 %	2.000	30	4,47	C	70
	3	10 %		15 %	2.000	30		C	30
10102	4	50 %		50 %	10.000	20		A	2.500
	5	50 %	14,9	35 %	10.000	20	2,98	A	1.750
	6	50 %	6,4	15 %	10.000	20	1,28	A	750
10301	7	10 %	21,3	50 %	3.000	15	3,195	C	150
	8	10 %		35 %	3.000	15		C	75
	9	10 %		15 %	3.000	15		C	45
10302	10	100 %		50 %	6.000	35		B	3.000
	11	100 %	14,9	35 %	6.000	35	5,215	B	2.100
	12	100 %	6,4	15 %	6.000	35	2,24	B	900

Tabelle 7: Rasteraggregation: N - Referenzpunkte inklusive Gewichtung

Mithilfe der berechneten Gewichtung kann infolge der gewichtete Mittelwert berechnet werden.

$$\text{Wert2(Gew.)} = \frac{\text{Gewichtung(Rasterzelle)} \times \text{Wert2(Rel)}}{100}$$

Der gewichtete Mittelwert ergibt sich nun aus der Summe der gewichteten Relativwerte.

$$\bar{X}(\text{Gew.}) = \sum(\text{Wert2(Gew.)}1 \dots N)$$

Qualitativer Wert

Die Aggregation von qualitativen Werten gestaltet sich etwas komplexer. Deshalb werden vier verschiedene und mögliche Wege im Anschluss erklärt.

Qualitativer Wert – Methode 1: Prozentualer Anteil als Wertigkeit

Bei dieser Methode wird jeder Qualität ihr anteiliger Prozentanteil gutgeschrieben und diese infolge summiert. Dies ist ein sehr abstrakter Zugang und mit einer gewissen Unsicherheit verbunden. Die Berechnung dafür sieht wie folgt aus.

- A: $35 + 15 = 50$
- B: $35 + 15 = 50$
- C: $50 + 35 + 50 = 135$

Bei dieser Methode würde die Rasterzelle durch die Qualität C repräsentiert werden. Dieser Zugang ist ähnlich abstrakt wie die Bildung des Modus bei der 1 - Referenzpunktmethode und deshalb benötigt es genauere Berechnungen.

Ergebnis → Qualität C

Qualitativer Wert – Methode 2: Gewichtung mit Absolutwert nach Bildung des Modus.

Für dieses Beispiel werden nur die Punkte 3 bis 11 zur Berechnung herangezogen. Bei dieser Methode werden den Qualitäten wie bei der Methode 1, die prozentualen Werte gutgeschrieben. Wenn zwei Werte denselben Wert haben, werden anschließend die anteiligen Absolutwerte zur Gewichtung herangezogen.

- A: $35 + 15 = 50$ $3.500 + 1.500 = 5.000$
- B: $35 + 15 = 50$ $2.100 + 900 = 3.000$
- C: $50 = 50$ $1.500 = 1.500$

Ergebnis → Qualität A

Qualitativer Wert – Methode 3: Gewichtung ohne Modusbildung

Bei diesem Ansatz werden die qualitativen Ausprägungen im ersten Schritt mit den anteiligen Absolutwerten gewichtet. Hier wird der gleiche Weg wie bei der Methode 3 bei der 1 - Referenzpunktmethode gewählt. Der einzige Unterschied ist, dass eine prozentuale Gewichtung der Summe der anteiligen Referenzpunkte vorausgeht. Im Detail sieht die Berechnung wie folgt aus.

- A: $0,35 \times 10.000 + 0,15 \times 10.000$ $3.500 + 1.500 = 5.000$
- B: $0,35 \times 6.000 + 0,15 \times 6.000$ $2.100 + 900 = 3.000$
- C: $0,5 \times 2.000 + 0,35 \times 2.000 + 0,5 \times 3.000$ $1.000 + 700 + 1.500 = 3.200$

Wie bei Methode 2 geht hier die Qualität A als repräsentative Ausprägung dieser Rasterzelle hervor. Wie schon bei der 1 – Referenzpunktmethode, kann natürlich der Fall auftreten, dass eine administrative Einheit nur gering von der Rasterzelle überdeckt wird,

jedoch zu 100% ihren anteiligen Wert zugeschrieben bekommt. In diesem Fall wäre es in Anbetracht der geringeren Transformation sinnvoll, diese Information in den Berechnungsprozess miteinzubeziehen.

Ergebnis → Qualität A

Qualitativer Wert – Methode 4: Gewichtung mit prozentualen Anteil aufgrund der Überdeckung

Die Methode 4 zieht, wie auch schon bei der 1 – Referenzpunktmethode, die Überdeckungsfläche in die Berechnung mit ein. Dadurch soll ein Ergebnis mit geringerer Transformation erzielt werden. Ähnlich wie bei der Methode 3, werden hier die anteiligen Absolutwerte herangezogen, welche jedoch zusätzlich mit der prozentualen Überdeckungsfläche multipliziert werden. Die Berechnung sieht wie folgt aus.

- A: $0,35 \times 10.000 + 0,15 \times 10.000$ $3.500 \times 0,5 + 1.500 \times 0,5 = 2.500$
- B: $0,35 \times 6.000 + 0,15 \times 6.000$ $2.100 \times 1 + 900 \times 1 = 3.000$
- C: $0,5 \times 2.000 + 0,35 \times 2.000 + 0,5 \times 3.000$ $1.000 \times 0,1 + 700 \times 0,1 + 1.500 \times 0,1 = 320$

Bei dieser Methode, in Anbetracht eines zusätzlichen Faktors, erhält die Qualität B den höchsten Wert bei der Berechnung und würde somit die Rasterzelle als Qualität repräsentieren.

Ergebnis → Qualität B

Qualitativer Wert - Zusammenfassung

Diese vier Methoden der Rasteraggregation qualitativer Werte haben, wie bereits bei der 1 – Referenzpunktmethode, bewiesen, dass es für eine wahrheitsgetreue Repräsentation der Daten einen durchaus überlegten Weg der Aggregation geben muss. Die Kreuztabelle zeigt die verschiedenen Ränge der Qualitäten bei den unterschiedlichen Methoden. Dabei wurden vier methodische Ansätze behandelt (blau) mit drei verschiedenen qualitativen Ausprägungen (grün). Auffällig ist dabei, dass bei den vier unterschiedlichen Methoden drei unterschiedliche Repräsentanten der behandelten Rasterzelle hervorgehen. Einzig die Qualität A geht in zwei Fällen, bei Methode zwei und drei, als Repräsentant dieser Rasterzelle hervor.

		Methode			
		1	2	3	4
Qualität	A	2	1	1	2
	B	2	2	2	1
	C	1	3	3	3

Tabelle 8: Ergebnisse der Rasteraggregation von Qualitäten bei der N - Referenzpunktmethode

Rasterzelle	Wert 1 (Abs)	Wert 2 (Rel)	Wert 3 (Qual)
1	11.200	25,77	A

Tabelle 9: Ergebnis der Rasteraggregation bei der N - Referenzpunktmethode

Mit den Ergebnissen der Rasteraggregation könnten bereits TGM erstellt werden. Als Zwischenschritt könnte die Erstellung von Rasterkarten angesehen werden. Man könnte sie auch als Choroplethenkarte mit Rasterzellen als statistische Einheiten betrachten. Im Folgenden sind drei dieser Visualisierungen mit unterschiedlichen Rasterweiten zu sehen. Sie sollen erste Eindrücke über die Auswirkungen der rasterbasierten Darstellung und die Auswirkungen veränderter Rasterweiten geben.

Anschließend sind drei Beispiele zu sehen, welche die Summe der abgegebenen Stimmen zur EU - Wahl 2019 auf Gemeindebasis pro Rasterzelle zeigen. Im Zuge der Rasteraggregation konnten die Werte der Referenzpunkte aufgrund der Ausprägung (Absolutwerte) auf die Rasterzelle summiert werden. Die idente Fläche der Rasterzellen erlaubt es, auch die Absolutwerte zu visualisieren. Mit der 1 – Referenzpunktmethod, mit Bevölkerungsschwerpunkten als Referenzpunkte, sehen Karten mit den Rasterweiten von 5-, 7,5- sowie 10 km wie folgt aus.

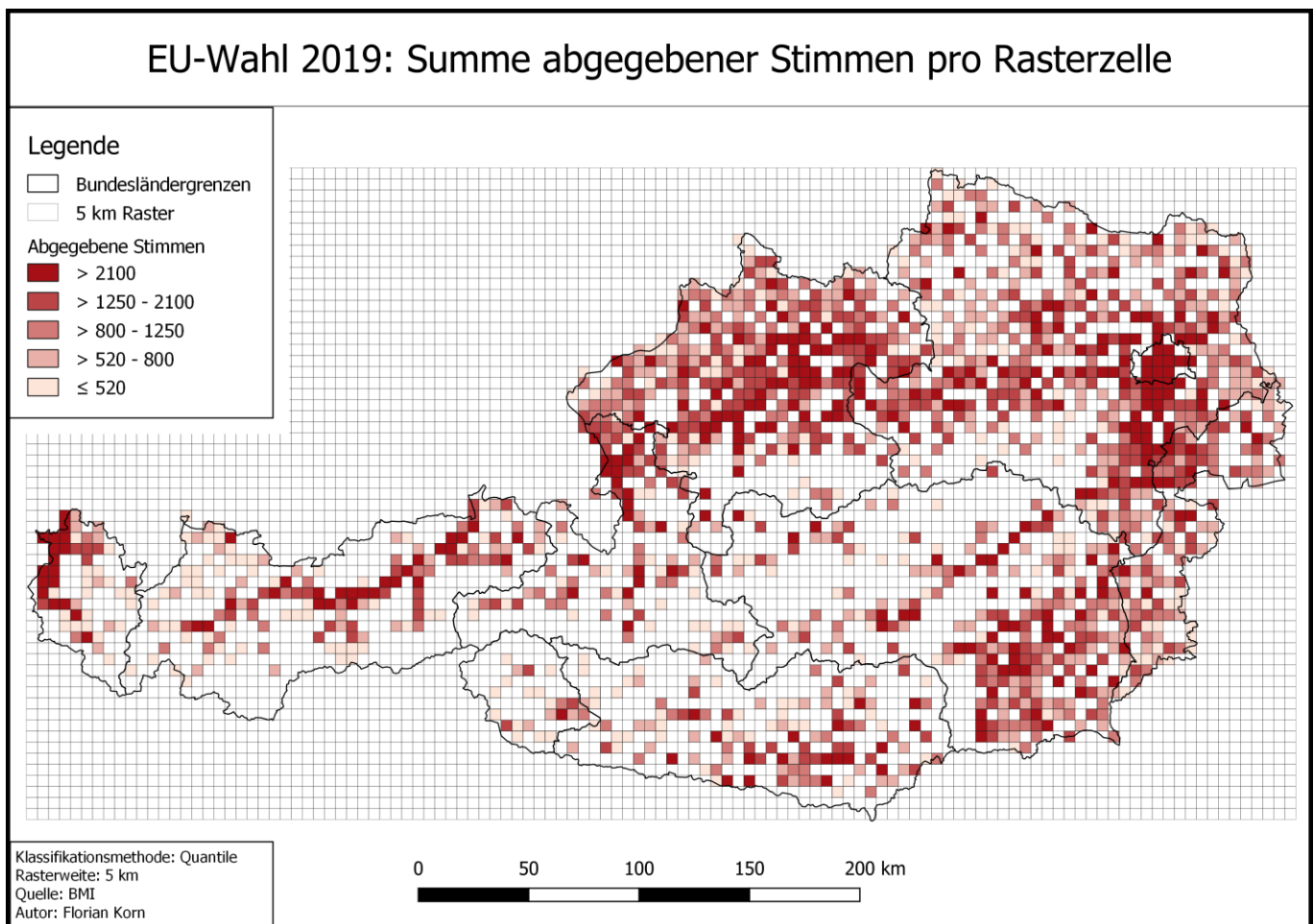


Abbildung 58: Summe abgegebener Stimmen auf 5 km Rasterbasis

In Abbildung 58 sind die Summen abgegebener Stimme pro Rasterzelle auf Basis eines 5 km Rasters zu sehen. Die Darstellung gibt ein sehr feingliedriges Abbild der Realität wieder. Besonders in den Bergregionen in Zentral- und Westösterreich sind die Bevölkerungsreichen Täler sehr gut zu erkennen. Auffällig sind jedoch auch leere Rasterzellen in Bevölkerungsreichen Gebieten wie etwa dem Ballungsraum Wien. Erklärbar ist dies durch die 1 – Referenzpunktmethod, da besonders in den äußeren Bezirken die Bevölkerungsschwerpunkte dem Zentrum der Stadt näher liegen. Dadurch werden diese Bezirke Rasterzellen im Zentrum zugeordnet und nicht jenen am Rande der Stadt. Dieses Ergebnis verifiziert wieder die zuvor aufgestellte Annahme bzw. Regel bei dem Verhältnis von Rasterweite, Referenzpunkte und Größe der administrativen Einheiten die wie folgt lautete:

„Je kleiner die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto mehr thematische Referenzpunkte sind zur Rasteraggregation notwendig.“

Bei der Rasterweite von 5 km ist es im Sinne des Transportes der Information, und vor allem der geringen Transformation, von Vorteil, auf mehrere Referenzpunkte zurückgreifen. Dadurch wird der Wert einer administrativen Einheit prozentual auf mehrere Rasterzellen aufgeteilt.

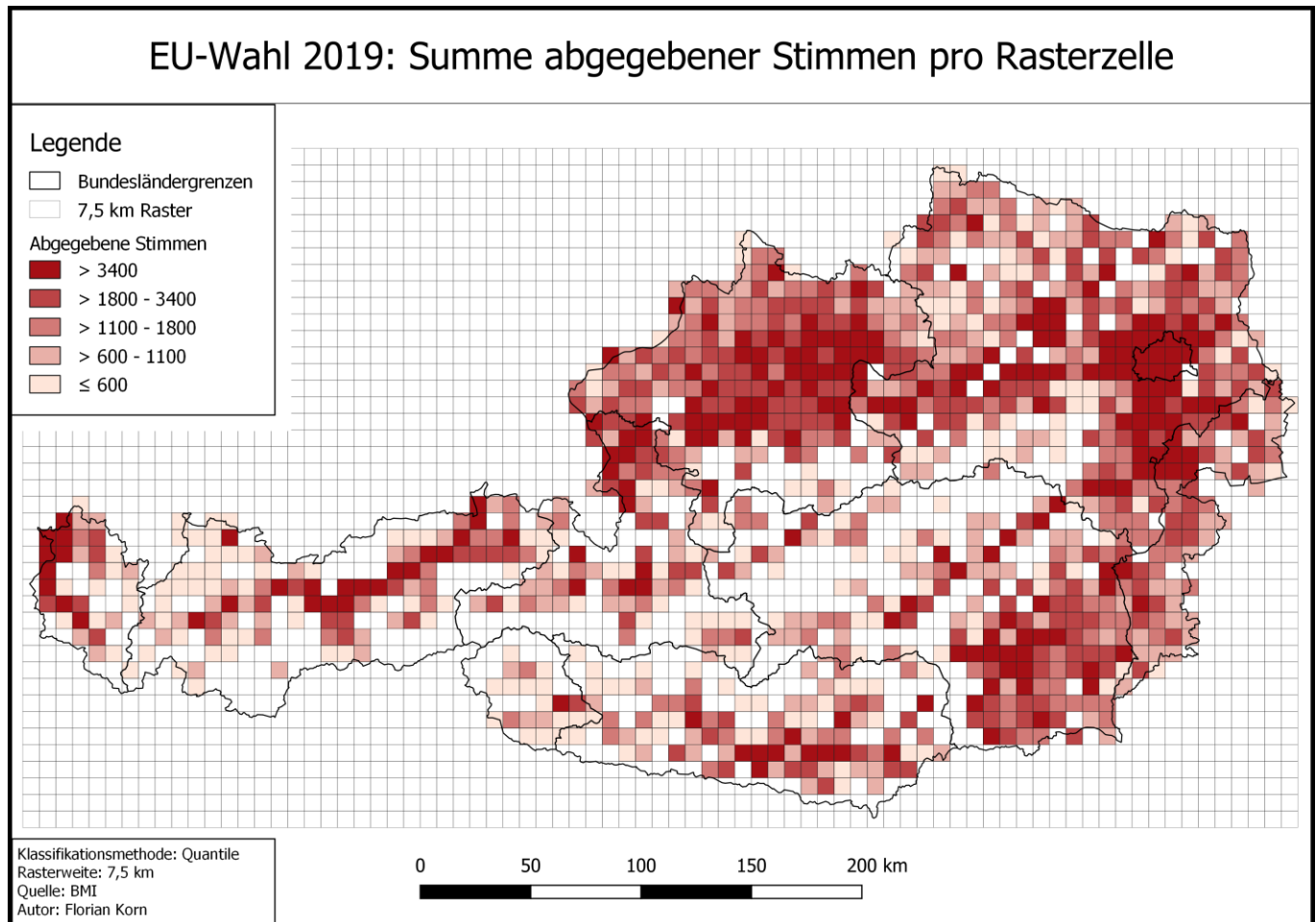


Abbildung 59: Summe abgegebener Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis

In der Abbildung 59 wurde die Rasterweite auf 7,5 km erhöht. Wie bei der Rasterweite von 5 km sind bevölkerungsreiche Gebiete vor allem in den Tälern der Bergregionen wieder sehr gut zu erkennen. Die Rasterzellen im bevölkerungsreichen Gebiet im Ballungsraum Wien erhalten nahezu alle einen Wert. Dies lässt auf ein ausgeglichenes Verhältnis von Rasterzellengröße zu Größe der administrativen Einheit schließen.

Eine weitere Vergrößerung der Rasterweite auf 10 km ergibt ein Karte wie in Abbildung 60 zu sehen ist. Im Vergleich zu den Visualisierungen mit den Rasterweiten 5- bzw. 7,5 km zeigt dieses Bild eine flächenhafte größere eingefärbte Fläche. Im Gegensatz zu den geringeren Rasterweiten sind weniger Rasterzellen zu erkennen, welche keinen Wert erhalten haben.

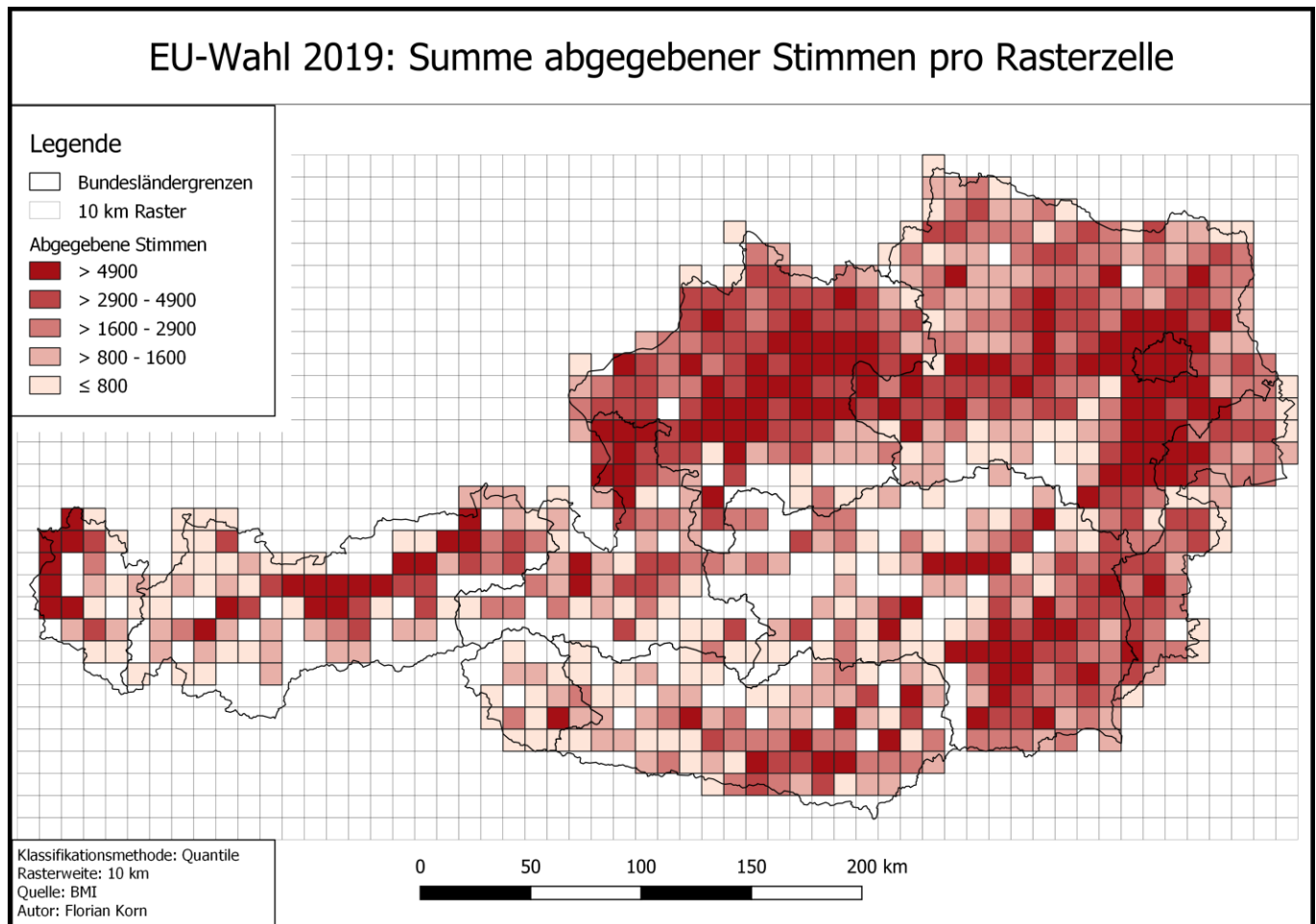


Abbildung 60: Summe abgegebener Stimmen auf 10 km Rasterbasis

Die Bevölkerungsreicheren bzw. -dichteren Gebiete sind klar zu erkennen und sind homogen eingefärbt. Die Täler in den Bergregionen kommen bei dieser Rasterweite nicht so deutlich zum Vorschein, wie bei den geringeren Rasterweiten, dennoch sind sie mit gewissem Vorwissen über das Untersuchungsgebietes zu erkennen. Bei dieser Rasterweite sind, aufgrund des Verhältnisses zwischen Rasterzellengröße und Größe der administrativen Einheit, die Bevölkerungsgebiete sehr gut abgedeckt und es kommt in Bevölkerungsreichen Regionen zu keinen Rasterzellen ohne Werte.

Eine optimale Rasterweite lässt sich schwer definieren, da sie sich immer aus mehreren Faktoren ergibt und je nach Anwendungsfall unterschiedlich zu gestalten ist. In dem gerade diskutierten Beispiel würde die Darstellung mit einer Rasterweite von 7,5 km gewählt werden, da bei dieser auch das Zusammenspiel zwischen Rasterweite und Größe der administrativen Einheiten sowie der 1 - Referenzpunktmethodene als gelungen bewertet werden kann.

Bei den Beispielen der Rasterkarten sind einige Rasterzellen zu erkennen, welche über das Untersuchungsgebiet Österreichs hinausragen bzw. fast zur Gänze außerhalb liegen und trotzdem einen Wert erhalten haben. Man kann hier keineswegs von falsch oder richtig sprechen, da durch den angesetzten Raster und die Zuordnung der Referenzpunkte dieses

Ergebnis resultiert. Dadurch repräsentiert die Rasterzelle, auch wenn sie Großteiles außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt, den visualisierten Wert der administrativen Einheit, repräsentiert durch den Referenzpunkt. Problematisch wird dies infolge bei der TGM, wo der Wert der Rasterzelle durch eine Signatur repräsentiert wird, welche im Zentrum der Rasterzelle lokalisiert ist. Wenn die Signatur zur Gänze außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt, kann dies den Eindruck erwecken, dass sie Werte von Regionen außerhalb des abgegrenzten Untersuchungsgebietes repräsentiert. In diesen Fällen können zwar im Zuge des Prozesses korrekte und richtig erstellte Signaturen auf der Seite des Rezipienten zu Misskommunikation oder Verwirrung sorgen. Im weiteren Verlauf stellt sich die Frage, ob die Signaturen, die zur Gänze außerhalb des Untersuchungsgebietes liegen, im Endprodukt erscheinen sollen oder ob diese mittels einer Maske gelöscht werden.

7.9 Daten Klassifizieren

Die Datenklassifikation ist ein wichtiger Prozess im Zuge der Kartenerstellung und hat wesentlichen Einfluss darauf, wie die Informationen transportiert werden sowie auf die Aussage des Kartenendproduktes. Jedenfalls sollte zu Beginn des Klassifizierungsprozesses eine statistische Analyse der Daten betrachtet werden. Die statistische Analyse der Daten stellt eine Vorarbeit bzw. Teilbereich der Klassifizierung dar. Als voreingestellte Methode wurde die Quantilenklassifikation gewählt. Bei dieser Methodik werden jeder Gruppe dieselbe Anzahl an Merkmalen zugeordnet. Mit dieser Methodik wurde eine erste Betrachtung der Ergebnisse durchgeführt. Sie stellt nicht immer eine optimale Methode dar, produziert jedoch ein leicht lesbares Ergebnis. Dies gilt sowohl für die erste als auch die zweite Ebene. Sie wird somit für Absolut- sowie Relativwerte angewandt. Bei den Daten mit qualitativer Ausprägung ist die Klassifizierung vorgegeben und jede weiteren Schritt obsolet. Je nach Datenstruktur sollte folglich eine passende Klassifizierung gewählt werden. Welchen Einfluss unüberlegte Klassifikation auf das Endprodukt einer TG haben kann, wird im Abschnitt 8.1.5 ersichtlich. Durch die notwendige Klassifikation mehrerer Dateneiern, ergeben sich mehrere Kombinationsmöglichkeiten und Resultate.

7.10 Kartenerstellung und -veredelung

Die Karten werden automatisiert erstellt, wobei besonders auf die Flexibilität bei der Erstellung des entsprechenden Skriptes geachtet wurde. Durch die Veränderungen bestimmter Parameter können einfach und schnell unterschiedliche Ergebnisse erzeugt und verglichen werden. Auch können mit denselben Daten Choroplethendarstellungen erzeugt und mit den TGM verglichen werden. Das in Abschnitt 7.3 beschriebene Map Definition File liefert diese Parameter. Diese Größen beschreiben etwa die Schwellen, die Farben, die Signaturengrößen und -form sowie weitere Kartenbestandteile. Die definierten Signaturen wurden infolge im Zentrum jeder Rasterzelle (sofern die entsprechende Zelle einen Wert hatte) visualisiert. Die Werte der Rasterzelle bestimmen dabei die graphischen

Ausprägungen. Somit kann dieses Ergebnis als fertiges Kartenprodukt bezeichnet werden. Durch die mitgelieferten Metadaten können sämtliche Kartenbestandteile erstellt werden:

- Titel mit Raum- Zeit- und Sachbezug
- Legende
- Maßstab
- Quellenangabe und ©
- Kartenrahmen

All diese Kartenelemente haben den Zweck dem Kartenleser die Informationen einfacher und übersichtlich näher bringen zu können. Deshalb kommt ihnen auch eine wichtige Geltung zu, die in vielen Fällen unterschätzt wird.

Mit der Kartenfinalisierung kann der Workflow zur Erstellung der TGM als abgeschlossen betrachtet werden. Bei der Erstellung der TGM wurde erkannt, dass ein großer Teil von der Rastererstellung und der Aggregation der Werte eingenommen wird. Die aggregierten Rasterwerte stellen die Basis weiterer Visualisierungen dar. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der hier einfließt, sind die Referenzpunkte, mit welchen die flächenhaften Daten verbunden werden. Die Referenzpunkte können auf verschiedene Wege zustande kommen, wobei generell zwischen thematischen- und berechneten Referenzpunkte unterschieden werden kann. Zusätzlich können sie in der Zahl je administrativer Einheit variieren. Weiters ist das Verhältnis der Größe der administrativen Einheit und der Rasterzellen bei der Wahl der Anzahl der Referenzpunkte zu beachten. Insgesamt verlangt die rasterbasierte Darstellung große Vorarbeit um eine gerechte Datenbasis zu erhalten. Diese komplexen Prozesse verlangen wiederum intensive Auseinandersetzung in jedem Arbeitsschritt, um starken Transformationen oder gar Verfälschungen der Daten entgegenzuwirken. Weiters wurde erkannt, dass bei der Erstellung viele Parameter in den Prozess einfließen. Dadurch können mit geringen Änderungen verschiedene Ergebnisse erstellt werden. Unterschiedliche Kartenendprodukte haben folglich auch verschiedene Aussagen. Wie sich die Einstellungen der verschiedenen Parameter im Detail auf das Kartenendprodukt auswirken, wird im Anschluss beschrieben.

8 Ergebnisse

Der Workflow zur Erstellung der TGM zeigt, welche komplexen Arbeitsschritte bei der Kartenerstellung notwendig sind. Einer von diesen ist die Datenaufbereitung, bei welcher die Daten unterschiedlicher Ausprägungen auf Rasterzellen aggregiert werden. Die Ergebnisse der Rasteraggregation stellen die Basis der Visualisierung dar. Es wurde ersichtlich, dass bei der Erstellung mehrere Parameter einfließen, welche das Ergebnis grundlegend beeinflussen können. Dazu zählen:

- Die **Rasterdefinition** ausgehend von einem Referenzpunkt.
- Die **Rasterweite** bei der Rastererstellung.
- Die **Referenzpunkte** zur Verknüpfung mit flächenhaften Ausgangsdaten.
- Die **Klassifikationsmethoden** mehrerer Ebenen.

Die Auswirkungen der Veränderung dieser Parameter auf das Ergebnis werden analysiert, um sie genau beschreiben zu können. Dafür werden eine Reihe an Karten erstellt und diese miteinander verglichen. Durch diese Vergleiche und den gesammelten Erkenntnissen in diesem Kapitel soll eine optimale TGM, zum Anwendungsfall der EU - Wahl 2019 im anschließenden Kapitel präsentiert werden. Zusätzlich dienen die Interpretationen dazu, Tendenzen und Regeln zur Verwendung und Kombination der Parametereinstellungen zu erstellen.

8.1 Auswirkungen durch Veränderung der Parameter

Im Nachkommenden werden die Auswirkungen durch Veränderungen der verschiedenen Parameter auf das Ergebnis analysiert, da sie definitiv starke Auswirkungen auf das endgültige Erscheinungsbild der Karte, und somit auch auf die Informationsaufnahme des Rezipienten, haben.

8.1.1 Rasterdefinition

Die Erstellung des Rasters geschieht abhängig von einem Referenzpunkt sowie einer gewissen Rasterweite. Wird dieser Referenzpunkt verändert, hat dies Folgen auf die Positionierung des Rasters und folglich auch auf das Endergebnis, da sich die Zusammensetzung der Referenzpunkte in den Rasterzellen ändert. Im Folgenden soll dies durch ein Beispiel demonstriert werden.

Als Referenzpunkte zur Rastererstellung werden drei Beispielpunkte herangezogen:

- Geometrisches Zentrum Wien: 626221/483226 (EPSG:31287)
- Politisches Zentrum Wien: 625566/483182 (EPSG:31287)
- Geometrisches Zentrum Graz: 559935/354997 (EPSG:31287)

In der Abbildung 61 sind die ersten zwei Punkte im Zentrum des 1. Bezirkes von Wien zu sehen. Zur erkennen ist eine starke räumliche Nähe, welche einen Einfluss auf das Endergebnis kaum vermuten lässt. Um exakt zu sein, liegen sie auf der X-Achse 655 Meter und auf der Y-Achse 44 Meter auseinander. Dies entspricht einer direkten Entfernung von 656,5 Meter. Die Rasterweite bei den folgenden Beispielen wurde mit 7,5 km definiert.

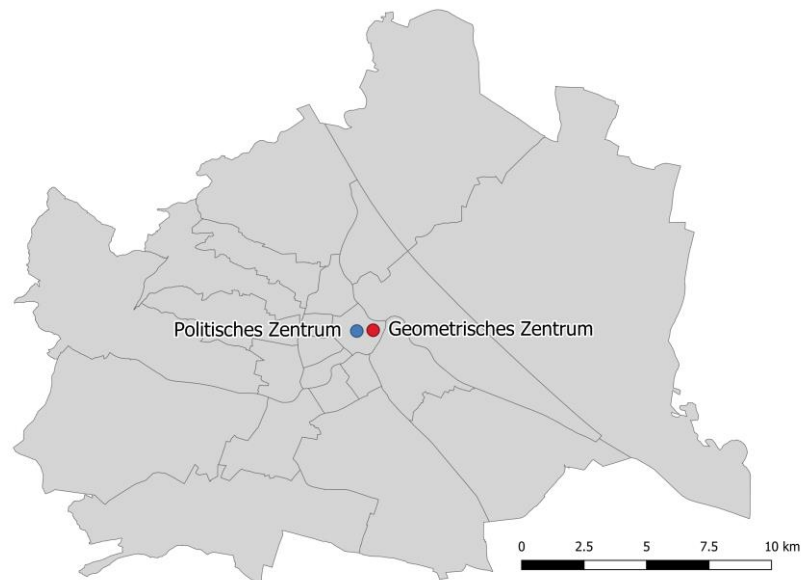


Abbildung 61: Referenzpunkte in Wien zur Rastererstellung im Vergleich

Die folgenden drei Karten zeigen die Ergebnisse der EU - Wahlen in Österreich aus dem Jahr 2019. Die Größe der Signatur drückt die absolute Anzahl an abgegebenen Stimmen je Rasterzelle aus. Die Einfärbung drückt die relative Mehrheit der stimmenstärksten Partei je Rasterzelle aus. Mit diesen Abbildungen wird der Einfluss auf das Ergebnis durch die Veränderung des Referenzpunktes zur Rastererstellung veranschaulicht.

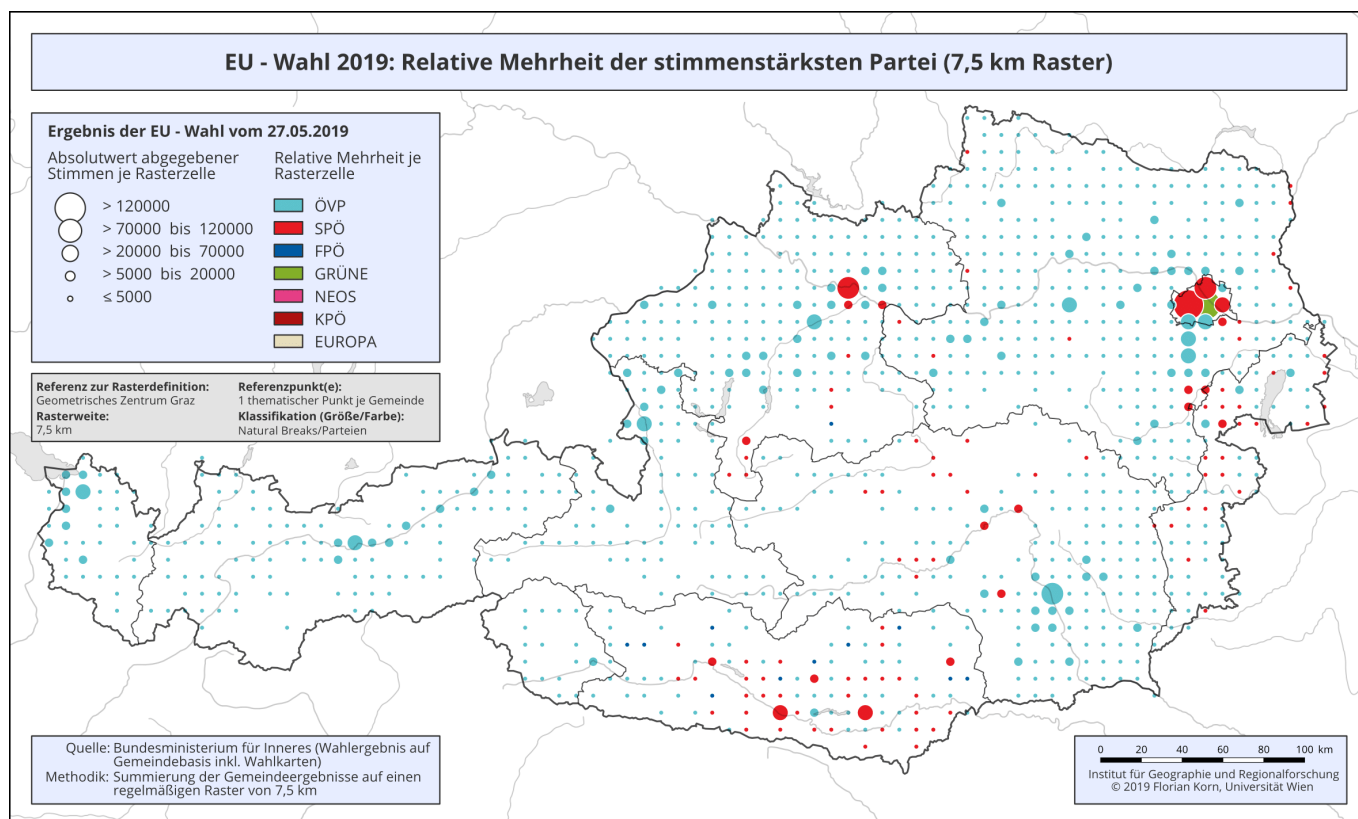


Abbildung 62 Ergebnis mit geometrischem Zentrum von Graz als Referenzpunkt

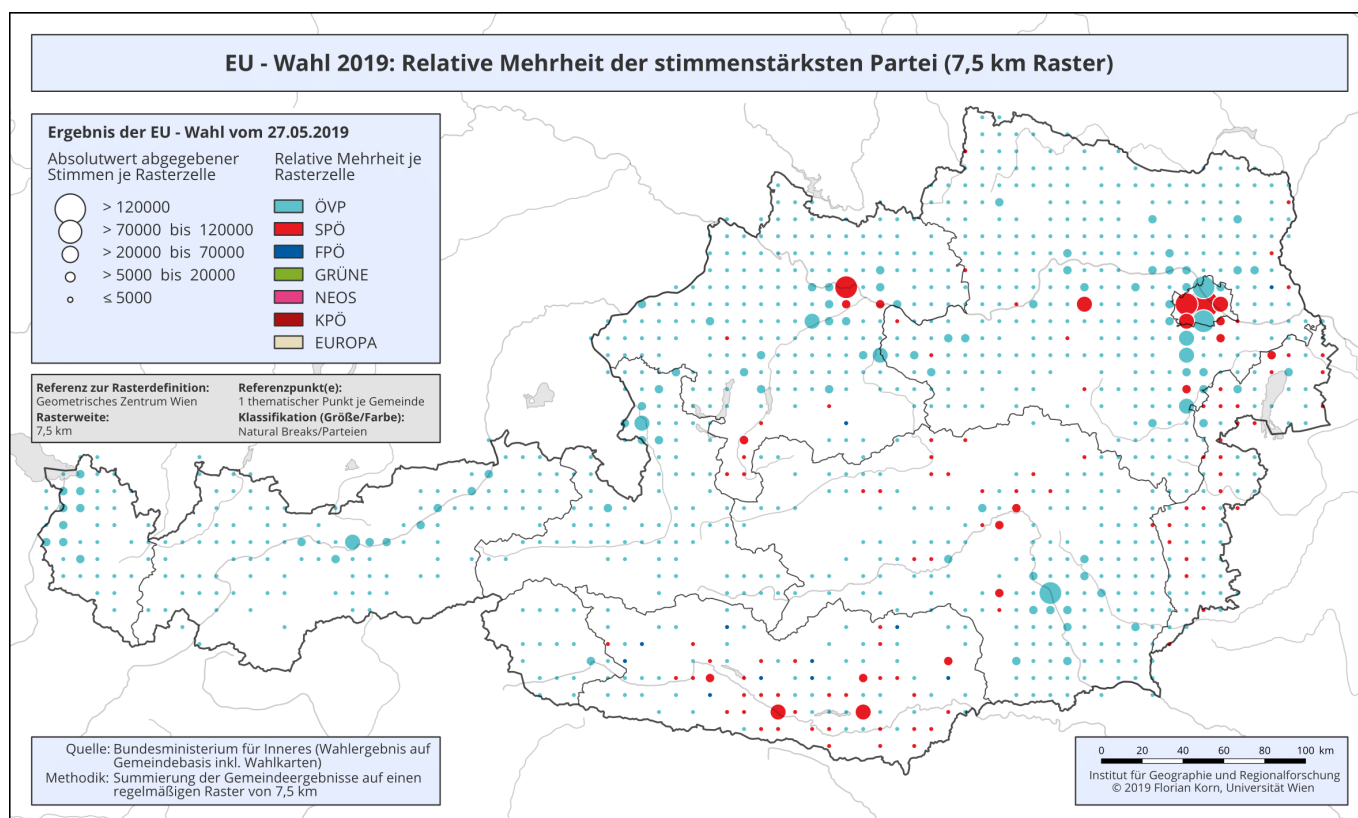


Abbildung 63: Ergebnis mit geometrischem Zentrum von Wien als Referenzpunkt

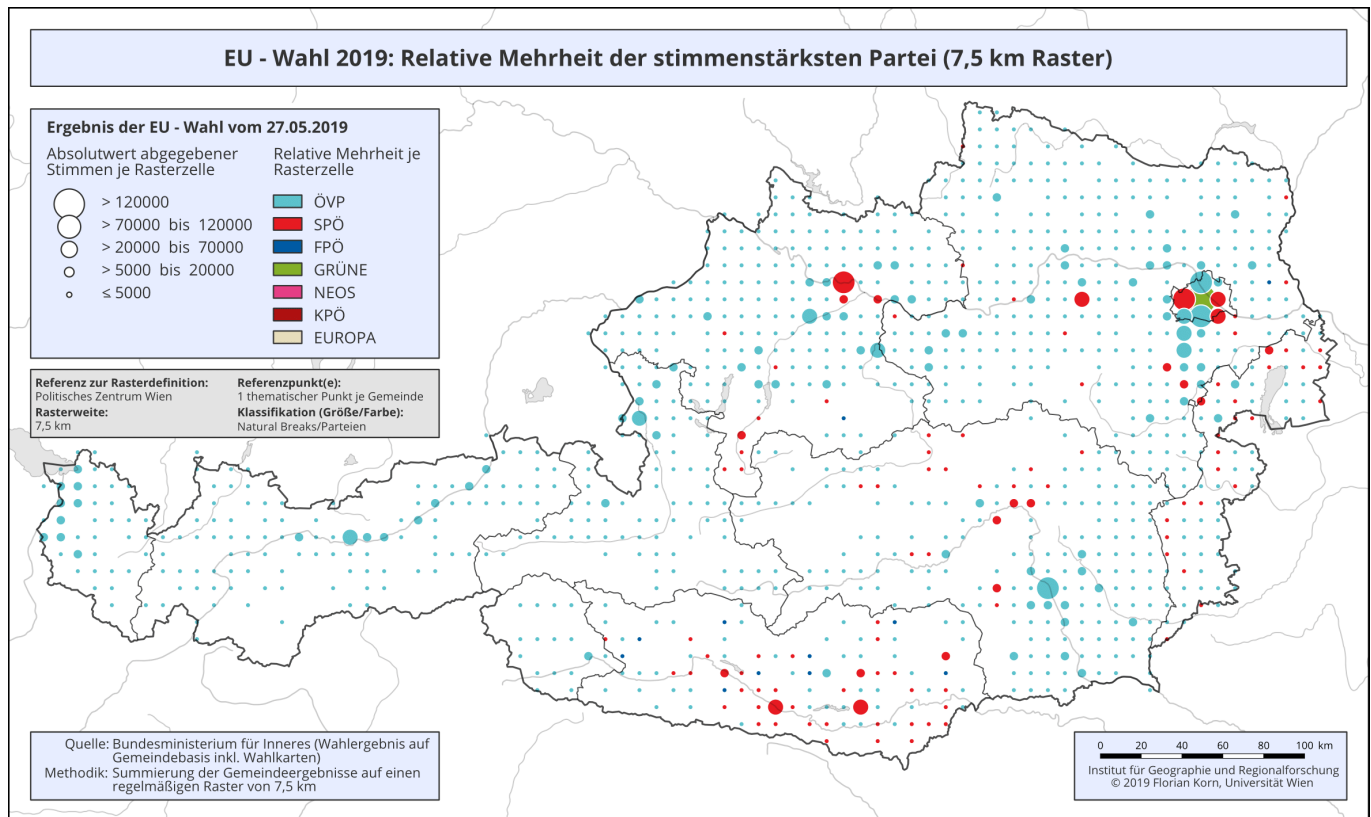
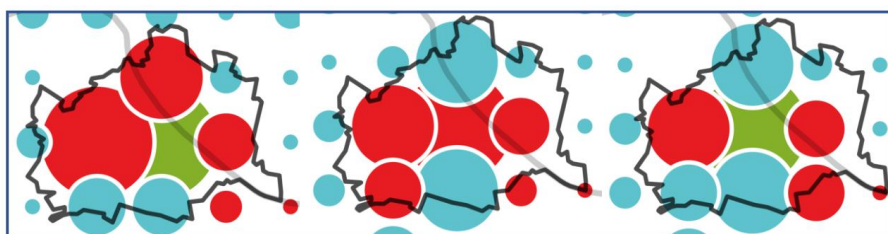


Abbildung 64: Ergebnis mit politischem Zentrum von Wien als Referenzpunkt

Auf den ersten Blick sind kaum Veränderungen ersichtlich. Bei genauerer Betrachtung fallen jedoch Unterschiede im Ergebnis, vor allem im Ballungsraum von Wien auf. Diese Veränderungen zeigen sich weniger bei den absoluten Zahlen der Stimmberechtigten, umso mehr aber bei der relativen Mehrheit der stimmenstärksten Partei, die durch die Farbgebung der Signaturen visualisiert ist. Die Ergebnisse zeigen massive Auswirkungen in dem dicht besiedelten Gebiet von Wien. Zustande kommen diese Veränderungen durch die veränderte Zusammensetzung der Referenzpunkte je Rasterzelle. Wo zuvor die grüne Partei stimmenstärkste in der Rasterzelle war (Abbildung 64), ist es nun die rote Partei (Abbildung 63). Bei der Wahl vom geometrischen Zentrum von Graz als Referenzpunkt (Abbildung 62) werden auch massive Veränderungen im Endprodukt ersichtlich. So verliert die türkise Partei in Wien die relative Mehrheit einer Rasterzelle durch diese Änderungen an die rote Partei. Weiters sind Veränderungen in der Größe der Signaturen durch diese Verschiebung des Raster zu erkennen. Man kann somit bei geringerer Veränderung der Rasterdefinition von massiven Auswirkungen auf das Endprodukt sprechen. Diese Veränderung hat direkte Folgen auf den Transport der Information und die finale Aussage der Karte.



Geometrisch Zentrum Graz / Geometrisches Zentrum Wien / Politisches Zentrum Wien

Im Bereich von machtpolitischen Interessen könnten hier entsprechende Akteure ihre favorisierte Karte mittels entsprechenden Transformationsprozessen erstellen und zu ihren Gunsten nutzen. Im Kontext der Visualisierung der politischen Ergebnisse weckt dies Gedanken an die Methodik des Gerrymandering. Gerrymandering ist ein politikwissenschaftlicher Begriff, der die Manipulation von Wahlkreisgrenzen in einem Mehrheitswahlsystem bezeichnet, um die eigenen Erfolgsaussichten zu maximieren. (vgl. INGRAHAM 2015) In der folgenden Abbildung (Abbildung 65) ist der Prozess des Gerrymandering erklärt. Ausgangslage in diesem Beispiel ist ein Ergebnis, bei dem eine Partei (Rot) 40 % der Stimmen erzielt hat und eine andere Partei (Blau) 60 % der Stimmen erzielt hat. Durch die Definition der Wahleinheiten kann das Endergebnis massiv beeinflusst werden. So könnten etwa die blaue Partei alle Wahleinheiten gewinnen, oder durch geschicktes definieren der Wahleinheiten die rote Partei, trotz des nur 40 prozentigen Anteils, einen Gesamtsieg erzielen. Dieses „geschickte definieren“ kann natürlich durch ausgeklügelte Prozesse mit dem Vorhandensein der nötigen Daten berechnet werden.

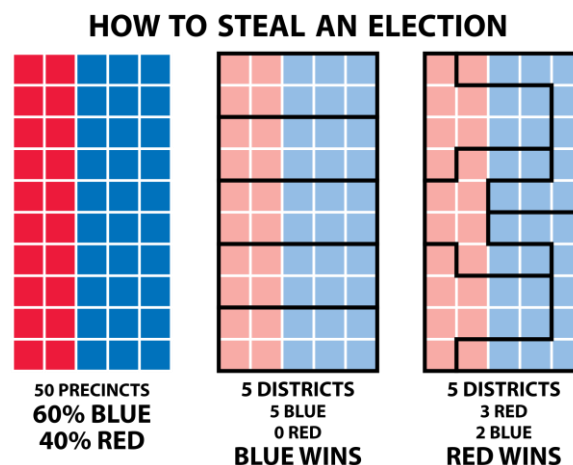


Abbildung 65: Gerrymandering visualisiert (Quelle: INGRAHAM 2015)

Im umgekehrten Prozess, bei Vorwissen der Wählerpräferenzen, könnten Wählerkreisen so definiert werden, um ein favorisiertes Ergebnis zu erzielen. Um dies, vor allem bei den definierten administrativen Einheiten, weiter verfolgen zu können, werden genauere Datenressourcen sowie weitere Forschungen benötigt. Zu sehen jedoch ist, welche Machtverschiebungen und Manipulationsmöglichkeiten die Veränderungen der Rasterdefinition zur Folge haben können.

8.1.2 Rasterweite

Der zweite Parameter, welcher neben dem Referenzpunkt zur Rasterdefinition die Rastererstellung beeinflusst, ist die Rasterweite. Ihr kommt für die Aussage des endgültigen Kartenbildes eine wichtige Funktion zu. Durch die Rasterweite wird die Fläche jeder Rasterzelle bestimmt. Durch eine unterschiedliche Rasterweite ergeben sich unterschiedlich große Rasterzellen. Diese veränderte Rasterzellengröße bestimmt die Zusammensetzung der

Referenzpunkte in diesen und damit die Werteaggregation jeder Rasterzelle. Durch diese „Kettenreaktion“ der Veränderung eines einzigen Parameters ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse, welche im folgenden Beispiel gezeigt und verglichen werden.

Die Rasterweite bestimmt die Anzahl der Rasterzellen. Im Nachfolgenden sind die Summen der Rasterzellen bei drei unterschiedlichen Rasterweiten aufgelistet. Durch die unterschiedliche Anzahl an Rasterzellen, ergibt sich ein differenziertes Ergebnis der Rasteraggregationen. Dies führt wiederum zu einem veränderten Endprodukt.

- 5 km → 1552 Rasterzellen
- 7,5 km → 1071 Rasterzellen
- 10 km → 718 Rasterzellen

Die folgenden drei Abbildungen (Abbildung 66, Abbildung 67 und Abbildung 68) zeigen Ergebnisse mit den drei Rasterweiten von 5-, 7,5- und 10 km.

Auf den ersten Blick zeigt sich der Unterschied zwischen den drei Visualisierungen in der Anzahl der Signatures und damit verbunden Ausfüllung des Karteninhaltes.

Anzumerken ist hier wieder, dass durch eine Erhöhung der Rasterweite mehrere Referenzpunkte einer Rasterzelle zugeordnet werden und somit das Ergebnis verändern. Das Endergebnis wird abermals durch das Verhältnis zwischen administrativer Einheit, Rasterweite und den Referenzpunkten bestimmt.

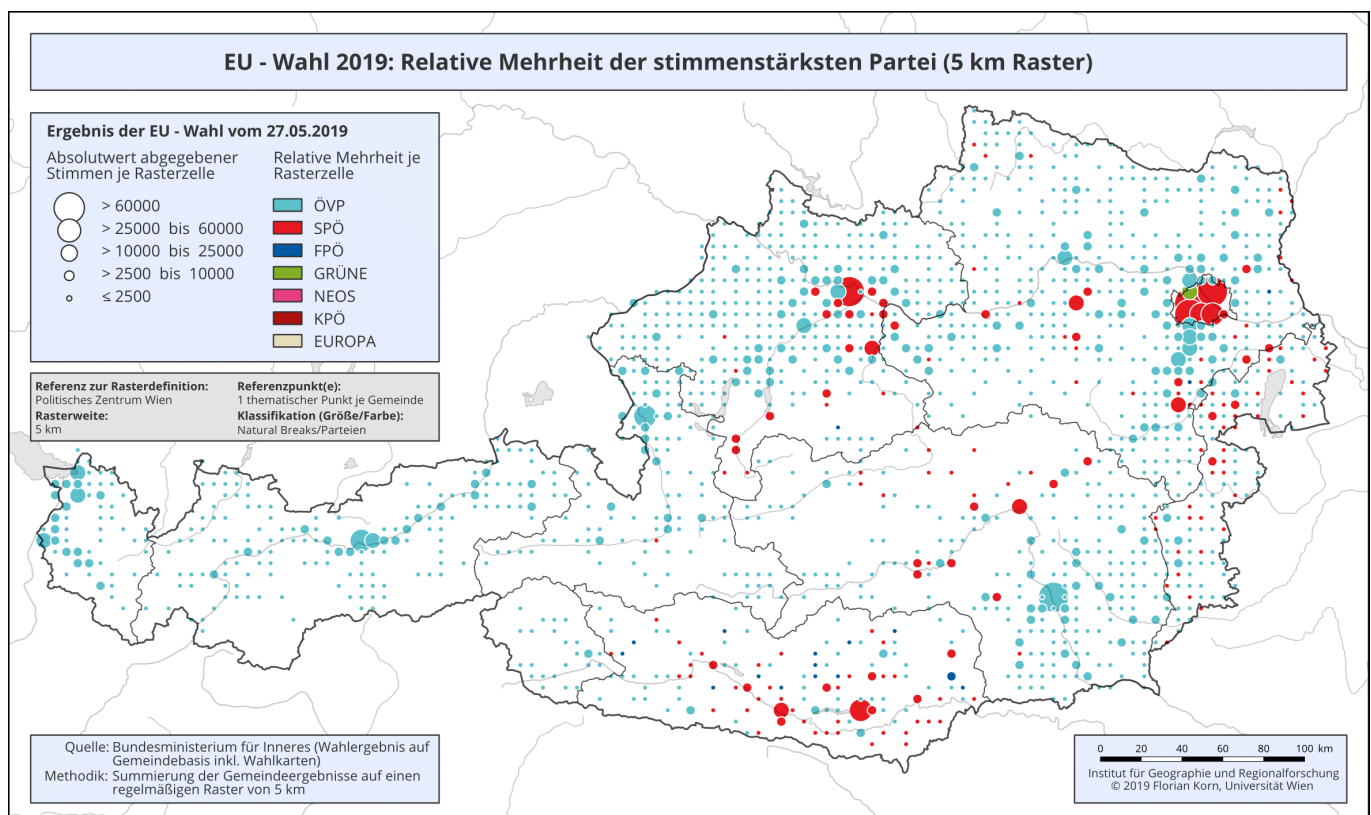
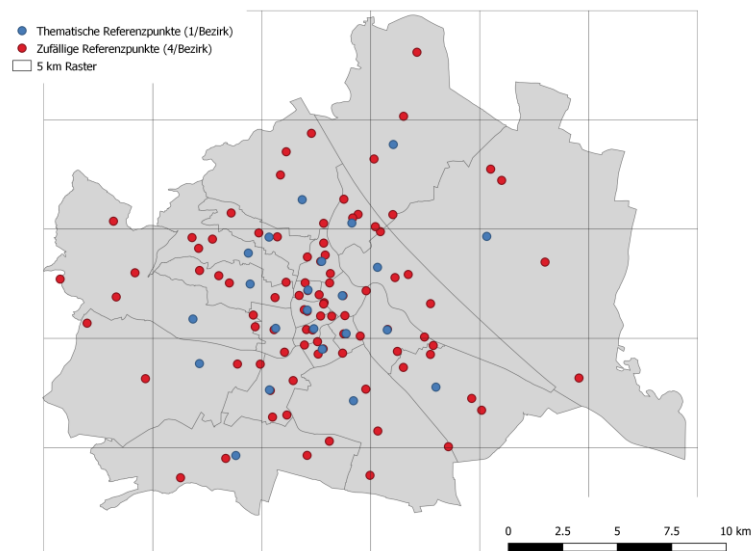


Abbildung 66: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 5 km Rasterweite

Das Beispiel mit 5 km Rasterweite (Abbildung 66) zeigt sehr stark die Verteilung der thematischen Referenzpunkte. Durch das engmaschige Netz der Rasterzellen kommen die bevölkerungsreichen Regionen nicht nur durch die Größe der Signatur, sondern auch durch die Verteilung dieser zum Vorschein. Besonders in den Bergregionen sind die Täler sehr gut zu erkennen. Als Nachteil kann durch die geringe Rasterweite die Überlagerungen der Signaturen in Ballungsräumen gesehen werden. Besonders in Wien sind kleinräumige Aussagen schwer zu machen, da Signaturen teilweise oder vollständig überdeckt werden. Als Lösungsansatz könnte eine Veränderung des Signaturenmaßstabes gesehen werden, dies würde aber die Verminderung der Vergleichbarkeit der Größen der Signaturen nach sich ziehen. Durch die verwendete 1 – Referenzpunktmethode sind weiters wertlose Rasterzellen in Wien zu erkennen. Durch eine Erhöhung der Referenzpunkte würde in diesem Fall ein wahrheitsgetreueres Ergebnis resultieren. Die nachfolgende Abbildung stellt dies gegenüber. In blau ist pro administrativer Einheit, ein thematische Referenzpunkte zu sehen. In rot sind pro administrativer Einheit vier Punkte zu sehen. Bei der geringen Rasterweite ist zu erkennen, dass durch die Erhöhung der Anzahl der Referenzpunkte, beinahe jeder Rasterzelle mindestens ein Punkt zugeordnet wird. Mit der 1 – Referenzpunktmethode hingegen, resultieren einige Rasterzellen ohne Wert. Besonders in dicht besiedelten Gebieten, wie in Wien, führt diese Kombination zu unzureichenden Aussagen über den Sachverhalt im Kartenendprodukt.



Eine Erweiterung der Rasterweite auf 7,5 km ergibt, wie in Abbildung 67 ersichtlich, folgendes Ergebnis.

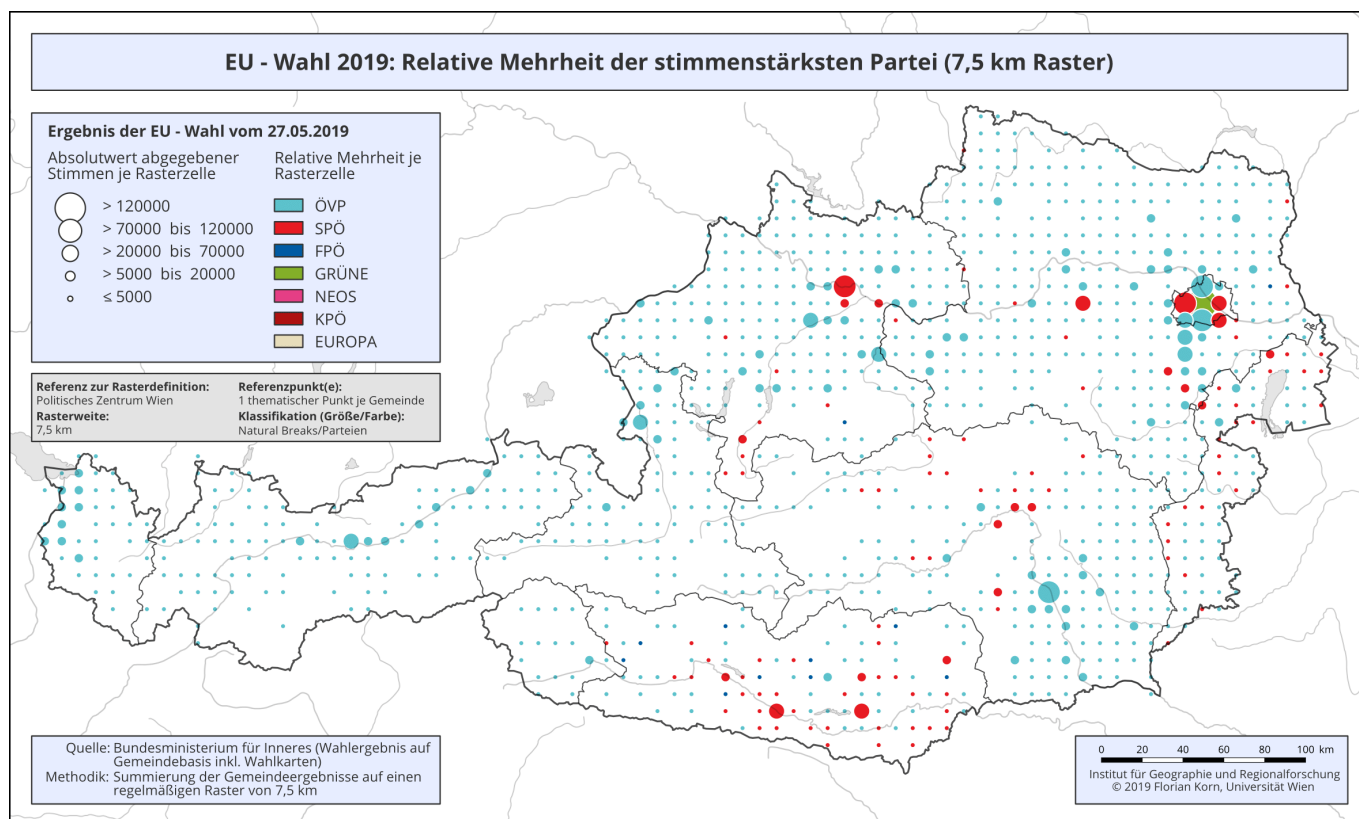


Abbildung 67: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 7,5 km Rasterweite

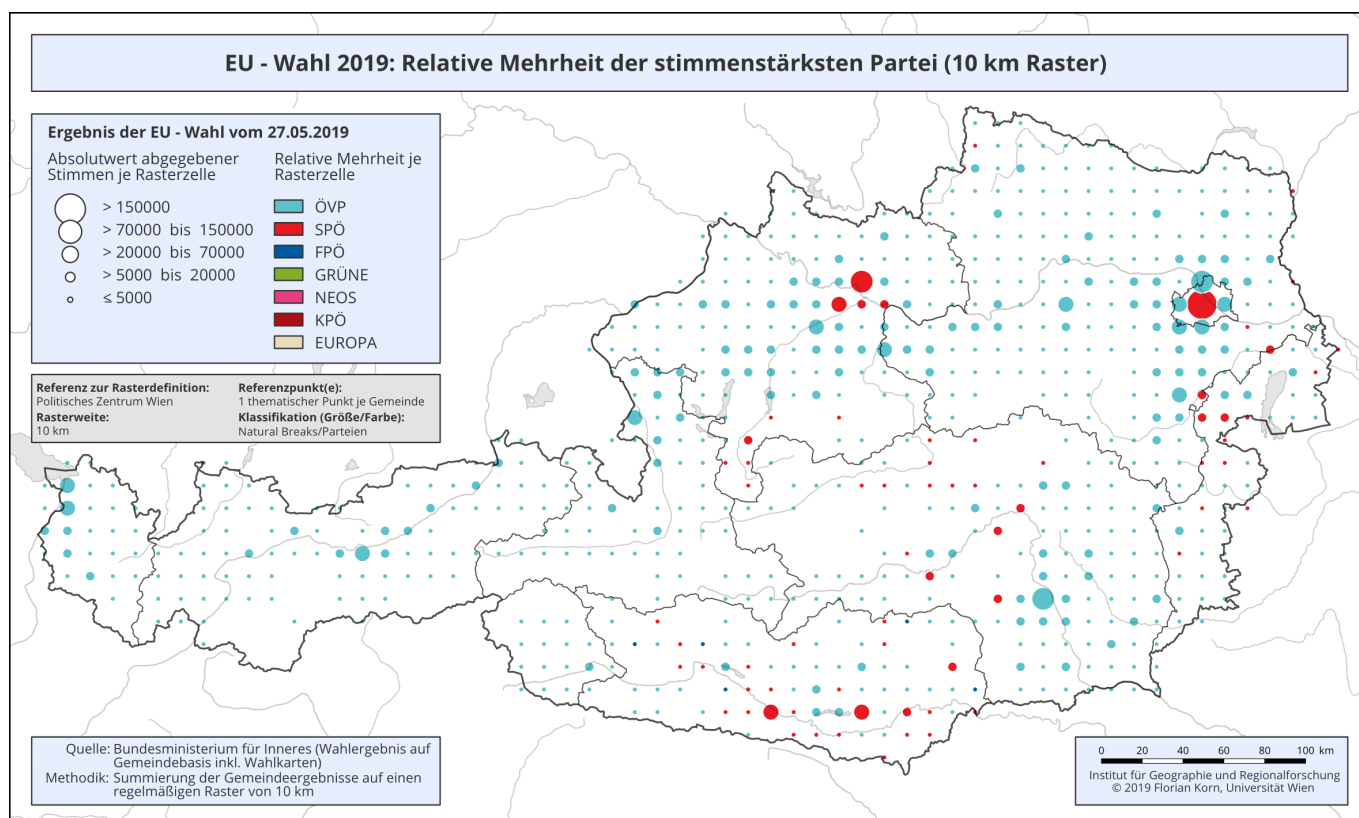
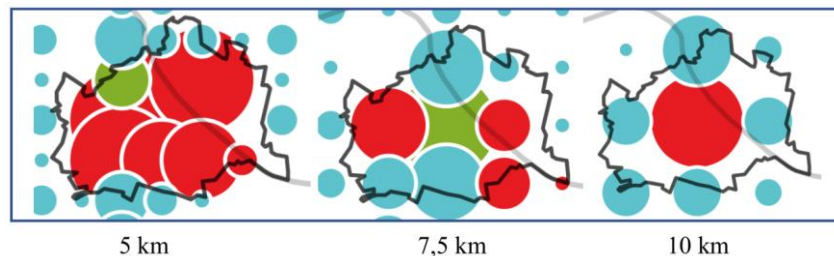


Abbildung 68: Rasterweiten im Vergleich: Ergebnis mit 10 km Rasterweite

Das Ergebnis der 7,5 km Rasterweite (Abbildung 67) zeigt eine klare Verminderung der Anzahl an Signaturen. Besonders bei Ballungsräumen ist dies ersichtlich. Die Überlagerungen der Signaturen sind hier nicht mehr in dem Ausmaß zu erkennen, wie sie bei der 5 km Rasterweite (Abbildung 66) zu beobachten waren. Durch die Erhöhung der Rasterweite fallen mehrere Referenzpunkte in eine Rasterzelle und haben somit auch ein unterschiedliches Ergebnis zur Folge. Die Ballungsräume sind hier ebenfalls gut ersichtlich, wobei der Dauersiedlungsraum nicht so stark wie in dem Ergebnis der 5 km Rasterweite betont wird.

Eine weitere Erhöhung der Rasterweite auf 10 km (Abbildung 68) ergibt wiederum ein differenziertes Ergebnis. In diesem Beispiel wird fast das gesamte Untersuchungsgebiet mit werthaltigen Rasterzellen abgedeckt. Weiters ist zu erkennen, dass die grüne Partei, welche in den vorherigen Beispielen eine erkennbare relative Mehrheit der Rasterzelle im Zentrum Wiens erzielte, in diesem Beispiel in keiner Rasterzelle eine relative Mehrheit erlangt. Erklärbar ist die Veränderungen der Rasterzellenwerte durch die Veränderungen der Zusammensetzung der Referenzpunkte der Rasterzellen.



Wie diese drei Beispiele gezeigt haben, hat auch die Änderung der Rasterweite starken Einfluss auf das Kartenendprodukt und dem Informationstransport. Auch bei diesem Parameter sind einige Regeln bzw. Folgeergebnisse zu beobachten. So nimmt die Anzahl der Rasterzellen mit der Erhöhung der Rasterweite ab. Weiters kann man sagen, dass durch eine Erhöhung der Rasterweite das Ergebnis generalisiert wird und kleinräumige Aussagen schwieriger werden. Außerdem hat die durch die veränderte Rasterweite unterschiedliche Zusammensetzung der Referenzpunkte massiven Einfluss die Rasteraggregation. Bei einer geringen Rasterweite sollten mehrere Referenzpunkte herangezogen werden. All diese Einstellungen haben großen Einfluss auf das Endprodukt sowie die schlussendliche Aussage der Karte.

8.1.3 Referenzpunkte

Die Ergebnisse mit unterschiedlichen Rasterdefinition und Rasterweiten haben bereits sichtbare Unterschiede in den Kartenendprodukten gezeigt. Ein wesentlicher Faktor für diese differenzierten Resultate stellen auch die Referenzpunkte dar, welche die Werte der administrativen Einheiten repräsentieren und auf die Rasterzellen aggregiert werden. Es besteht nun die Möglichkeit die Daten mit thematischen oder geometrischen Referenzpunkten zu verbinden. Auch die Verknüpfung mit multiplen Referenzpunkten, welche anschließend zur Rasteraggregation herangezogen werden, ist möglich. Durch die Veränderung dieser Verknüpfungsdatei resultieren unterschiedliche Ergebnisse. Die Auswirkungen dadurch sollen mit den folgenden Beispielen (Abbildung 69, Abbildung 71 und Abbildung 73) gezeigt werden.

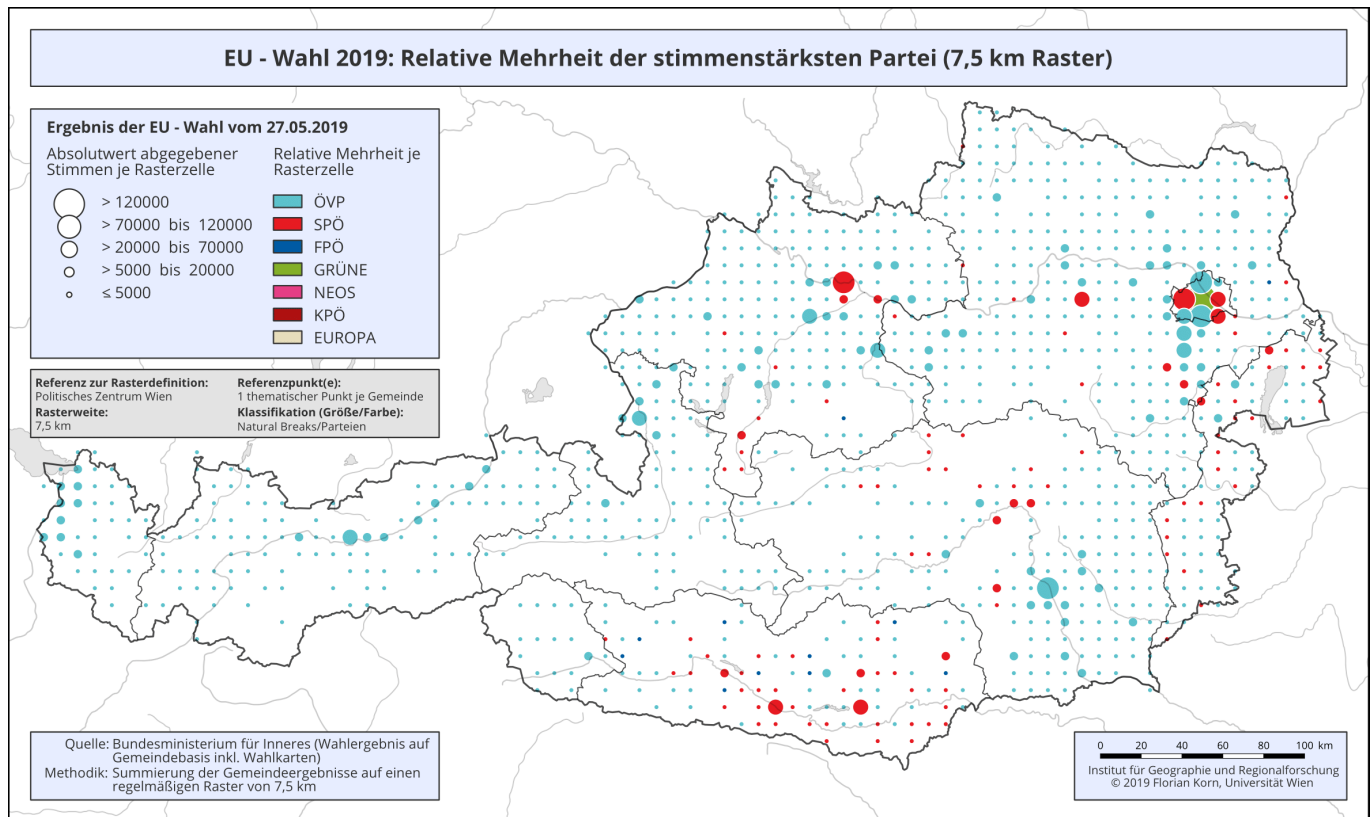


Abbildung 69: Ein thematischer Referenzpunkt je Gemeinde

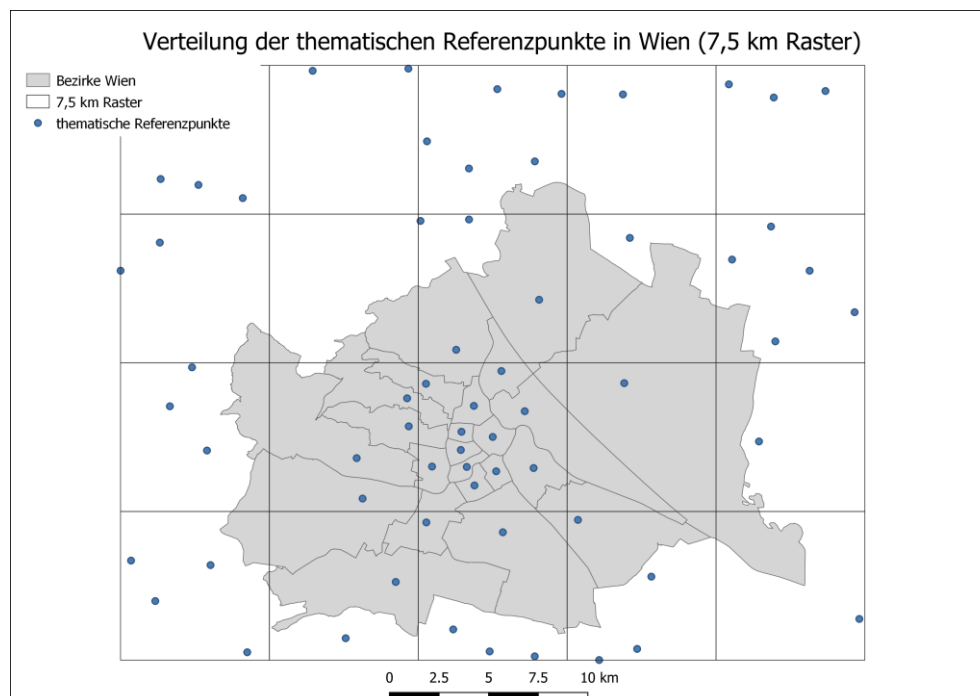


Abbildung 70: Verteilung der thematischen Referenzpunkte in Wien

In Abbildung 69 ist das Ergebnis der 1 – Referenzpunkt Methodik ersichtlich. In diesem Fall wurde ein thematischer Referenzpunkt gewählt. Dabei wurden die Daten der administrativen Einheiten einem vorher definierten Referenzpunkt zugewiesen, in diesem Fall einem

Bevölkerungsschwerpunkt. Durch den thematischen Referenzpunkt werden die Daten, wie im Beispiel ersichtlich, nicht homogen über die Flächen verteilt, sondern konzentrieren sich auf bestimmte Räume. Die Signaturen verteilen sich durch die thematischen Referenzpunkte vor allem auf die Ballungsräume bzw. den Dauersiedlungsraum.

Ein differenziertes Ergebnis ist in der Abbildung 71 zu sehen. In diesem Beispiel wurden die Daten geometrisch berechneten Punkten zugewiesen.

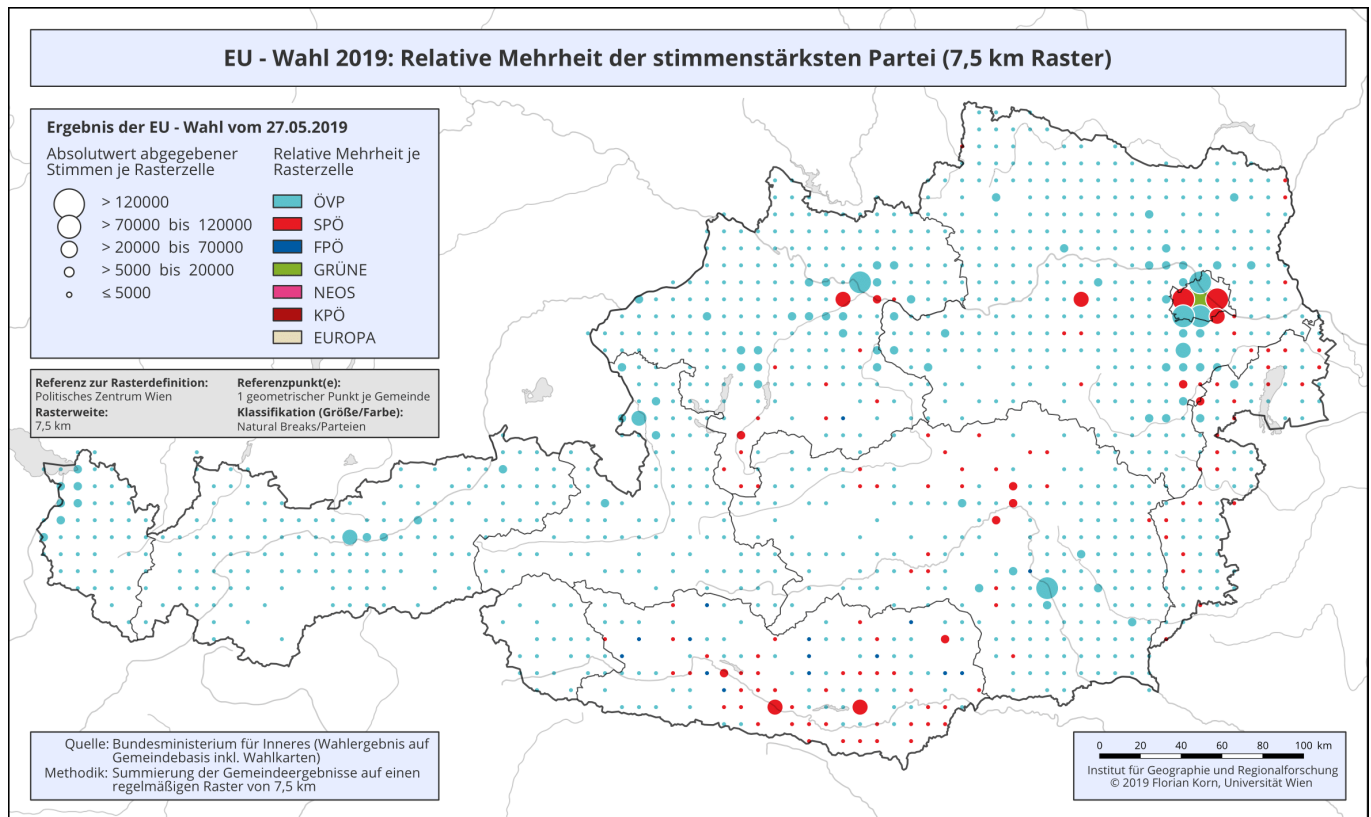


Abbildung 71: Ein geometrischer Referenzpunkt je Gemeinde

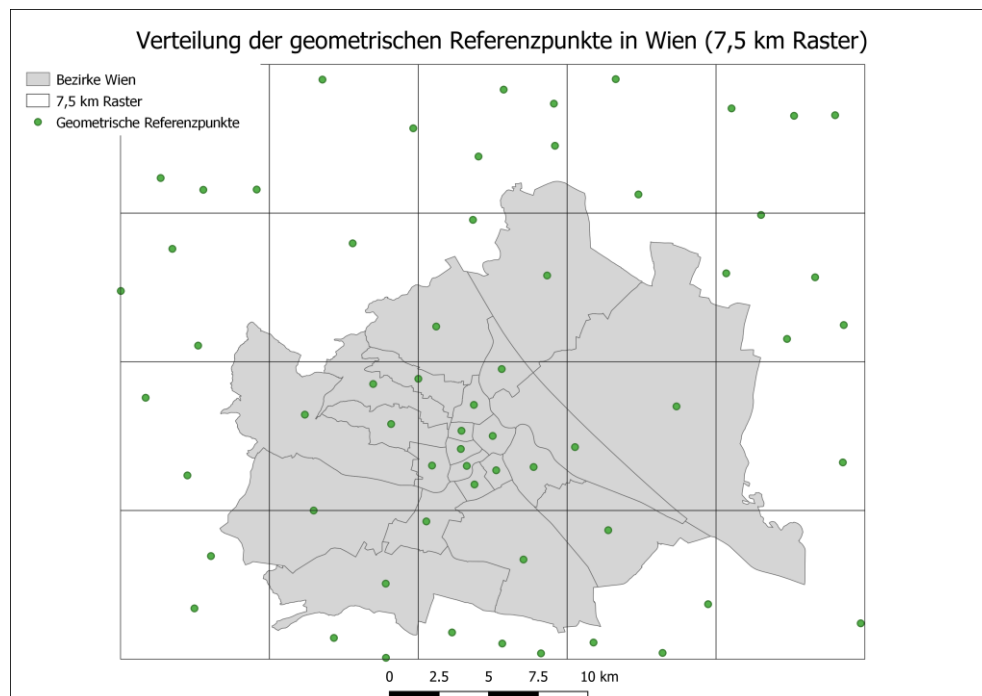


Abbildung 72: Verteilung der geometrischen Referenzpunkte in Wien

Durch diese Techniken erhalten die Signaturen eine flächenmäßig großräumigere Aufteilung über das Untersuchungsgebiet. Die Punkte sind im geometrischen Zentrum der entsprechenden administrativen Einheit definiert. In Summe sind mehr Signaturen als im

vorangegangenen Beispiel visualisiert. Als Defizit kann hier die Schwächung der Bevölkerungsverteilung als Thematik angesehen werden. Zwar werden die Bevölkerungsreichen Regionen durch die Größe der Signaturen fokussiert, jedoch wird dieser Effekt durch die geometrische Verteilung der Punkte etwas abgeschwächt.

Im Gegensatz zur 1 – Referenzpunktmethode steht die N – Referenzpunktmethode, welche vor allem bei der Wahl von flächenmäßig großen administrativen Einheiten, in Verbindung mit einer geringen Rasterweite zur Geltung kommt. Weiters (Abbildung 73) ist ein Ergebnis mit drei Referenzpunkten pro Gemeinde visualisiert. Einer dieser Punkte wurde von dem vorangegangenen Beispiel mit einer Gewichtung von 50% gewählt. Zusätzlich wurden zwei weitere Punkte zufällig in der entsprechenden administrativen Einheit verteilt, mit den Gewichtungen von jeweils 15- und 35%.

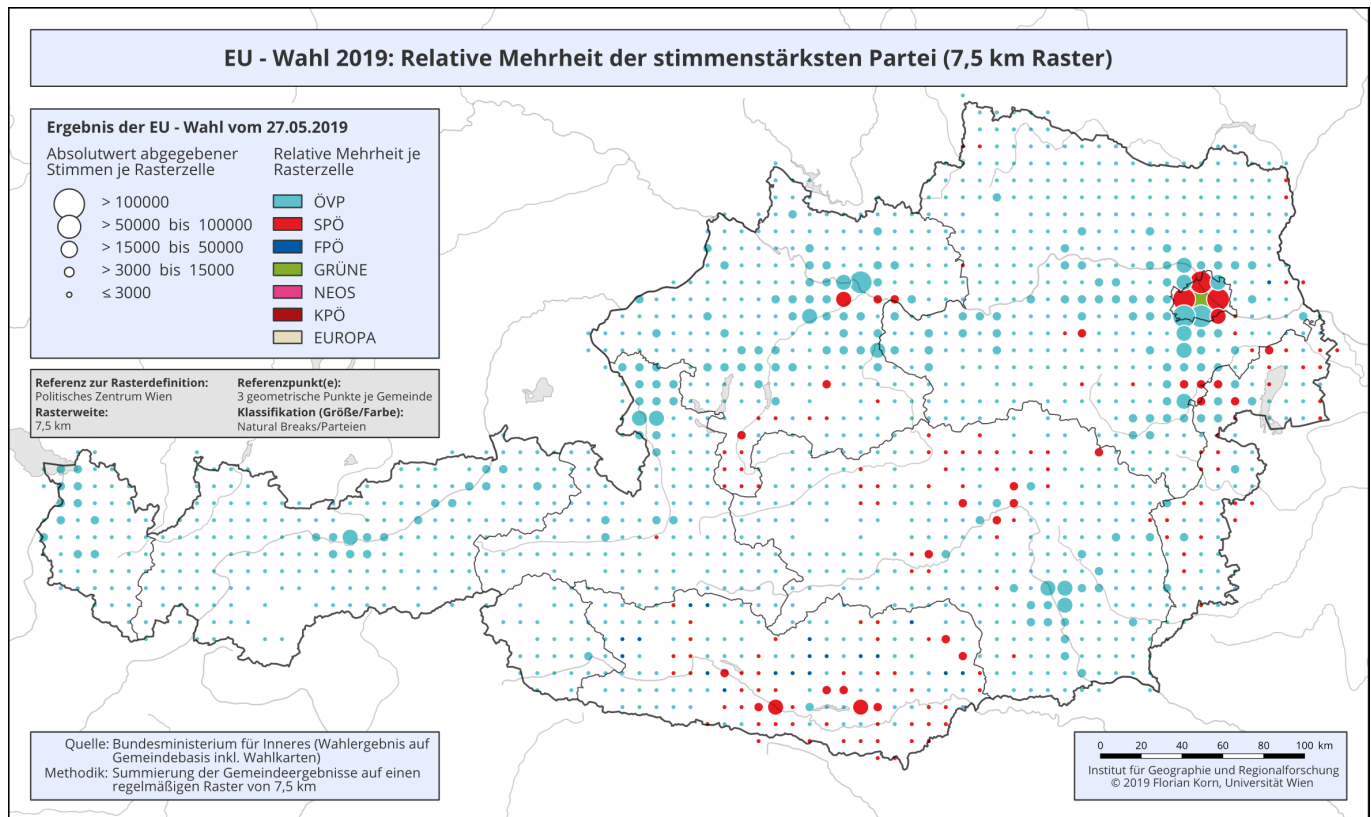


Abbildung 73: Multiple geometrischen Referenzpunkte mit prozentualer Aufteilung

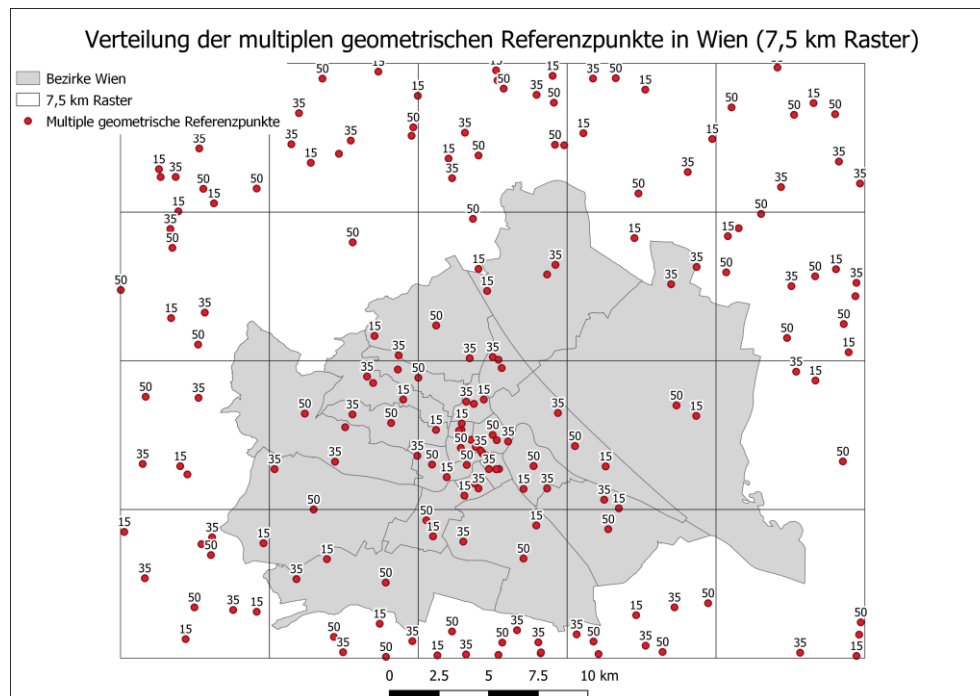


Abbildung 74: Verteilung der multiplen geometrischen Referenzpunkte in Wien

Die Daten wurden dabei prozentual auf die Referenzpunkte aufgeteilt. Dadurch entsteht ein Ergebnis, welches, ähnlich wie bei einer großen Rasterweite, beinahe über den gesamten

Untersuchungsraum Signaturen enthält, d.h. beinahe jeder Rasterzelle wird ein Wert zugeordnet. Das Ergebnis ist großflächig über das Untersuchungsgebiet verteilt.

Die Fragen, welche sich bei der Einstellung dieses Parameters stellen, sind:

- Sollen thematische, geometrisch berechnete oder zufällig generierte Referenzpunkte verwendet werden?
- Soll die 1 – Referenzpunkt- oder N – Referenzpunktmethode angewendet werden?

Zur ersteren Frage ist zu sagen, dass dies primär mit der Datenverfügbarkeit zusammenhängt. Die Hintergrunddaten zu thematischen Referenzpunkten müssen mit Vorprozessen bzw. vorangegangenen Forschungen erstellt werden. Dies trägt einen erheblichen Arbeitsaufwand mit sich. Die geometrisch berechneten Punkte hingegen sind durch Geoinformationsprozesse einfach erstellbar und können als neutrale Referenzpunkte für jegliche Thematik angewendet werden. Das gleiche gilt für zufällig generierte Punkte. Vorzuziehen sind bei Vorhandensein die thematischen Referenzpunkte, da sie eine geringere Transformation im Vergleich zu den anderen Referenzpunkten darstellen und folglich im Kommunikationsprozess geringere Verzerrungen verursachen.

Die Frage der Anzahl der Referenzpunkte ist primär von dem Verhältnis der Größe der administrativen Einheiten zu den Rastergrößen abhängig. Prinzipiell kann bei der Wahl der Referenzpunkten folgende Regel befolgt werden.

„Je kleiner die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto mehr thematische Referenzpunkte sind zur Rasteraggregation notwendig.“

„Je größer die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto weniger thematische Referenzpunkte sind zur Rasteraggregation notwendig.“

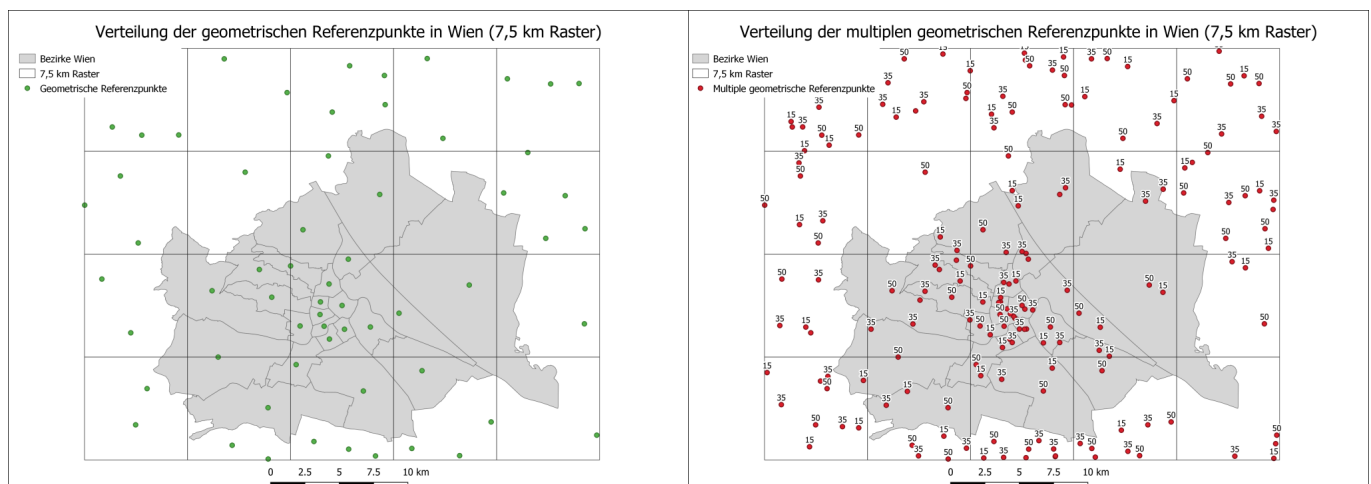


Abbildung 75: Verteilung von geometrischen Referenzpunkten im Vergleich

Davon ist ableitbar, dass auf Gemeindebasis die 1 – Referenzpunktmethode ausreicht, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Mit einer Datenbasis auf darüberliegenden Ebenen, etwa Bezirke, NUTS oder Länder, sollte die N – Referenzpunktmethode angewandt werden. Zusätzlich fließt die Rasterweite sowie der Maßstab als Größen zur Evaluierung der

verwendeten Referenzpunktmethode ein. Ein Beispiel für ein TGM mit Bezirksdaten als Datenbasis, ist im Abschnitt der Ergebnisse, in Abbildung 90: EU - Wahl 2019: Choroplethenkarte auf Bezirksbasis, zu sehen

Die Ergebnisse mit unterschiedlichen Referenzpunkten als Basis der Rasteraggregation, haben gezeigt, wie groß der Einfluss dieser auf Das Endergebnis ist. Die Bestimmung der Referenzpunkte ist ein kritischer Abschnitt im Zuge der Erstellung der TGM. Sie müssen unter Anbetracht des Verhältnisses zwischen Größe der administrativen Einheit und Größe der Rasterzelle bestimmt werden. Nur bei Beachtung dieses Verhältnisses kommt es zu einem aussagekräftigen Ergebnis, das einen Informationsgewinn auf Seiten des Rezipienten hervorrufen kann.

8.1.4 Signaturenmaßstab

Die Parameter der Rastererstellung sowie die Aggregation durch Referenzpunkte haben bereits große Auswirkungen auf das Ergebnis gezeigt. Ein weiterer Parameter, welcher die Ausprägungen der Signaturen bestimmt, ist der Signaturenmaßstab. Prinzipiell sind folgende zwei Punkte bei der Erstellung des Signaturenmaßstabes zu beachten:

- Wie gestalten sich die Werteunterschiede der behandelten Daten? Gestatten die quantitativen Unterschiede die Verwendung eines streng proportionalen Signaturenmaßstabes oder sind die Werteunterschiede so erheblich, dass nur ein willkürlicher Maßstab angewendet werden kann? (vgl. ARNBERGER 199:299)
- Genügt es, die kartographische Wertumsetzung nur in wenigen Größenstufen vorzunehmen, also gestufte Symbolgrößen zu verwenden, oder soll durch einen gleitenden (kontinuierlichen) Signaturenmaßstab die Messbarkeit der tatsächlichen Quanten aller dargestellten Objekte geboten werden? (vgl. ARNBERGER 199:299)

Zu diesem Beispiel werden die Daten der EU Wahl, auf die Rasterzellen eines 7,5 km Rasters aggregiert und analysiert. Dazu wurde ein Histogramm erstellt, welches in Abbildung 76 zu sehen ist. Zu den Daten sind die nachstehenden Kennzahlen zu nennen:

Kennzahl	Anzahl	Min	Max	Range	Mittelwert	Median
Wert	1072	21	166592	166571	3031	1452

Tabelle 10: Kennzahlen der Daten auf 7,5 km Rasterbasis

- Anzahl mit Wert < 20000 = 1053
- Anzahl mit Wert < 10000 = 1040

Absolutwert an abgegebenen Stimmen je Rasterzelle (7,5 km Raster)

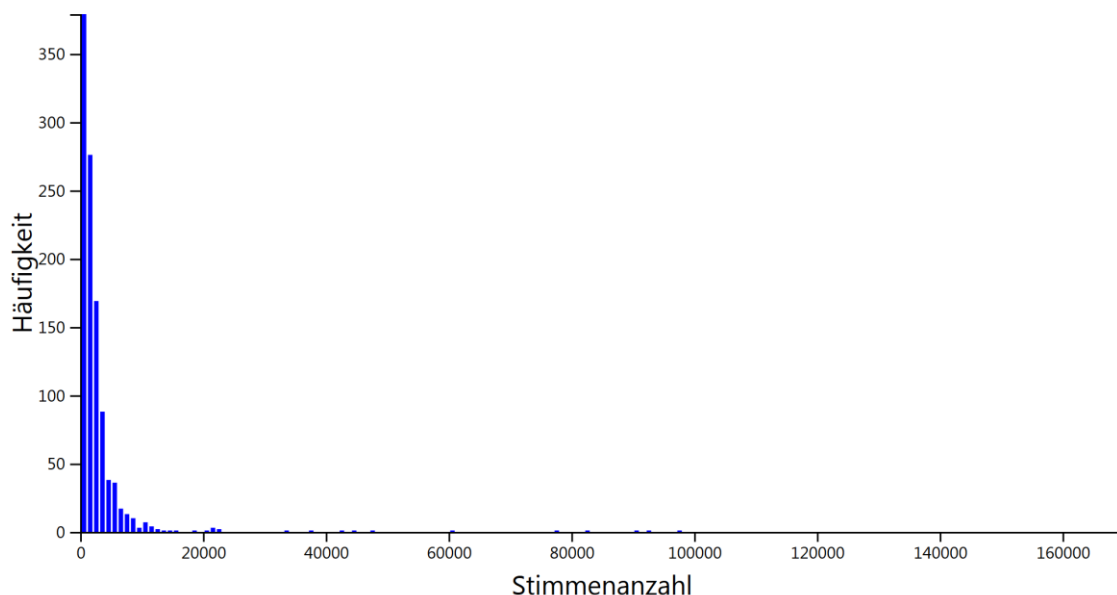


Abbildung 76: Gesamtes Histogramm der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis

Bei der ersten Betrachtung fällt auf, dass sich ein Großteil der Werte am Beginn der X-Achse konzentriert, das heißt es gibt viele Rasterzellen mit einem relativ geringen Absolutwert an abgegebenen Stimmen. Dies wird durch Minimum, Maximum und Median bestätigt. Der Messbereich erstreckt sich vom Wert 21 bis zum Wert 166592 und 50% der Werte liegen dabei unter dem Median von 1452. In Anbetracht des Messbereiches kann hier von einer ungleichen Verteilung gesprochen werden. Wenn die Werte bei einem Schwellenwert von 20000 getrennt werden, ist erkennbar, dass nur 19 Werte darüber liegen. Das heißt, 19 Rasterzellen liegen zwischen dem Wert 20000 und dem Maximum von 166592. Bei diesen, vor allem in oberen Bereich liegenden Werten, kann von den Ballungsräumen in und um Wien sowie den Landeshauptstädten einiger anderen Bundesländer gesprochen werden.

Wenn nun einen Ausschnitt des Histogramms (Abbildung 77) betrachtet wird, jener Bereich dessen Werte unter 20000 liegen, kann eine negative Binomialverteilung identifiziert werden. Zu Beginn der Wertereihen, steigt die Häufigkeit mit den Absolutwerten an abgegebenen Stimmen. Danach gilt jedoch, dass je höher der Absolutwert an abgegebener Stimmen ist, desto geringer ist die Häufigkeit der Werte.

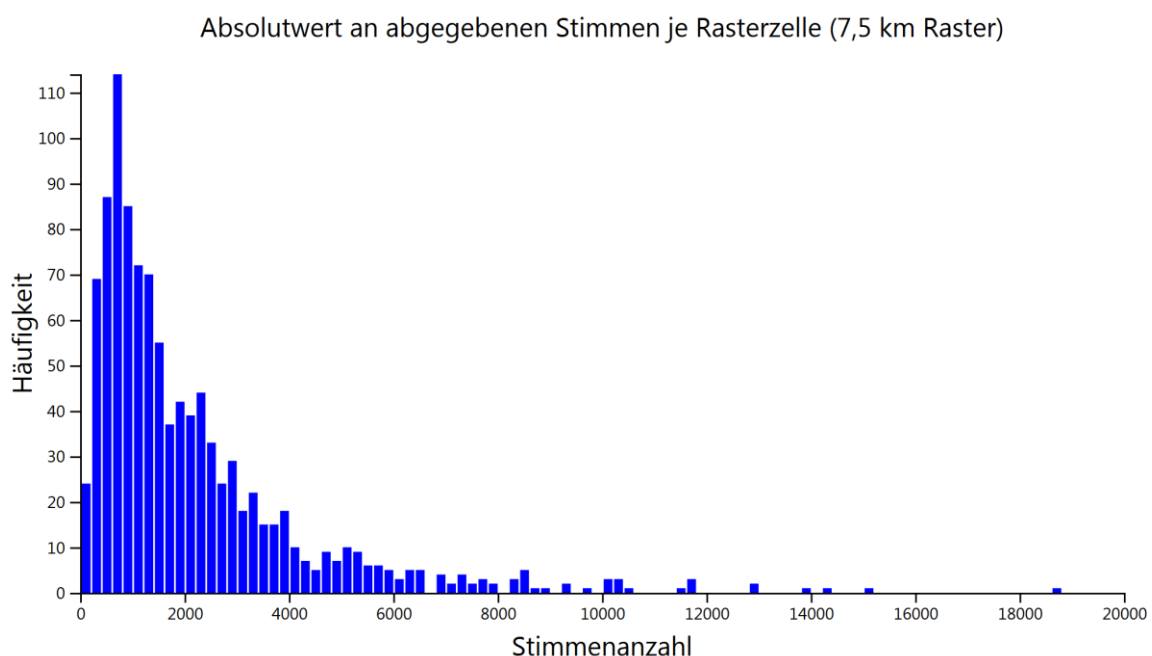


Abbildung 77: Ausschnitt des Histogramms (0-20000) der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis

Bei einer weiteren Betrachtungen eines Detailausschnittes (Abbildung 78) mit den Werten zwischen 0 und 10000, ist zu erkennen, dass die meisten Rasterzellen einen Wert zwischen 0 und 4000 an abgegebenen Stimmen erhalten. Sehr viele Rasterzellen weisen hier gar nur einen Wert von unter 2500 auf.

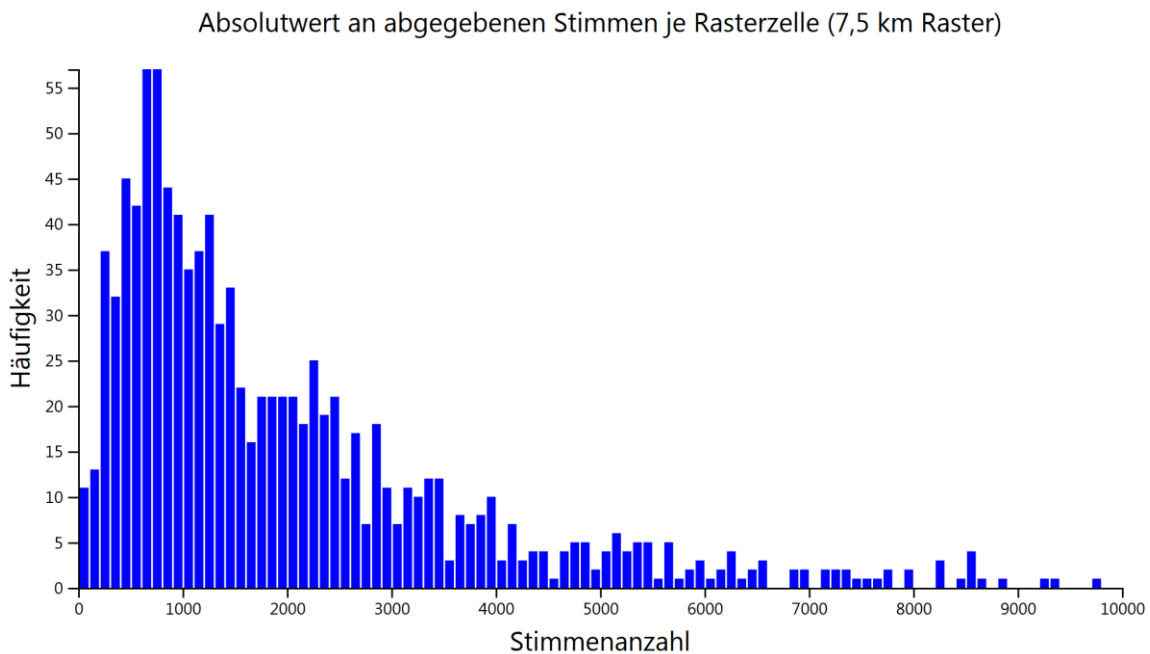


Abbildung 78: Ausschnitt des Histogramms (0-10000) der abgegebenen Stimmen auf 7,5 km Rasterbasis

Die Histogramme und Analysen dieser Datenreihe zeigen die Verteilung der Werte auf eine übersichtliche Art und Weise, lassen weitere Interpretationen zu und erlauben die Bestimmung des Signaturenmaßstabes auf Basis fundierter Aussagen. An diesem Punkt kann man auf die zwei prinzipiellen Punkte, welche der Erstellung des Signaturenmaßstabes vorangehen, zurückkehren. Zum Ersten ist zu sagen, dass sich durch die Datenanalyse ergibt, dass die quantitativen Unterschiede so stark sind, dass prinzipiell kein streng proportionaler Signaturenmaßstab gewählt werden kann. Somit muss ein willkürlicher Maßstab angewendet werden. Weiters ist zu erkennen, dass aufgrund der Datenlage gestufte Symbolgrößen gewählt werden, da die Datenlage keinen gleitenden Signaturenmaßstab zulassen, welcher die Messbarkeit der tatsächlichen Quanten aller dargestellten Objekte anbietet.

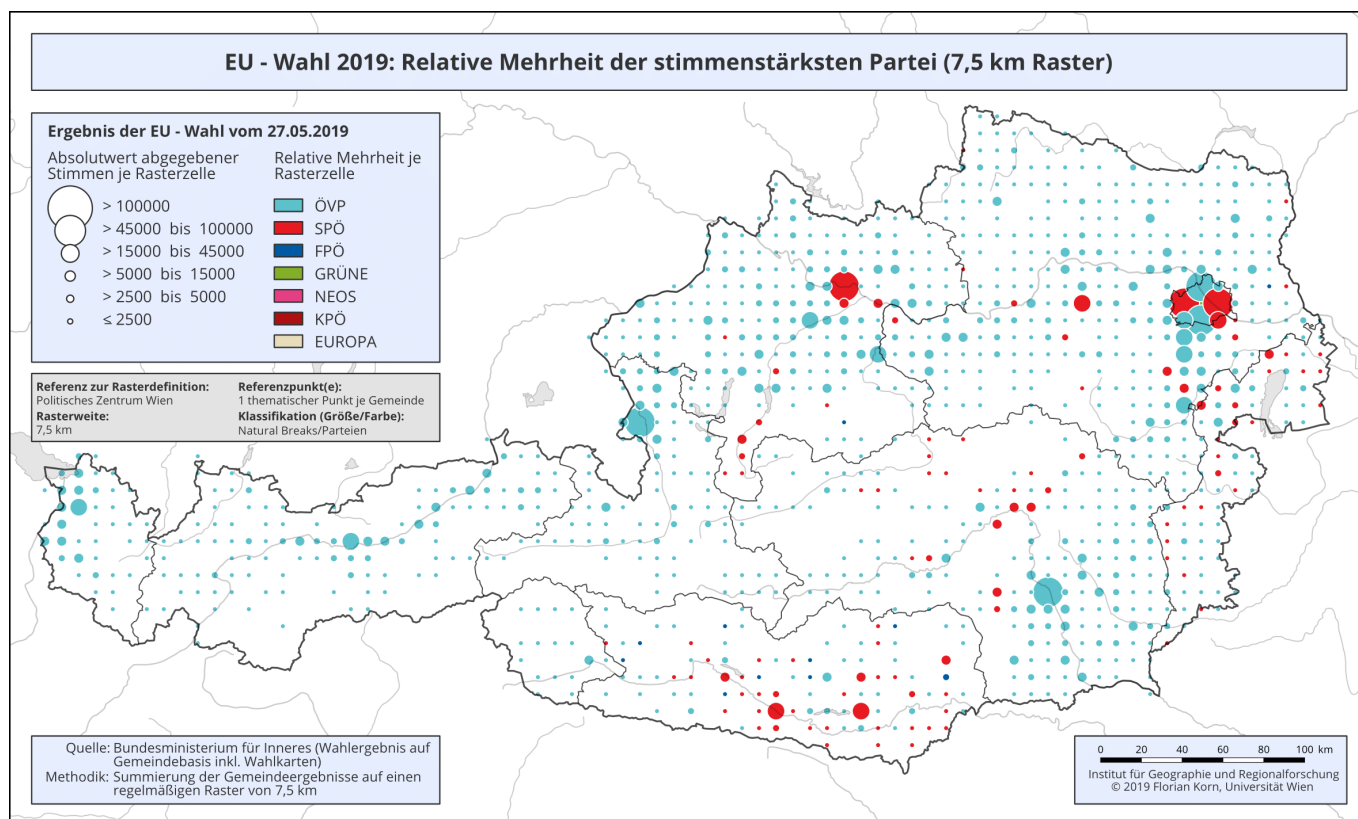


Abbildung 79: Ergebnis mit streng-proportional gestuftem Maßstab

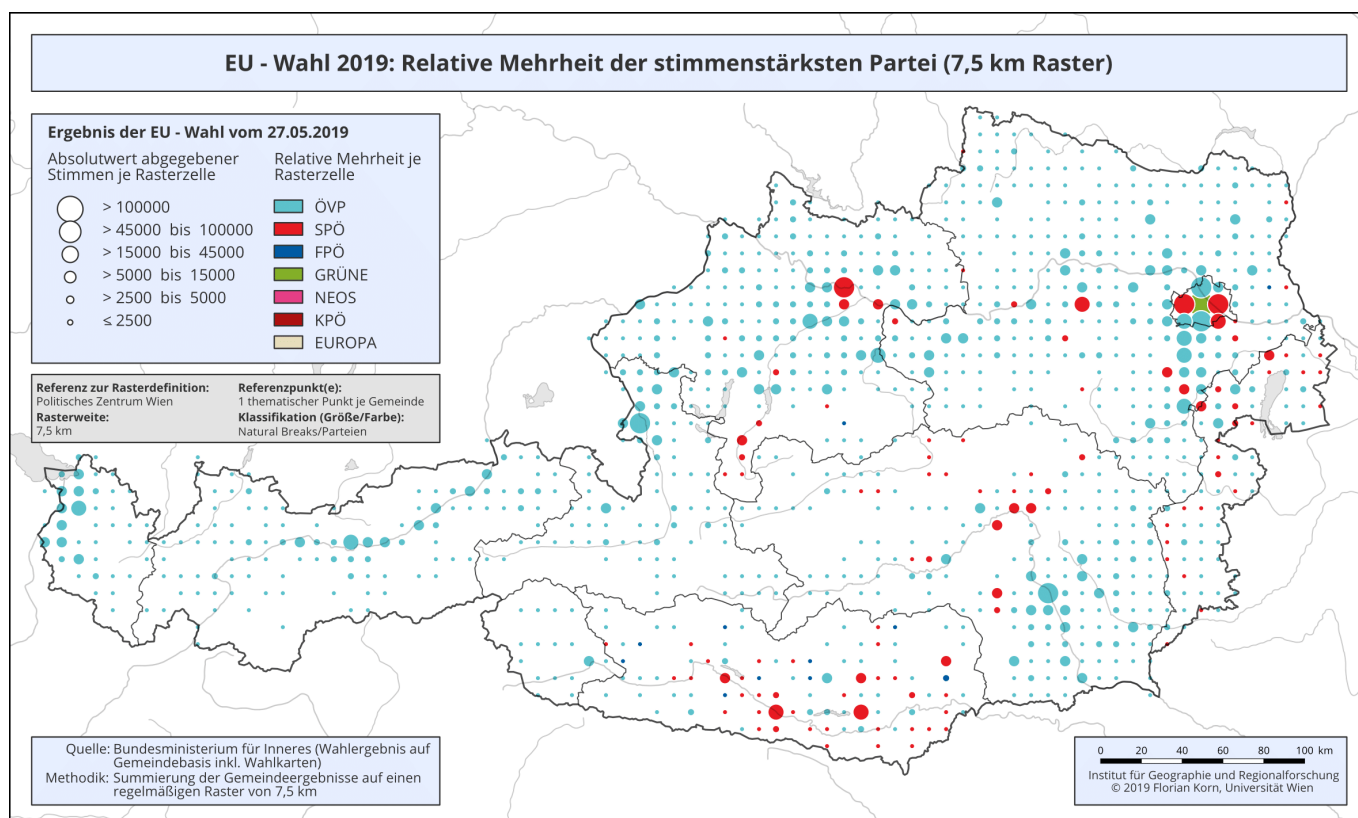


Abbildung 80: Ergebnis mit willkürlichem Signaturenmaßstab

Der Vergleich der Ergebnisse von Abbildung 79 und Abbildung 80 zeigt, dass vor allem bei der Wahl eines streng proportional gestuften Maßstab, die Größenverhältnisse sehr gut zum Vorschein kommen. Die Ballungsräume der Landeshauptstädte sind sehr gut vom ländlichen Raum zu unterscheiden. Ein negativer Aspekt ist jedoch die Überlagerung der Signaturen im Bereich von Wien. Die zentrale Rasterzelle im Zentrum von Wien ist nur bei genauer Betrachtung bemerkbar und die Größe der Signatur lässt sich nur vermuten. Dies kann man als fälschliche Anwendung des Signaturenmaßstabes bewerten, da hier eine Rasterzelle überdeckt wird, welche die meisten Subjekte aller Rasterzellen repräsentiert. Zusätzlich ist in Anbetracht der Wahlergebnisse zu erwähnen, dass hierbei die einzige Rasterzelle, in welcher die grüne Partei die relative Mehrheit erlangt, überdeckt wird und in der Aussage der Karte keine Rolle mehr spielt. Hier kann bei einer falschen Anwendung des Signaturenmaßstabes von ungewollten manipulativen Eingriffen gesprochen werden. Bei der Wahl eines willkürlich gestuften Signaturenmaßstabes kann hier sozusagen gegengesteuert werden. Zwar werden die großen Summenunterschiede der Rasterzellen auf den ersten Blick noch so gut sichtbar, jedoch finden kaum Überlagerungen von Signaturen statt. Besonders im Vergleich der Stadt Wien wird der Unterschied sichtbar. Im Zentrum von Wien ist bei der Wahl eines willkürlich gestuften Signaturenmaßstabes die grün eingefärbte Signatur erkennbar. Zusätzliche Informationen über die Summen, die von den Signaturen repräsentiert werden, können der Legende entnommen werden.

Letztendlich wird auf einen willkürlich gestuften Signaturenmaßstab zurückgegriffen, da aufgrund der Analysen die Vermutung im Raum steht, dass durch diese Wahl die Daten am optimalsten dem Rezipienten übermittelt werden können. Durch diese Wahl können einerseits die Ballungsräume bzw. bevölkerungsreiche Räume sehr gut kommuniziert und andererseits das Verhältnis zwischen diesen und bevölkerungsarmen Bereichen visualisiert werden. Zwar kommen die genauen Mengenunterschiede nicht so stark zur Geltung wie bei einem streng proportionalen Maßstab, jedoch wird in Verbindung mit der Legende der Wertunterschied ersichtlich.

8.1.5 Klassifikation

Ein weiterer Faktor, welcher den Informationstransport grundlegend beeinflusst, ist die Klassifikation. Die Vergleiche der unterschiedlich klassifizierten Choroplethenkarten haben gezeigt, welche Auswirkungen eine veränderte Klassifikationsmethode auf das endgültige Kartenbild haben kann. Diese Veränderungen sollen im Folgenden mit dem Beispiel der TGM gezeigt werden. Durch die Mehrschichtigkeit der TGM müssen mehrere Datensätze klassifiziert werden, welche das finale Ergebnis beeinflussen. Zur Visualisierung der Beispiele wird ein Datensatz mit dem Anteil der ausländischen Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung genutzt. Die Gesamtbevölkerung wird als absoluter Wert durch die Größe der Signatur visualisiert, der relative Anteil der ausländischen Bevölkerung durch die abgestuften Farbwerte. Aufgrund der zwei thematischen Ebenen werden vier Kombinationen, welche durch zwei Klassifikationsmethoden entstehen, dargestellt. Als Klassifikationsmethoden dienen „Natural Breaks (Jenks)“ sowie die „Quantilen“ Methode.

- 1) Signaturengröße mit Natural Breaks und Signaturenfarbe mit Natural Breaks
- 2) Signaturengröße mit Quantile und Signaturenfarbe mit Natural Breaks
- 3) Signaturengröße mit Natural Breaks und Signaturenfarbe mit Quantile
- 4) Signaturengröße mit Quantile und Signaturenfarbe mit Quantile

Bei den Beispielen, in welchen die Signaturengröße mit der Quantile Methode klassifiziert wurden, kam ein Faktor zur Größenänderung zum Einsatz. Die Signaturengrößen wurden dabei um die Hälfte reduziert, um einer zu starken Überlagerung der Signaturen und folgenden Unlesbarkeit entgegenzuwirken.

Die ersten beiden Beispiele (Abbildung 81 und Abbildung 82) zeigen massive Unterschiede, da bei beiden Ebenen unterschiedliche Klassifikationsmethoden angewendet wurden. Von wertvollem kartographischem Endprodukt kann vor allem bei der Abbildung 82 keine Rede sein. Die Signaturen überlagern sich über weite Flächen so stark, dass die Informationen nur noch schwer aufgenommen werden können. In der Abbildung 81 kommen vor allem die bevölkerungsreichen Regionen sehr gut zur Geltung und unterscheiden sich erkennbar von bevölkerungsarmen Regionen. Im Bezug auf die Einfärbung ist zu sagen, dass bei der Abbildung 81 die Bereiche mit vergleichsweise hohem Anteil ausländischer Bevölkerung sehr gut erkennbar sind. In der Abbildung 82 ist dies nicht der Fall. Hier wird der Eindruck erweckt, vor allem in der Kombination mit den Signaturengrößen, dass in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes ein hoher Anteil an ausländischer Bevölkerung herrscht.

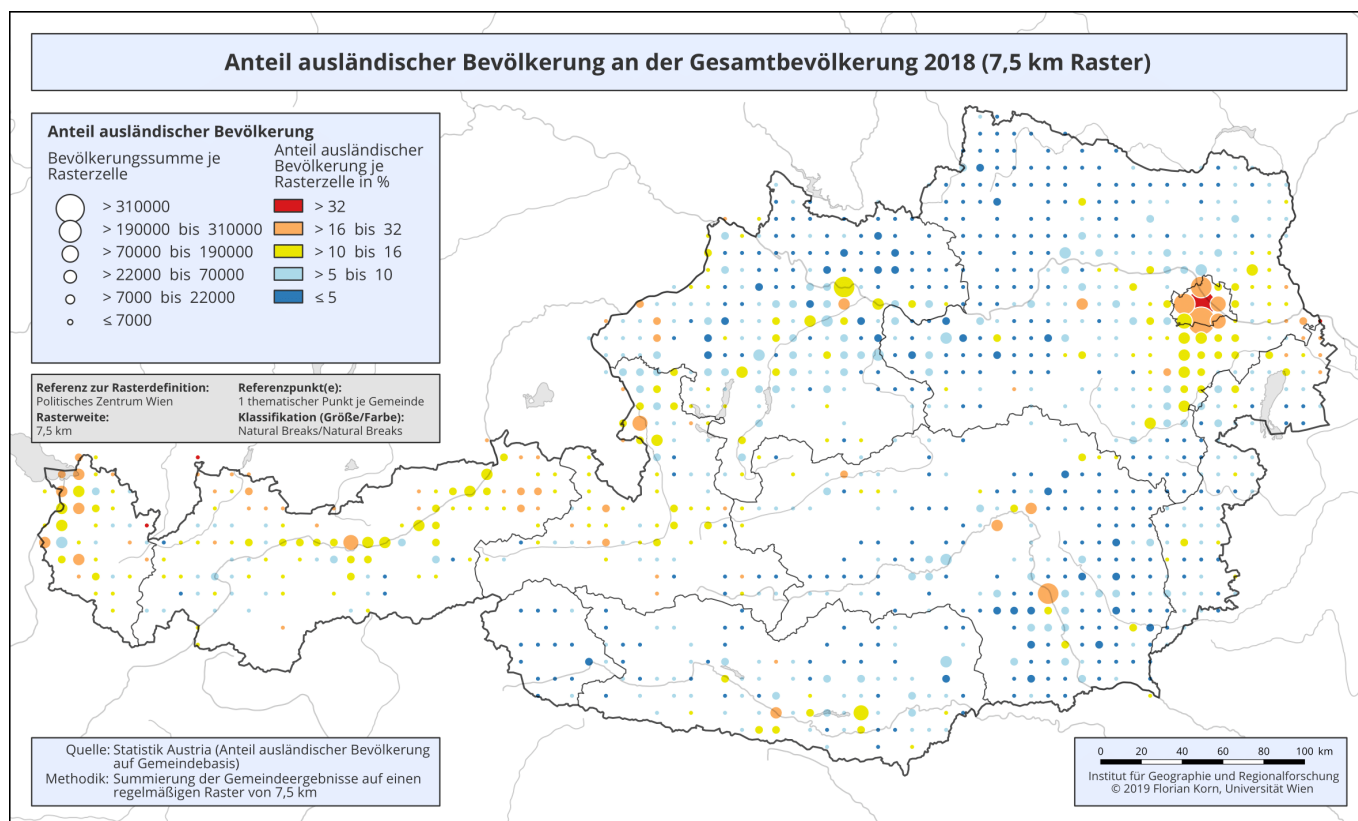


Abbildung 81: Signaturengröße (Natural Breaks), Signaturenfarbe (Natural Breaks)

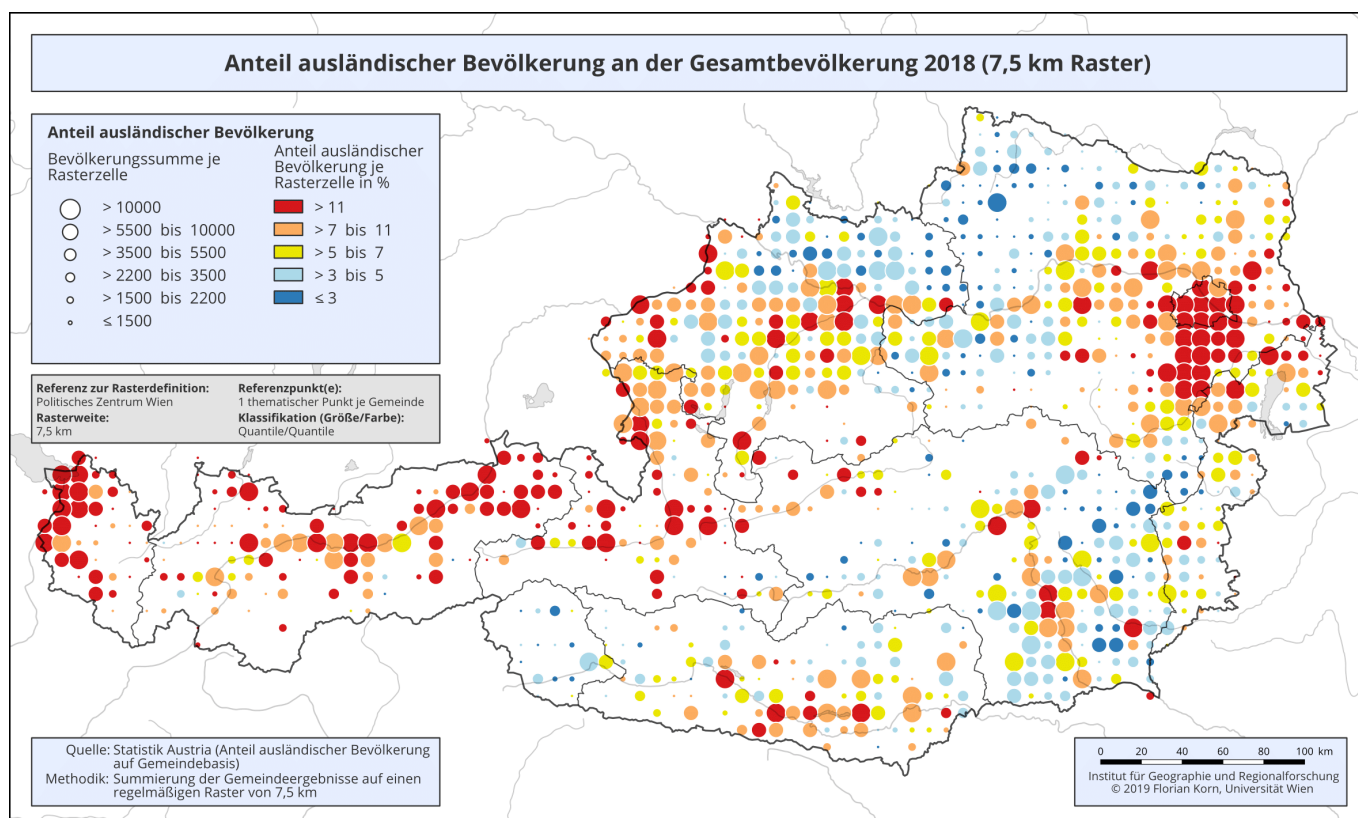


Abbildung 82: Signaturengröße (Quantile), Signaturenfarbe (Quantile)

Bei Abbildung 83 und Abbildung 84 wurde für jede Ebene unterschiedliche Klassifikationsmethoden gewählt. Bei ersteren wurden die Größe, das heißt die absolute Anzahl der Bevölkerung je Rasterzelle, mit der Methode „Natural Breaks“ klassifiziert. Die Signaturenfarbe, der relative Anteil der ausländischen Bevölkerung je Rasterzelle, wurde mit der Methode „Quantile“ klassifiziert. In der Abbildung 84 ist das Gegenteil der Fall, die Signaturengröße wurde mit der Methode „Quantile“ und die Signaturenfarbe mit der Methode „Natural Breaks“ klassifiziert.

Zur Abbildung 83 ist zu sagen, dass wie in Abbildung 81, die Signaturengrößen ein sehr gutes Bild der Bevölkerungsverteilung gibt. Ähnlich wie in Abbildung 82 sind entsprechend der Klassifikationsmethode sehr viele Bereiche mit einem hohen Anteil an ausländischer Bevölkerung zu erkennen. Durch die Kombination mit der Signaturengröße erhalten sie jedoch eine geringere visuelle Stärke und Wirkung als in der Abbildung 82. Die Überlagerungen sind durch die Klassifizierungsmethode „Natural Breaks“ geringer und folglich sind die Bereiche mit geringerem Anteil, visualisiert durch die Einfärbung, besser erkennbar. Bei der Abbildung 84 hingegen ergibt sich ein ähnliches Interpretationsergebnis wie bei Abbildung 82. Auch hier sind die Signaturen von starken Überlagerungen betroffen. Des weiteren sind Ballungsräume schwer von weniger dicht besiedelten Gebieten unterscheidbar. Die primäre Unterscheidung, die getroffen werden kann, ist zwischen ländlichem Raum und Dauersiedlungsraum. In Bezug auf die Anteile der ausländischen Bevölkerung ist zu erwähnen, dass vor allem durch die Signaturengrößen und der folgenden Überlagerungen, Interpretationen erschwert werden.

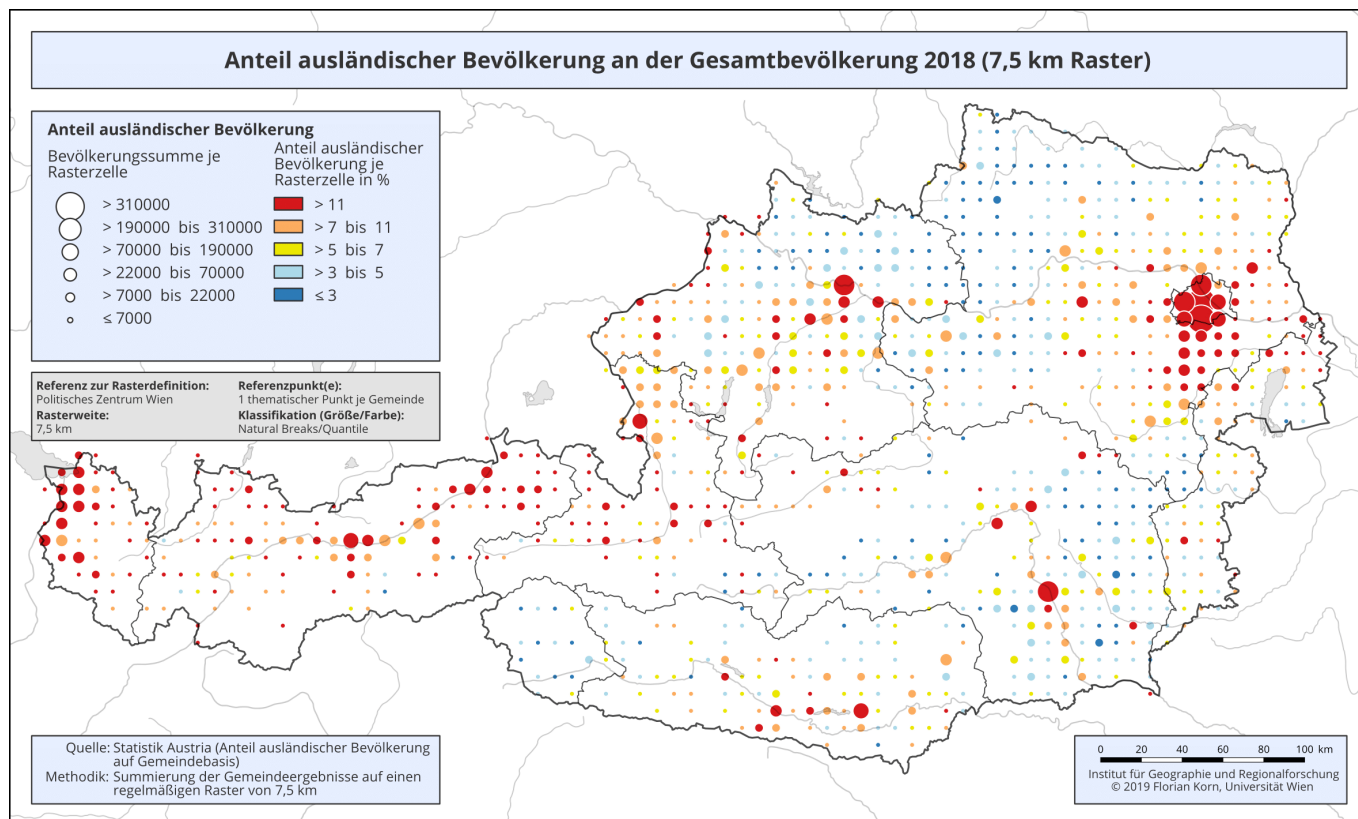


Abbildung 83: Signaturengröße (Natural Breaks), Signaturenfarbe (Quantile)

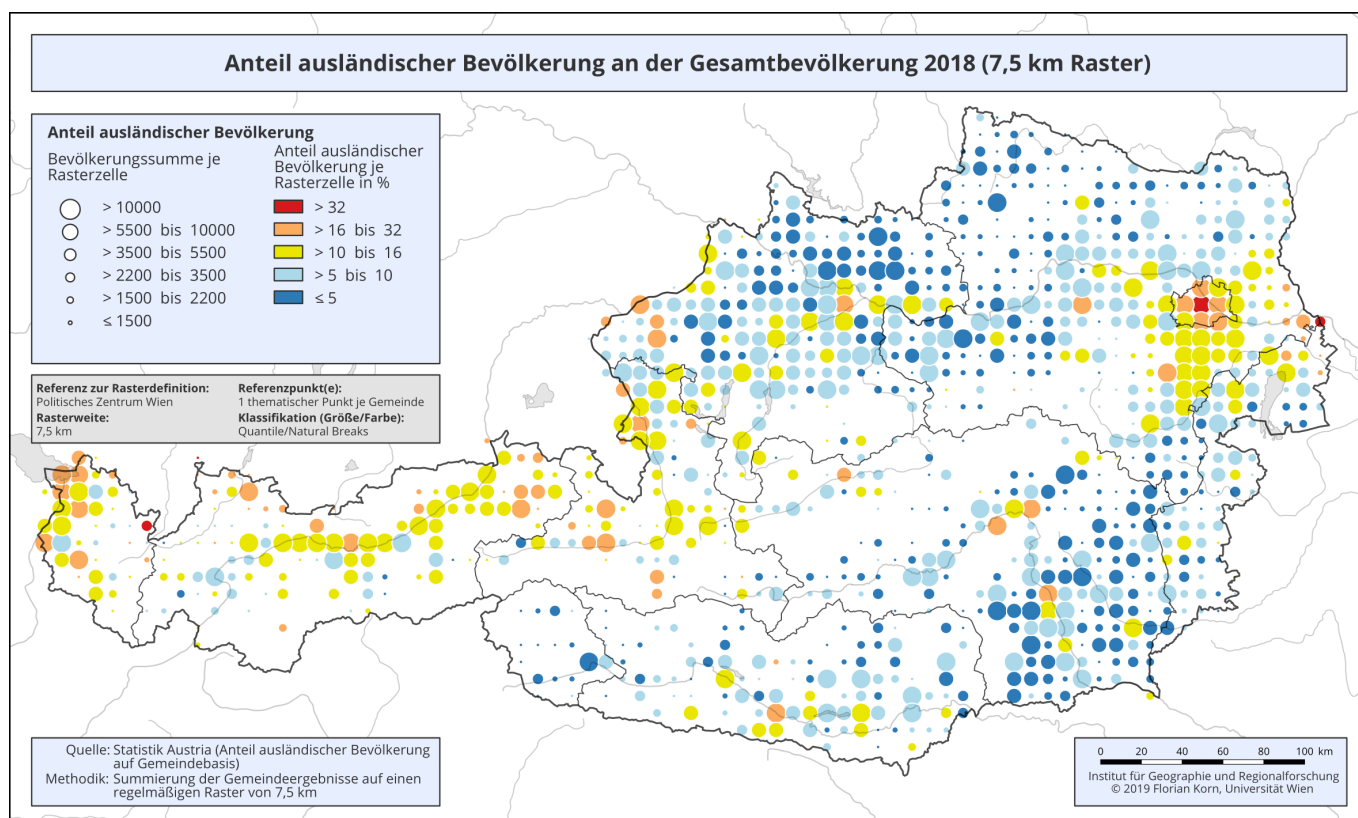


Abbildung 84: Signaturengröße (Quantile), Signaturenfarbe (Natural Breaks)

Bereits die Vergleiche der unterschiedlich klassifizierten Choroplethenkarten haben gezeigt, dass die Wahl der Klassifikationsmethodik massiven Einfluss auf das endgültige Erscheinungsbild der Karte sowie auf die Interpretation der Informationen des Rezipienten hat. Die zuvor behandelten Beispiele bestätigen diese Feststellungen. Besonders durch die Mehrschichtigkeit der TGM und den daraus folgenden Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Klassifikationsmethoden ergeben sich stark variierende Kartenbilder. Die Informationen können so stark transformiert und die Informationsweitergabe massiv beeinflusst werden. Wie im Abschnitt 6.1.3 bereits erkannt, sollte abhängig von der Datenlage eine entsprechende Klassifikationsmethodik gewählt werden, um den Informationsgewinn für den Rezipienten zu optimieren und um zu einem ästhetischen Kartenbild zu gelangen. Zusätzlich erlaubt der Prozess der Klassifikation dem Kartographen eine gewisse Manipulationsmöglichkeit. Speziell durch die Mehrschichtigkeit der TGM und der notwendigen Klassifikation zweier quantitativer Datenreihen ist eine starke Variation der Ergebnisse möglich. Um auf den kartographischen Kommunikationsprozess zurückzukommen, besteht hier die Notwendigkeit der richtigen Wahl der kartographischen Sprache durch die Wahl der Signaturenvariationen, damit der Rezipient diese Informationen, übermittelt durch die Karte, aufnehmen kann.

Die Erstellung der TGM ist durch viele Schritte und Parameter sowie Kombinationsmöglichkeiten dieser geprägt. Bereits durch die Veränderung auch nur eines Parameters resultiert ein verändertes Ergebnis. Die Kombinationsmöglichkeiten unterschiedlicher Einstellungen sind sehr zahlreich und folglich auch die Möglichkeiten verschiedener Kartenbilder aus ein und denselben Ausgangsdaten und das mit ein und derselben Repräsentationsmethode. Diese Einstellungen oder Transformationen haben, um auf den kartographischen Kommunikationsprozess zurückzukommen, wiederum direkten Einfluss auf den Transport der Information. Dem Kartographen kommt folglich eine wichtige Aufgabe zu, den Sachverhalt der Realität, mittels kartographischer Mittel, mit geringer Transformation und Manipulation, zu transportieren. Nachdem die Bestandteile der TGM analysiert wurden, wird nun eine „endgültige“ TGM präsentiert und analysiert, wobei hier ein spezifisches und aufgrund der zuvor analysierten und behandelten Themen Ergebnis präsentiert wird. Dieses muss nicht unbedingt die „perfekte Karte“ darstellen, da es hierfür, vor allem um den Informationsgewinn des Rezipienten untersuchen zu können, weitere Forschungen bzw. eine fundierte empirische Studie benötigt. Weiters werden Ergebnisse mit Choroplethenkarten verschiedener administrativer Ebenen verglichen, um zu evaluieren welche Defizite bzw. Schwächen dieser überwunden werden konnten.

9 Auswertung, Vergleich und Analyse

Die unterschiedlichen Kartenendprodukte haben gezeigt, wie variabel das Erscheinungsbild sowie die Nachricht die von der Karte getragen wird, durch Veränderungen der Parameter zustande kommen kann. Die dabei gewonnen Erkenntnisse fließen in eine finale Karte zu der EU-Wahl 2019 sowie die abschließende Analyse der TGM ein. Zusätzlich wird die TGM mit der klassischen Choroplethenkarte, welche mittels derselbigen Datenbasis erstellt wurde, verglichen. Die Defizite und Schwächen der Choroplethenkarte, welche in Kapitel 6 charakterisiert wurden, werden in Erinnerung gerufen und es wird mittels der aufgestellten Arbeits- und Forschungsfragen analysiert, ob diese durch die neue Technik TGM überwunden werden konnten bzw. ob die TGM in diesen Fällen als alternative Technik dienen kann. Weiters werden die bei den veränderten Parametereinstellungen gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst um Regeln zur Erstellung der TGM aufstellen zu können.

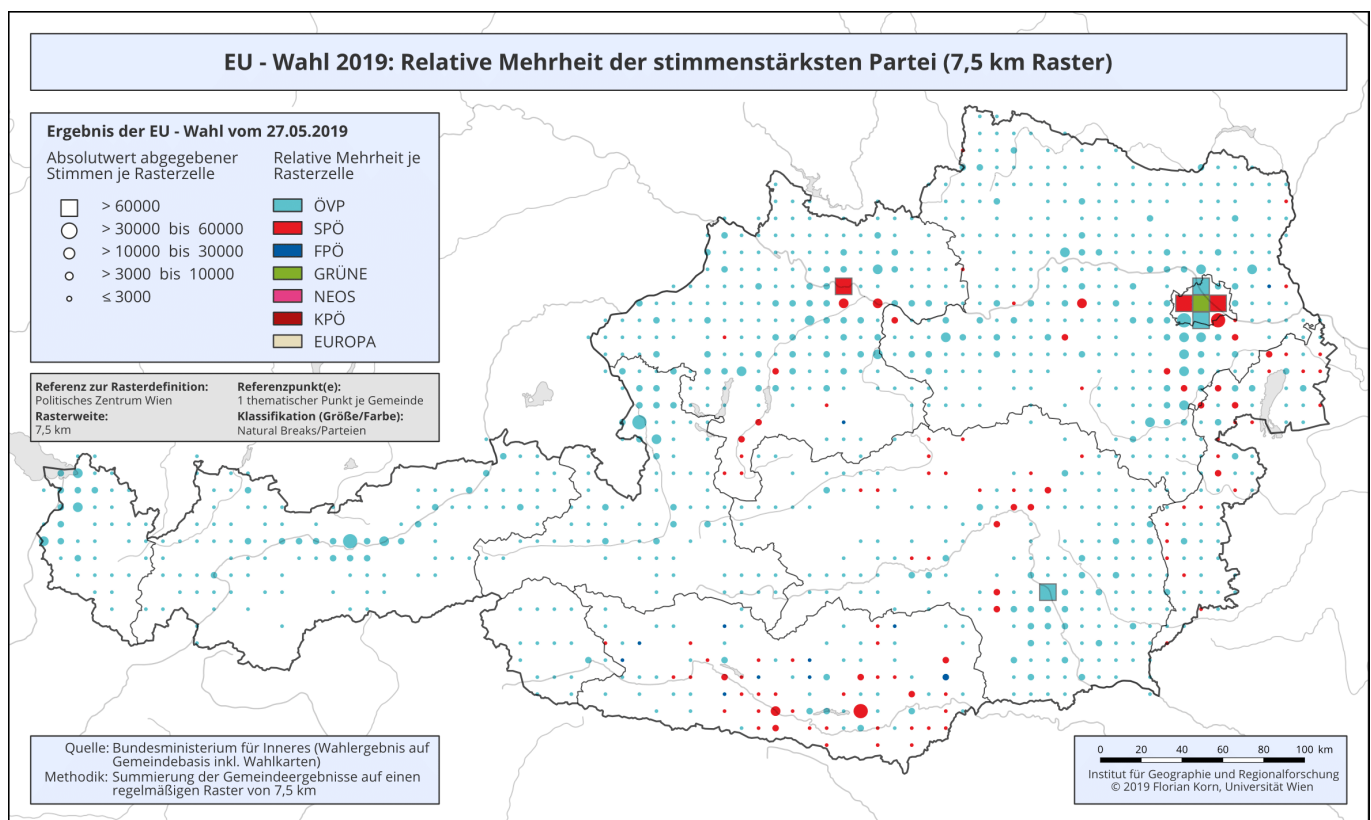


Abbildung 85: Thematic Grid Map

Die abschließende TGM ist eine Karte, welche aus den in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnissen erstellt wurde. Um noch einmal den Workflow in Erinnerung zu rufen, beginnt die Erstellung bei der Selektion und Manipulation der Daten, welche in eine vordefinierte Struktur gebracht wurden. Im Zuge der Datenaufbereitung fand eine erste wesentliche Transformation statt. Jene Partei, welche die relative Mehrheit in einer administrativen Einheit erzielte, wurde mit einer qualitativen Wertigkeit versehen. Dadurch sind die prozentualen Anteile der Parteien je Gemeinde zu einer qualitativen Ausprägung transformiert worden, welche der Partei mit der relativen Mehrheit gutgeschrieben wurde.

Anschließend wurden die Werte der Gemeinden mit den dazugehörigen Referenzpunkten verbunden, hierfür wurden thematische Bevölkerungsschwerpunkte gewählt. Aufgrund des Verhältnisses zwischen der Größe der administrativen Einheiten und der Rasterweite von 7,5 km sowie der vorhandenen Datenbasis wurde die 1 – Referenzpunktmethodologie gewählt. Hier macht sich die zuvor erwähnte Transformation bemerkbar, denn sollten mehrere Referenzpunkte einer Rasterzelle zugeordnet werden und die Summe an Referenzpunkten von zwei oder mehreren Parteien an relativen Mehrheiten gleich sein, so musste die Partei bestimmt werden, welche die relative Mehrheit pro Rasterzelle erhält. Durch die zuvor erwähnte Abstraktion von relativen Werten zu qualitativen Werten, gingen hier Informationen verloren, denn nun mussten die qualitativen Werte wiederum mittels der absoluten Anzahl an abgegebenen Stimmen gewichtet werden, um die Partei mit der relativen Mehrheit der Rasterzelle bestimmen zu können. Dies stellt einen abstrakten Weg der Bestimmung dar. Mit intensiveren Berechnungen können in diesem Prozess exaktere Lösungen erzielt werden. Durch das Miteinbeziehen des Anteils der administrativen Einheit, welche von einer Rasterzelle überdeckt wird, könnten noch genauere Ergebnisse im Zuge der Rasteraggregation ermittelt werden. Die abgegebenen Stimmen konnten summiert werden und damit war die Aggregation der Werte jeder Rasterzelle auf dem gewählten Raster mit einer Rasterweite von 7,5 km abgeschlossen. Als Signaturenmaßstab, welchem eine durchaus wichtige Funktion im Gesamtbild des Ergebnisses zukommt, wurde ein willkürlich gestufter Maßstab gewählt. Die Analysen der Daten haben zeigen, dass sich die meisten Werte in einem bestimmten Datenbereich konzentrieren, jedoch sind einige Ausreißer nach oben zu erkennen, welche die Ballungsräume und Bevölkerungszentren darstellen. Um diesen Rasterzellen eine gesonderte Bedeutung zukommen zu lassen und vor allem den Werteunterschied zu signalisieren und dabei den Überdeckungen der Signaturen zuvorzukommen, ist die höchste Klasse mit Quadraten als geometrische Signatur dargestellt. Auf eine qualitative Datenreihe, visualisiert durch unterschiedliche geometrische Formen, wurde verzichtet. Das Ergebnis stellt eine Karte dar, deren Inhalte man teilweise sieht, ohne die Karte näher betrachten bzw. lesen zu müssen. Ballungsräume und bevölkerungsreiche Gebiete sind auf den ersten Blick zu erkennen. In näherer Betrachtung, durch das Lesen und Vergleichen von Karteninhalt und Legende, werden weitere thematische Informationen sichtbar. Die Mehrschichtigkeit ist hierbei ein wichtiges Charakteristikum, da gleichzeitig die quantitativen Werte der abgegebenen Stimmen sowie die relativen Mehrheiten als zweite thematische Ebene visualisiert werden können. Durch die Verbindung dieser Informationen kann, im Vergleich zur Choroplethenkarte, eine größere Menge an Informationen transportiert werden.

Durch die Erstellung der TGM sowie den Experimenten mit Veränderungen der Parameter, konnten Regeln und Tendenzen zu den Einstellungen und Verhältnissen der Erstellungsparameter erstellt werden.

9.1 Regeln und Tendenzen zur Erstellung einer TGM

Während der Erstellung des Workflows sowie den vergleichenden Darstellungen, welche im Zuge der Veränderungen von Eingabeparameter resultierten, konnten vier Regeln und Tendenzen zur Erstellung einer TGM aufgestellt werden.

1. Regel : Datenaufbereitung in definierte Strukturen

Als erste Regel kann die Datenaufbereitung entsprechend der Ausprägungen der Signaturen betrachtet werden. So werden folgende Datenformen durch die entsprechenden Ausprägungen visualisiert:

- Absolutwerte werden durch die Signaturengröße repräsentiert
- Relativwerte werden durch die Signaturenfarbe repräsentiert
- Qualitative Werte werden durch die Signaturenform repräsentiert

2. Regel : Bereitstellung der Hintergrundinformation zur Rasteragggregation

Auf das Verhältnis der Größen dieser drei Eingabedaten ist besonders Acht zu geben. Hier konnten folgende Regeln bzw. Tendenzen charakterisiert werden, wobei zu erwähnen ist, dass in allen Fällen ein Ergebnis zustande kommt. Ob dieses Kartenprodukt repräsentativ ist, sei dahingestellt. Bei diesen Regeln soll besonders auf das Verhältnis geschlossen werden, in welchem die Daten am realitätsnächsten transportiert werden können. Diese Tendenzen lauten wie folgt:

- Die Daten auf Basis einer administrativen Einheit
- Die Referenzpunkte
- Der Raster

3. Regel : Verhältnisse zwischen Flächen und Anzahl der Referenzpunkte bei der Rasteragggregation berücksichtigen

Auf das Verhältnisse der Größen dieser drei Eingabedaten ist besonders Acht zu geben. Hier konnten folgende Regeln bzw. Tendenzen charakterisiert werden, wobei zu erwähnen ist, dass in allen Fällen ein Ergebnis zustande kommt. Karten, welche mit Missachtung dieser Regel erstellt werden, sind als nicht repräsentativ zu bewerten. Bei diesen Regeln soll besonders auf das Verhältnis geschlossen werden, bei welchem die Daten am realitätsnächsten transportiert werden können. Diese Tendenzen lauten wie folgt:

„Je kleiner die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto mehr thematische Referenzpunkte sind zur Rasteragggregation notwendig.“

„Je größer die Rasterzelle im Verhältnis zur administrativen Einheiten, desto weniger thematische Referenzpunkte sind zur Rasteragggregation notwendig.“

Durch das Verhältnis der Flächen von Rasterzelle sowie Fläche der administrativen Einheit, kann auf die Anzahl der Referenzpunkte zur Rasteragggregation geschlossen werden. Zur

einfacheren Erklärung kann daraus ein Faktor (Flächenfaktor) aus dem Verhältnis zwischen der Fläche der Rasterzelle und der Fläche der administrativen Einheit gebildet werden.

Administrative Einheiten mit geringem Wert und Rasterzelle mit hohem Wert ergeben einen geringen Flächenfaktor.



Abbildung 86: Geringer Flächenfaktor

Beziehungsweise werden alle Faktoren welche unter dem Wert 1 liegen nicht berücksichtigt. Ein Wert geringer als 1 wird in allen Fällen erzielt, in denen die Rasterzelle größer als die administrative Einheit ist. Alle Flächenfaktoren mit dem Wert 1 oder geringer verlangen nur einen Referenzpunkt.

Administrative Einheiten mit hohem Wert und Rasterzelle mit geringem Wert ergeben einen hohen Flächenfaktor.

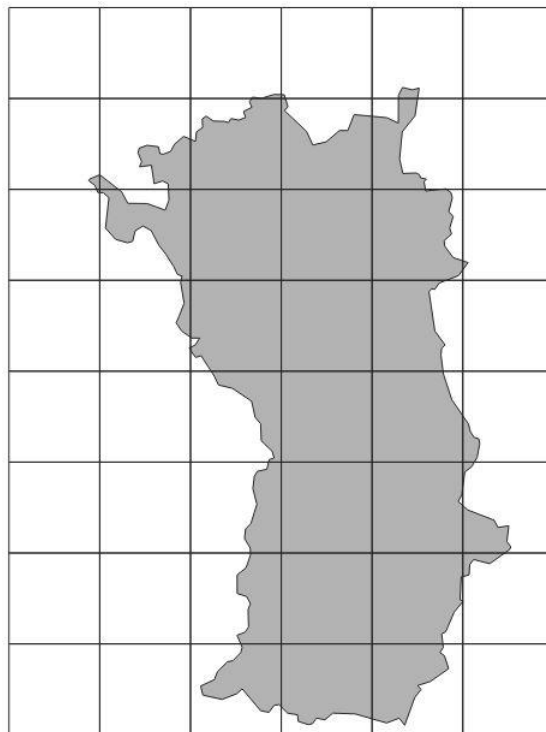


Abbildung 87: Hoher Flächenfaktor

Diese Tendenzen aus dem Verhältnis der Flächen und der Referenzpunkte sollten im Kontext der Transformation unbedingt beachtet werden. Wenn eine große administrative Einheit bei geringer Rasterweite (Abbildung 87) durch nur einen Referenzpunkt repräsentiert werden, so schränkt dies die Repräsentierbarkeit massiv ein bzw. kann hier kaum mehr von einer TGM gesprochen werden. In diesem Fall, wird eine große administrative Einheit, trotz der Überdeckung mehrerer Rasterzellen, von nur einer

Rasterzelle repräsentiert. Der Eindruck bzw. das Ziel das Untersuchungsgebietes auf Basis eines Rasters zu Visualisierung geht hier verloren.

4. Regel : Verhältnisse zwischen Maßstab und Rasterweite beachten

Bei der Visualisierung muss auf das Verhältnis zwischen Maßstab und Rasterweite geachtet werden. Die Rasterweite kann mit größer werdendem Maßstab abnehmen. Das heißt, bei einem großen Maßstab kann mit kleinen Rasterzellen gearbeitet werden. Sollte hingegen ein kleinerer Maßstab gewählt werden, so führt eine geringe Rasterweite zur Unlesbarkeit. Hier können genaue Werte nicht mehr gelesen werden sondern nur etwa Tendenzen oder eine Gesamtverteilung gesehen werden.

Zu den Ausprägungen der Signaturen wird empfohlen, dass maximal drei Ebenen, im Sinne der Lesbarkeit, visualisiert werden. Theoretisch könnten noch mehrere Ebenen mit den graphischen Ausprägungen kommuniziert werden, führen aber zu einer überladenen und unlesbaren Karte. Schon die Visualisierung einer dritten Variable durch die Ausprägung der Form führt zu einer hohen Komplexität des Gesamtbildes und könnte den Kartenleser überfordern. Das Ziel, dem Rezipienten Informationen zu kommunizieren, wird hier nicht erreicht.

Diese Regeln finden bei verschiedenen Ergebnisse der TGM, welche im folgenden Kapitel zu sehen sind, Anwendung. Diese Kartenendprodukte werden mit der klassischen Choroplethenkarte verschiedener Ebenen verglichen, um zu einer abschließenden Interpretation und Analyse zu gelangen und die zu Beginn der Arbeit aufgestellten Forschungsfragen beantworten zu können.

Zusätzlich kommt eine weitere Darstellung hinzu, welche in dieser Arbeit bisher noch nicht präsentiert wurde. Bisher wurde die TGM immer auf Basis der Gemeindedaten visualisiert. Um einen zusätzlichen Vergleich anzustellen, wurde in der Abbildung 91: TGM mit Bezirksdaten als Daten- und 7,5km Rasterbasis, eine TGM aus Bezirksdaten erstellt. Dazu wurde, wie in Abschnitt 7.5.2 behandelt, die N – Referenzpunktmethod im Zuge der Rasteragggregation gewählt. Dabei wurden jedem Bezirk fünf Referenzpunkte mit prozentualer Aufteilung zugeordnet. Bei diesen handelt es sich nicht um thematische sondern um einen geometrischen Zentralpunkt, welcher den Großteil der Werte erhält, sowie vier weitere, zufällig erstellte Punkte. Dies bedeutet zwar einen großen Transformationsprozess, soll aber zeigen, dass auch Daten höherer administrativer Einheiten zur Erstellung der TGM herangezogen werden können und durchaus zur Vergleichbarkeit mit der klassischen Choroplethenkarte genutzt werden können. Die Interpretation dazu ist im folgenden Abschnitt zu sehen.

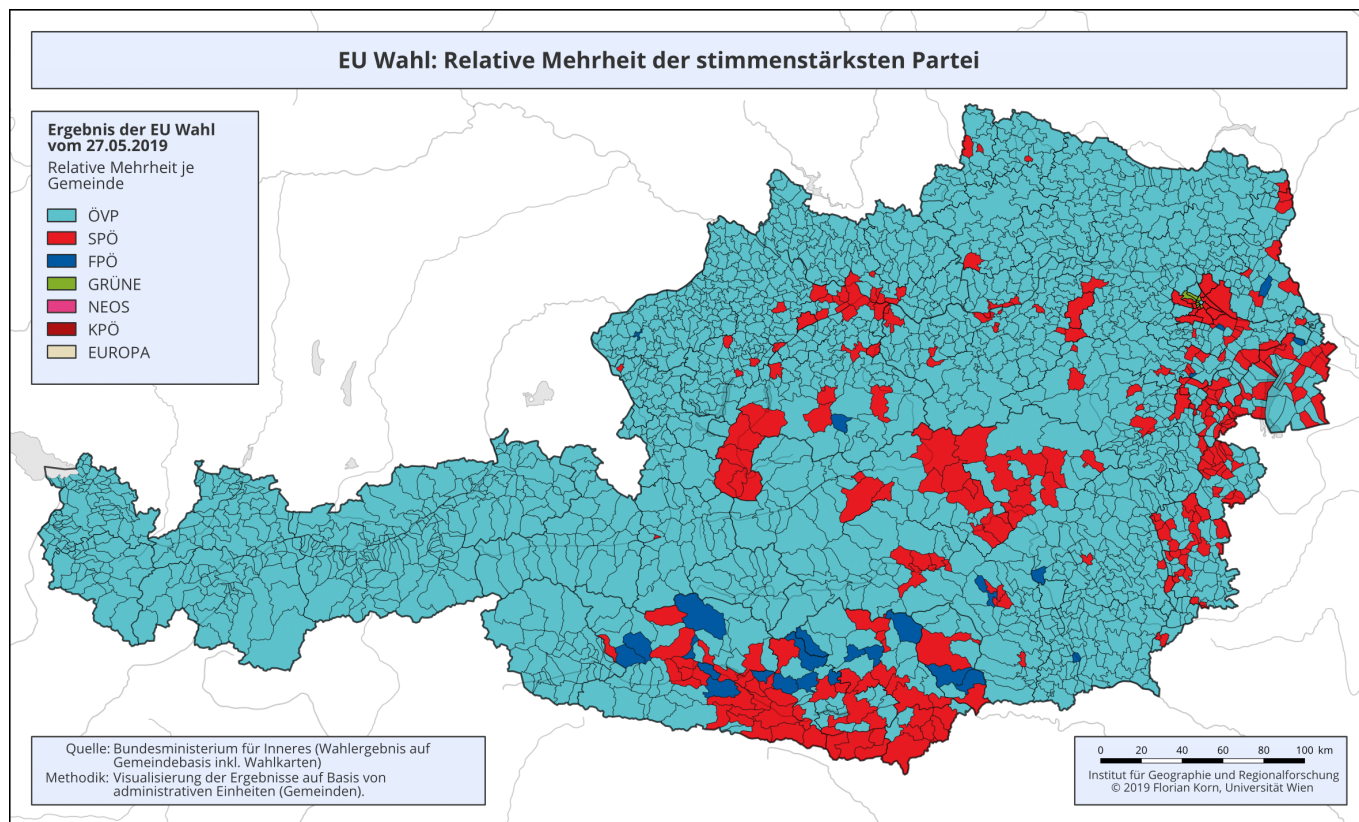


Abbildung 88: EU - Wahl 2019: Choroplethenkarte auf Gemeindebasis

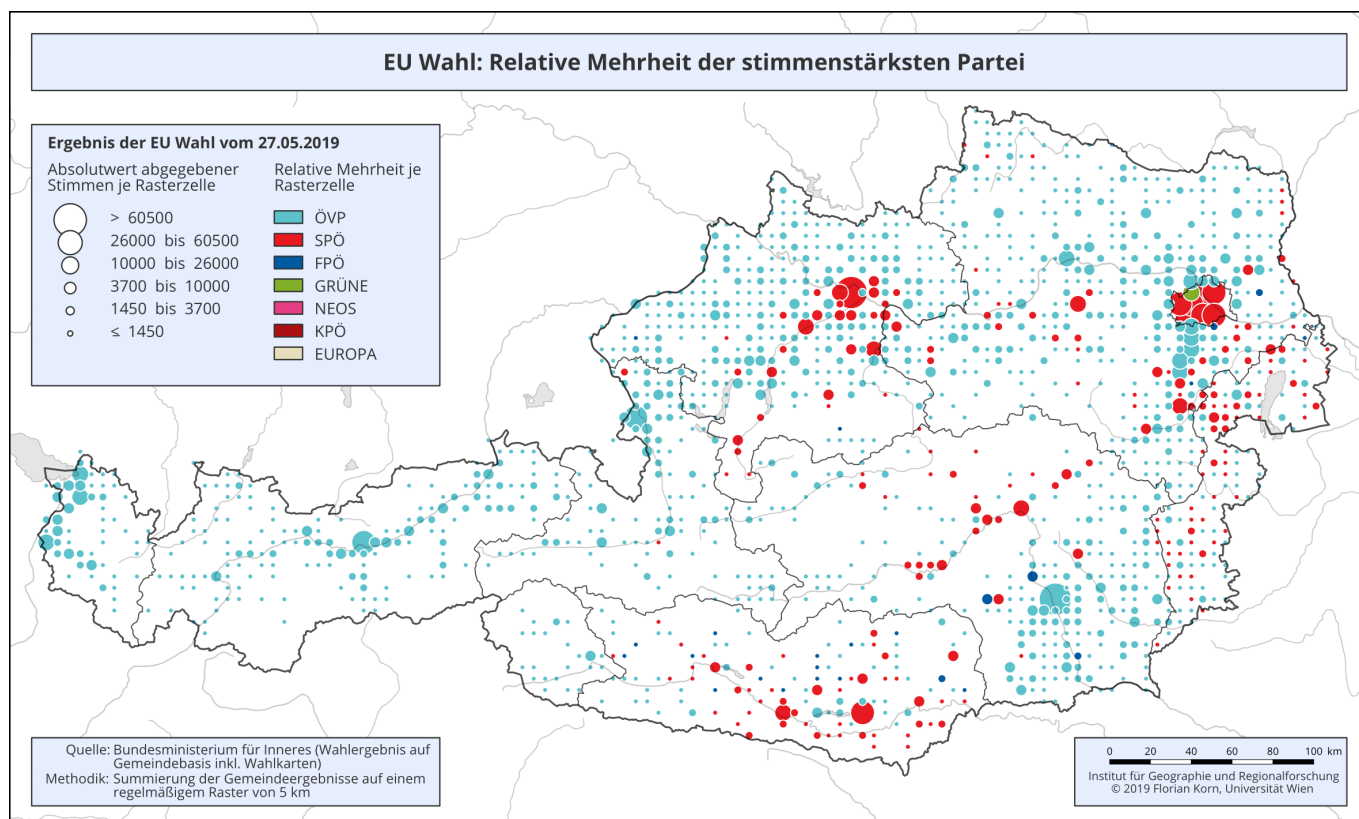


Abbildung 89: TGM mit Gemeindedaten als Daten- und 5km Rasterbasis

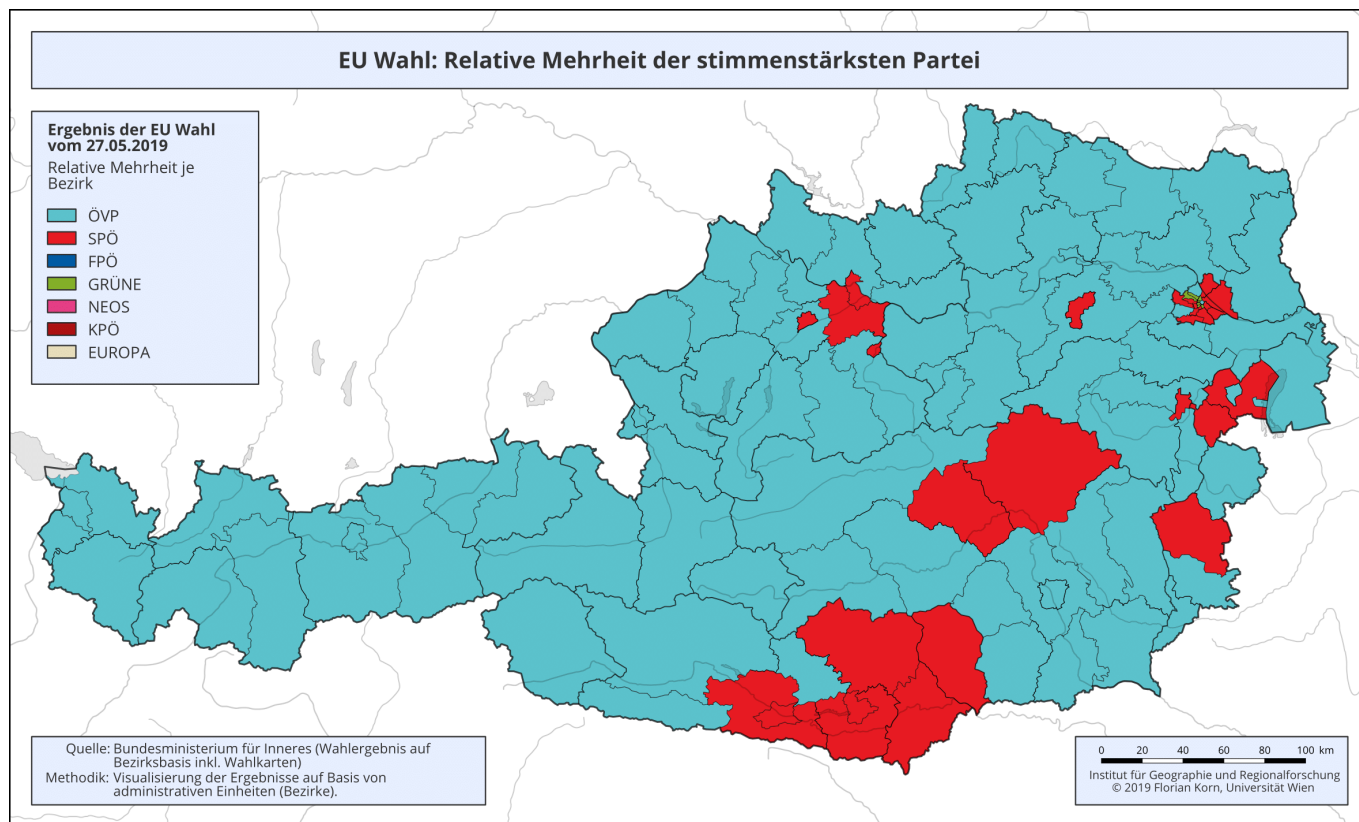


Abbildung 90: EU - Wahl 2019: Choroplethenkarte auf Bezirksbasis

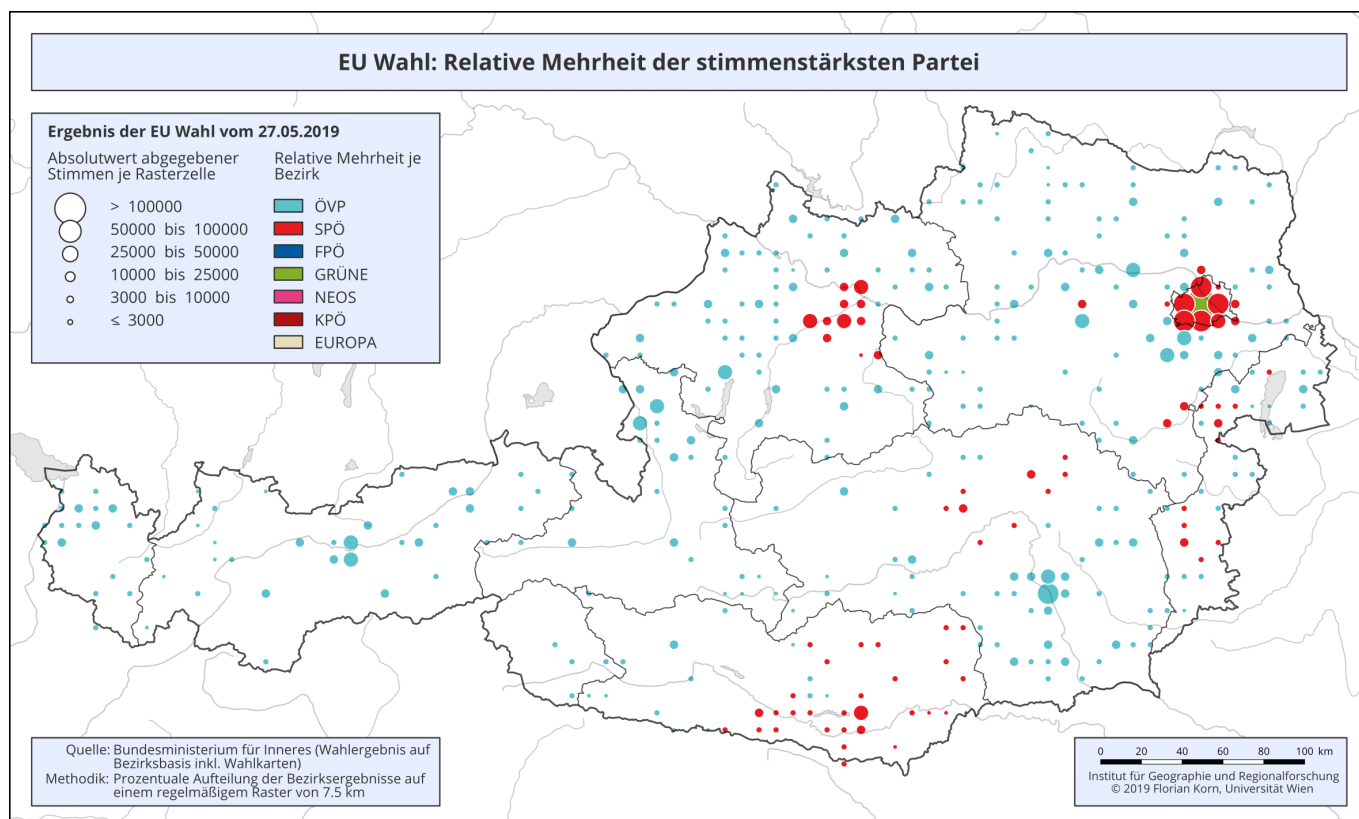


Abbildung 91: TGM mit Bezirksdaten als Daten- und 7,5km Rasterbasis

9.2 Vergleich zwischen TGM und Choroplethenkarte

Bei den Vergleichen zwischen Choroplethenkarten verschiedener administrativer Ebenen (Abbildung 88, Abbildung 90) sowie der TGM ebenfalls in Variation verschiedener Parametereinstellungen, wird primär auf die folgenden Defizite bzw. Schwächen der Choroplethenkarte eingegangen, welche bei der Analyse der Choroplethendarstellung in Abschnitt 6 charakterisiert wurden.

1) Definition der Raumeinheiten

Die starre Aufteilung des Untersuchungsgebietes in administrative Einheiten konnte als ein bestimmendes Defizit der Choroplethenkarte charakterisiert werden. Die Thematic Grid Map teilt das Untersuchungsgebiet in gleich große Rasterzellen auf und geht somit von einer anderen Basis zur Visualisierung der Daten aus. Durch die Verbindung mit Referenzpunkten werden diese starren Grenzen aufgebrochen und eine flexiblere Visualisierung ist möglich. Punkt- bzw. Adressbezogene Daten lassen sich durch die rasterbasierte Darstellung wahrheitsgetreuer visualisieren. Die eindeutig verortbaren Punkte werden nicht auf eine große Fläche aggregiert, eine Transformation, welche beim Prozess der TGM mit Flächendaten im umgekehrten Wege stattfindet. Vor allem in Bezug auf die Überbetonung großer Gebiete stellt dieses Aufbrechen der administrativen Einheiten einen wichtigen Vorprozess dar. Die Daten werden somit unabhängig von jeglicher administrativer Einheit visualisiert. Des Weiteren kann der Raster je nach Anwendungsfall flexibel durch die Rasterweite sowie die Boundingbox abhängig eines Referenzpunktes definiert werden.

2) Überbetonung großer Gebiete

Die Überbetonung großer Gebiete stellt ein wesentliches Defizit der Choroplethenkarte dar. (vgl. SKOWRONNEK 2015:2) Die visuelle Kraft der großen administrativen Einheiten werden mehr Aufmerksamkeit geschenkt und kleinere Gebiete sind durch eine geringere visuelle Wirkung gekennzeichnet. (vgl. SPECKMANN et al. 2010:2) Im Falle des Beispiels der EU - Wahl ist dies sehr gut zu beobachten. Schon auf Ebene der Bezirke werden hier große Flächen wie etwa in Tirol stark betont, wohingegen den kleinen Bezirken in Wien eine wesentlich geringer Geltung zukommt. Im Vergleich der Zahl der abgegebenen Stimmen und der Fläche zwischen dem Bezirk Imst und dem 8. Wiener Gemeindebezirk wird dies sehr gut sichtbar. Imst hat eine Fläche von 1724 km² mit einer absoluten Anzahl an abgegebenen Stimmen von 20840. Der 8. Wiener Gemeindebezirk hingegen hat mit einer Fläche von 1,09 km² eine absolute Anzahl an abgegebenen Stimmen von 11856.

	Fläche (km ²)	Abgegeben Stimmen	Stimmen/km ²
Imst	1724,00	20840	12
Josefstadt	1,09	11856	10877

Tabelle 11: Vergleich von Bezirkswerten

Diese Gegenüberstellung zeigt ganz deutlich diese Problematik auf. (Abbildung 92) Bei diesem Beispiel wird auf einer Fläche, welche knapp 1724 mal so groß ist nur knapp die

doppelte Anzahl Subjekten, in diesem Fall Personen, welche von ihrem Wahlrecht Gebrauch gemacht haben, präsentiert.



Abbildung 92: Bezirksflächen im Vergleich

Diese knapp 50% mehr an abgegebenen Stimmen wird durch eine überproportional große Fläche repräsentiert. Die TGM versucht auf Basis der Rasterzellen, welche im Endeffekt alle eine idente Fläche haben, die Werte wahrheitsgetreuer, mit geringerer Verzerrung zu visualisieren. In dem Beispiel sieht man ganz deutlich, wie im großen Bezirk Imst einige Punktsignaturen geringer Wertigkeiten die Summe der abgegebenen Stimmen repräsentiert. In Wien hingegen erlangen die Bevölkerungsreichen Gebiete eine entsprechende Signaturengröße. Die relative Mehrheit wird schlussendlich als Signaturenfarbe visualisiert. Primär scheint die Mehrschichtigkeit sowie der Rasterung als Vorprozess der TGM dieses Defizit der Choroplethenkarte zu überwinden bzw. scheint es als würde diese Art und Weise der Visualisierung eine geringere Transformation vor allem in Bezug auf quantitative Absolutwerte, in diesem Falle der Bevölkerung, zur Folge haben.

Am Beispiel mit Bezirksdaten als Basis (Abbildung 90 und Abbildung 91) ist zu erkennen, wie sich der Fokus durch die Größe der Signaturen auf die Ballungsräume verlagert. Zwar wirkt die Karte sehr leer, dennoch richtet sich der Fokus auf bevölkerungsreichen Gebiete. Mit einer größeren Anzahl an Referenzpunkten würde das Ergebnis homogener über die Fläche verteilt werden. Generell ist erkennbar, dass sich die zu visualisierenden Subjekte näher an ihrer tatsächlichen Lokalisation befinden.

3) Visualisierung kontinuierlicher Daten

In Bezug auf die Visualisierung kontinuierlicher Daten kann gesagt werden, dass hier bei der Datenbasis unterschieden werden muss. Liegen die Daten in Form von flächenhaften Verteilungen, wie bei der Choroplethenkarte, vor so können bei der TGM auch nur diese als Basis verwendet werden. Jedoch können durch die Rasterung Gebiete mit niedrigen Werten bzw. ohne Werte identifiziert werden und somit zumindest innerhalb der administrativen Einheit der Verdacht auf eine homogene Verteilung im Raum beseitigt werden. Sollten die Daten in Form von Punktdaten vorliegen, so werden sie auf die Rasterzellen aggregiert. Im Prinzip werden sie auch auf eine Fläche aggregiert, jedoch ist diese Fläche geringer und homogener im Raum verteilt als bei Choroplethenkarten. Dadurch ergibt sich eine wahrheitsgetreue Visualisierung kontinuierlicher Daten. Dieser Punkt ist primär von der Datenlage abhängig, jedoch ist zu sagen, dass die TGM eine wahrheitsgetreuere Visualisierung von kontinuierlichen Daten aufgrund der rasterbasierten Darstellung zulässt.

4) Innerregionale Variation der Daten

Das Problem der innerregionalen Variation der Daten kommt besonders bei der Wahl großer administrativer Einheiten zum Vorschein. In Österreich bedeutet dies etwa die Visualisierung auf Basis der Länder oder etwa auch auf Basis der Bezirke. Wobei im Vergleich mit der TGM zu erwähnen ist, dass es auch immer eine Problematik der Datenbasis ist und hier auch auf die Vergleichbarkeit geachtet werden muss. Um auf den Datensatz der EU - Wahl Bezug zu nehmen, ist festzuhalten, dass Daten einer administrativen Ebene auch durch eine TGM keine Visualisierung von inneregionalen Variation innerhalb dieser Ebene möglich ist. Nur in Bezug auf die Häufigkeiten kann dies erreicht werden, etwa durch die Visualisierung der absoluten Anzahl an abgegebenen Stimmen. Durch den zusätzlichen Referenzdatensatz kann etwa die Frage beantwortet werden, wo sich viele Objekte einer gewissen Ausprägung befinden und wo weniger. Sollte die Datenbasis Informationen enthalten, wie etwa, dass im Bezirk X die Partei Y die relative Mehrheit erzielte, so kann auch durch die veränderte Visualisierungstechnik keine weitere Information visualisiert werden. Jedoch, ist wie bei der Analyse der Überbetonung von flächenmäßig großer Gebiete bereits erkannt wurde, die Mehrschichtigkeit der TGM ein positiver Faktor im Bezug der Kommunikation der Information. Durch die zusätzlichen Informationen der Referenzpunkte und der Rastererstellen, schafft es diese Technik auch Informationen auf andere Art und Weise mit zusätzlichen Informationen zu transportieren.

5) Absolute vs. Relative Zahlen

Das Problem der Darstellung absoluter Zahl mittels der Choroplethenkarte wurde im Abschnitt 6.1.5.5 bereits ausführlich behandelt. Von Burgdorf (2009) wurde die Beschränkung der Choroplethenkarte auf relative Werte gar als „eine der wichtigsten Regeln in der thematischen Kartographie“ bezeichnet. Stellt man dies nun mit dem Potenzial der TGM gegenüber, ist erkennbar, dass diese wieder, vor allem durch die Rasteraggregation sowie Mehrschichtigkeit als Charakteristikum, hier scheinbar einen Vorteil in Bezug auf die Flexibilität der Darstellung verschiedener Daten gegenüber der Choroplethenkarte, vorweisen kann. Die Thematic Grid Map erlaubt durch die Ausprägungen der graphischen

Variablen mehrere Datenreihen und -formen zu visualisieren. Die Signaturengröße wird dabei durch Absolutwerte repräsentiert. Theoretisch könnte auch die Farbe Absolutwerte repräsentieren, da letztendlich, im Zuge der Datenaufbereitung die Werte auf gleich große Raumeinheiten, die Rasterzellen, aggregiert werden. Das bei der Analyse, der Mängel der Choroplethenkarte, beschriebene Problem wird somit mittels der Eigenschaften der TGM beseitigt. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Technik der TGM eine gewisse Flexibilität bzw. Offenheit bezüglich der Visualisierung und Kombination mehrerer Datenreihen erlaubt. Dies kann als großes Plus angesehen werden, jedoch sei dabei ebenfalls erwähnt, dass sich hiermit die möglichen Fehlerquellen und Manipulationsmöglichkeiten erhöhen, denn mit der erhöhten Flexibilität und der Mehrschichtigkeit steigt auch die Komplexität in der Anwendung. Unbeabsichtigte Manipulation kann in vielen Bereichen passieren und führt zu Misskommunikation.

Durch die Analyse der TGM und dem Vergleich mit Choroplethenkarten konnte weitreichende Erkenntnisse über die Vor- und Nachteile der TGM als Technik erlangt werden. Die Gegenüberstellung der Defizite und Schwächen der Choroplethenkarte mit den Analysen der TGM werden zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen. Auch die aufgestellten Regeln zur Erstellung einer TGM tragen einen Teil zur Beantwortung der Forschungsfrage bei.

9.3 Beantwortung der Forschungs- und Arbeitsfragen

Die Analysen der TGM sowie die Vergleiche zwischen ihnen und den Choroplethenkarten dienen als Basis zur Beantwortung der Forschungsfrage. Bevor die Forschungsfrage beantwortet wird, werden jedoch die untergeordneten Arbeitsfragen behandelt.

Arbeitsfrage 1:

Kann durch die Darstellungsmethode „Thematic Grid Map“ Manipulation und Misskommunikation, wie sie bei Choroplethenkarten durch starre Aufteilung in Raumeinheiten entstehen können, beseitigt werden?

Die Manipulation und Misskommunikation der Choroplethenkarte durch starre Aufteilung in Raumeinheit ist immer einer gewissen Fehlerquelle oder Missachtung von Regeln zuzuschreiben. Die Choroplethentechnik, als in der Kartographie fest verankerte Technik, hat in sehr vielen Anwendungsfällen ihre Berechtigung und kommuniziert auf eine einfache und abstrakte Art Informationen. Bei der TGM werden die Daten auf Basis von gleich großen Rasterzellen visualisiert. Um die Daten auf Rasterzellen zu aggregieren, benötigt es gewisse Vorschritte in der Datenaufbereitung, wodurch diese Technik wiederum als etwas komplexer als die Choroplethenkarte bewertet werden kann. Wenn die Rasteraggregation jedoch erfolgreich durchgeführt wurde, bietet diese Datenbasis mit den aufgestellten Regeln der TGM einen großen Anwendungsbereich. Die Visualisierung der Daten wird durch die Vielzahl an Parameter flexibler und Endprodukte können auf verschiedene Wege gestaltet werden. Etwa durch die Verbindung und Gewichtung mit Referenzpunkten scheint die TGM der Choroplethenkarte bei der realitätsnahen Kommunikation der Daten einen Vorteil zu haben. Um die Arbeitsfrage zu beantworten, lässt sich sagen, dass die TGM das Problem scheinbar beseitigen kann und die Daten an ihrer Lokalisation visualisiert und nicht auf Flächen akkumuliert. Die TGM scheint als könnte sie in dem Prozess der Datenaufbereitung und schließlich der Darstellung dieser, die flächenhafte Visualisierungstechnik der Choroplethenkarte aufbrechen und Informationen dort visualisieren, wo sie lokalisiert sind. Die Frage, welche in der Kartographie und der gesamten Geographie eine Grundsatzfrage ist: „Wo befindet sich etwas?“ lässt sich mittels der TGM, vor allem im kleinräumigen Bereichen unter Voraussetzung einer geeigneten Grundkarte, ganz klar deutlicher beantworten.

Arbeitsfrage 2:

Welche Vor- und Nachteile weißt die Darstellungsmethode TGM, hinsichtlich der Repräsentierbarkeit der Daten und dem Erkenntnisgewinn des Nutzers, im Vergleich zur klassischen Choroplethenkarte auf?

Die Vorteile hinsichtlich der Repräsentierbarkeit der Daten der Darstellungsmethode TGM, werden in dieser Arbeit durch den Vergleich der Technik mit den Defiziten der Choroplethenkarte evaluiert. Ein großer Vorteil der TGM besteht in der Möglichkeit der Darstellung mehrerer Datenreihen unterschiedlicher Formen. So können etwa absolut, relativ- und qualitative Werte kombiniert werden. Durch diese Kombinationsmöglichkeit

können Daten mit mehreren Informationen geliefert werden und die auf im Zentrum der Rasterzellen lokalisierte Signatur kommuniziert mehrere kombinierbare Sachverhalte. Dies stellt auf jeden Fall eine Erhöhung des Transportes an Informationsgehalt dar, was jedoch nicht unbedingt einen verbesserten Erkenntnisgewinn bedeuten muss, denn zu viel Information und eine überfüllte Karte kann zur Unlesbarkeit führen. Die Beispiele haben gezeigt, dass vor allem die Überlagerung von Signaturen bei der TGM als Problem hinsichtlich der Kommunikation der Daten identifiziert werden konnte.

Arbeitsfrage 3:

Welche Rastergrößen können mit verfügbaren Bevölkerungsdaten gewählt werden, um eine repräsentative Thematic Grid Map zu erstellen?

Die TGM ermöglicht die Berechnung der Rasterwerte ohne Bevölkerungsraasterdaten. Verschiedenen Arbeiten haben zum Ziel, Bevölkerungsdaten auf Rasterbasis geringer Rasterweite zu erstellen. Im derzeitigen Workflow der TGM werden jedoch die thematischen Daten mit eigens erstelltem Raster verbunden. Kleinräumige aktuelle Rasterdaten zur Bevölkerung sind des Weiteren nicht frei verfügbar und ein Workflow, welcher sich auf diese Daten stützt, ist nur eingeschränkt nutzbar. Zukünftige Anpassungen des Workflows, um die Rastererstellung an verfügbare Bevölkerungsraaster anzupassen, um die Verbindung mit weiteren thematischen Daten zu ermöglichen, wird eine Weiterentwicklung der Darstellungsmethode sein und bedeutet wiederum geringere Transformation im Erstellungsprozess. Der Workflow, welcher in dieser Arbeit erstellt wurde, kann jedoch mit Adressdaten sowie Daten jeglicher administrativer Ebene arbeiten. Bezüglich der Repräsentativität ist zu erwähnen, dass je kleinräumiger die Daten zur Verfügung stehen, desto repräsentativer die Ergebnisse sind. Wenn etwa Daten nur auf Ebene von Bezirken zu Verfügung stehen, so sind starke Transformationen von Nöten, um eine TGM zu erstellen. Folglich leidet auch die Repräsentativität sowie der Informationstransport darunter. Zusätzlich muss evaluiert werden, welche finale Aussage die Karte tätigt und ob diese Aussagen aufgrund von großen Transformationen noch zulässig sind.

Arbeitsfrage 4:

Welche optimalen Prozesse gibt es, um einerseits von bestehenden Choroplethenkarten und andererseits von Rohdaten, Thematic Grid Maps zu erstellen?

Der optimale Prozess zu Erstellung der TGM konnte genau definiert werden. Wenn von bestehenden Choroplethenkarte gesprochen wird, kann man unterscheiden, ob die Datenbasis dieser auf administrativer Einheiten noch vorliegen oder ob es sich um historisch Karten handelt. Bei ersterem Fall konnte mittels zusätzlicher Daten den Referenzpunkten zur Rasteragggregation ein Arbeitsablauf definiert werden. Bei historischen Karten ohne Datenbasis werden hingegen ebenfalls Hintergrundinformationen aus den entsprechenden Jahren benötigt. Und selbst dann werden diese Ergebnisse sehr abstrakt und nicht so informativ wie Ergebnisse aus Rohdaten sein. Dennoch würde die Integration einer weiteren Ebene ein reizvolles Ergebnis hervorbringen, um vergleichende Darstellungen zu generieren. In Bezug auf die Erstellung aus Rohdaten wurde erkannt, dass durch die Rasteragggregation mittels Referenzpunkten, die Daten von administrativen Einheiten mittels der TGM visualisiert werden können. Daten, welche durch eine genaue Lokalisation gekennzeichnet sind, etwa Standorte von bestimmten Einrichtungen oder Adressdaten, können in den Erstellungsprozess eingefügt werden und haben einen verkürzten Workflow. Bei Daten dieser Art werden keine Referenzpunkte und keine Verbindung mit diesen benötigt. Mit Daten dieser Art kann sofort und ohne Vorprozesse die Rasteragggregation vollzogen werden. Um noch einmal den optimalen Prozess zu wiederholen, welcher in dieser Arbeit identifiziert wurde, besteht dieser aus den wesentlichen 9 Schritten:

1. Datenbeschaffung
2. Datenaufbereitung
3. Bestimmung der Referenzpunkte
4. Verbindung der Daten mit den Referenzpunkten
5. Rastererstellung
6. Aggregation der Daten auf die Rasterzellen
7. Klassifikation der Daten
8. Kartenerstellung
9. Kartenveredelung

Ob dies der generelle optimale Prozess ist, müssten weitere Forschungen verifizieren. Es gibt auch in diesem Prozess bestimmte Transformationsprozesse, welche durch weitere detaillierte Rechenprozess beseitigt werden könnten. So etwa bei der Aggregation von relativen Daten, welche zu qualitativen Daten abstrahiert wurden. Hierbei geht eine Vielzahl an Information durch die Transformationsprozesse verloren. Dieses Probleme wurde im Abschnitt 7.8, bei der Erläuterung der Rasteragggregation, spezifiziert. Jedoch ist festzuhalten, dass auch diese Prozesse detaillierter und mit geringeren Transformationen durchgeführt werden können.

Forschungsfrage:

Kann die Darstellungsform „Thematic Grid Map“ den Kommunikationsfluss eines Sachverhaltes und den Informationsgewinn des Rezipienten optimieren und sie im Vergleich zur klassischen Choroplethenkarte als verbesserte Darstellungsform bewertet werden?

Die Forschungsfrage kann nur insofern beantwortet werden, als dass die gewonnenen Erkenntnisse bei der Erstellung der TGM mit den charakterisierten Schwächen und Defiziten der Choroplethenkarte gegenübergestellt werden. Dazu dienen zusätzlich die Feststellungen der umfassenden Literaturrecherche. In Kombination mit dem induktiven Forschungsprozess kann aufgrund der Gegenüberstellung indirekt auf den Informationsgewinn des Rezipienten geschlossen werden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die TGM als eine ergänzende Darstellungsform zur bestehenden Technik der Choroplethenkarte angesehen werden kann. In vergleichender Hinsicht konnten durchaus Vorteile bei der Flexibilität der Visualisierung, der Summe an Informationen welche transportiert werden sowie Variation und Beeinflussung der endgültigen Kartenprodukte durch die Vielzahl an Parameter herausgearbeitet werden. Als großer Vorteil gegenüber der Choroplethenkarte konnte weiters die rasterbasierte Darstellung sowie die Möglichkeit des Ausdruckes mehrerer Ebenen mittels einer Signatur festgestellt werden. Auch einige der charakterisierten Defizite der Choroplethenkarte werden durch diese Darstellungsform überwunden. Diese ist in der wissenschaftlichen kartographischen Gemeinde ein wichtiges Anliegen, wie die Weiterentwicklungen und Alternativen der Choroplethenkarte in Kapitel 4.2. gezeigt haben. Das Defizit der Überbetonung großer Gebiete kann etwa durch die genauere Lokalisierung der Datenherkunft überwunden werden, da letztendlich die Signaturen an jenen Orten stärkere Ausprägungen erhalten, an denen auch die Summe der Datenpunkte höher sind. Räumliche Verteilung ist dadurch besser erkennbar und der Fokus wird auf das Wesentliche gerichtet. Weiters ist die TGM nicht auf die Visualisierung von relativen Zahlen beschränkt, wie es die Choroplethenkarte ist. Die Mehrschichtigkeit ist ein wichtiges Charakteristikum in Bezug auf die Kommunikation der Sachverhalte. So können durch Signatur verschiedene Ebenen von Daten kommuniziert werden. Die Verbindung dieser erhöht den möglichen Informationsgewinn des Rezipienten. In Bezug auf die Aufteilung des Untersuchungsgebietes in Raumeinheiten scheint die TGM durch die Rasterbasierte Visualisierung ebenfalls Informationen geringer transformiert zu übermitteln. Dies macht sich auch bei der Visualisierung kontinuierlicher Daten bemerkbar, da die Daten nicht auf die Fläche kumuliert werden scheint die Visualisierung des Sachverhaltes lokale Unterschiede detaillierter zu kommunizieren.

Insgesamt lässt sich die TGM als gelungene Weiterentwicklung und Alternative zu bestehenden Techniken bewerten. Eine weit ausgelegte Befragung mit den Vergleichen verschiedener Darstellungsmethoden, um den tatsächlichen Informationsgewinn der Rezipienten messbar zu machen und gegenüberzustellen, ist für zukünftige Arbeiten und Forschungsthemen ein sehr reizvolles Thema, zur weiteren Optimierung im Bereich der Kommunikation von Sachverhalten mittels der Karte als Medium und den kartographischen Signaturen als Sprache.

10 Ausblick

Die Analysen und Betrachtung der unterschiedlichen Kartenherstellungstechniken sowie der erstellten TGM zeigten aufschlussreiche Erkenntnisse auf. In Verbindung mit dem kartographischen Kommunikationsprozess lassen sich die kartographischen Repräsentationstechniken noch einmal aus einem anderen Blickwinkel beleuchten. Das Zusammenspiel aus Technik, Datahandling, kartographischen Grundprinzipien, Kommunikation und letztendlich auch Ästhetik, kann zu einem wertvollen Produkt führen. Bewusst wird hierbei „kann“ verwendet, da durch das Zusammenspiel dieser Bereiche und der Vielzahl und vorhandenen Parameter auch Fehler und Manipulationen resultieren können, gewollt oder ungewollt, was in eine Veränderung der Informationsgewinnung des Rezipienten resultiert. Der optimale Transport von Information steht im Vordergrund bei der Erstellung einer Karte. Die Thematic Grid Map soll hierfür eine weitere Alternative zur Choroplethenkarte sowie ihren Weiterentwicklungen darstellen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass durch die TGM gewisse Defizite der Choroplethenkarte beseitigt werden können. So wurde durch die Vergleiche erkannt, dass der visuelle Fokus der großen administrativen Einheiten, sich auf die thematischen Schwerpunkte verlagert. Des Weiteren werden die Daten näher an ihrer tatsächlichen Lokalisation visualisiert. Da alle Karten die Frage, wo sich etwas befindet, beantworten möchten, kann dies durchaus als Vorteil gegenüber der klassischen Choroplethenkarte bewertet werden. Die Technik der TGM kann durchaus noch als in den Anfängen in ihrer Entwicklungen bewertet werden, da etwa der Prozess der Rasteraggregation durch präzisere Berechnungen, noch optimiert werden kann. Um weitere Fragen beantworten zu können, werden jedoch weitere Forschungen benötigt. Besonders eine umfassende und repräsentative Befragung der Rezipienten könnte hierbei in Zukunft zu weiteren Erkenntnissen im Bereich des Informationstransportes führen. Primär können folgende Themenbereiche und zukünftige Forschungsaktivitäten genannt werden:

- Steigerung der Repräsentativität durch Verminderung von Transformationen in der Datenaufbereitung.
- Erforschung und Evaluierung weiterer Methoden bezüglich der Rasteraggregation von flächenhaften Daten.
- Evaluierung weiterer Methoden der Generierung von Hintergrundinformationen, die der Rasteraggregation dienen.
- Einbeziehung der Überdeckungsfläche von administrativen Einheiten bei der Aggregation der Daten auf Rasterzellen, um noch genauere Ergebnisse zu erlangen.
- Analyse der Auswirkungen von Rasterdefinitionen auf das finale Kartenprodukt, unter dem Aspekt des Gerrymandering und politischen Aussagen
- Repräsentative Umfrage zur Ästhetik, Wirkung und dem Informationstransport der TGM sowie weiteren Kartentechniken und einer folgenden Gegenüberstellung der Ergebnisse.

Persönlich würde ich die Thematic Grid Map als gelungen Alternative zu vorhandenen Techniken sehen. Wie auch bei weiteren Techniken ersichtlich geworden, hat jede Technik

ihre Stärken und Schwächen, Einsatzbereiche und Momente an denen andere Techniken vorteilhafter sind. Die TGM soll keineswegs als Ersatz oder als Verdränger der Choroplethenkarte angesehen werden. Vielmehr soll diese Technik Einsatzbereiche abdecken, an denen die Choroplethenkarte ihrer Defizite zum Vorschein bringt. Denn letztendlich ist die Karte das Medium, mit dem wir als Kartographen kommunizieren und der Erkenntnisgewinn des Rezipienten sollte bei jedem Produkt an oberster Stelle stehen.

11 Literatur

- ALTENBERG M. und CECON M. (o.D.): Das Kartogramm als Anamorphose; <https://planungskartographie.wordpress.com/das-kartogramm-als-anamorphose/> (22.07.2019)
- ARNBERGER E. (1966): Handbuch der thematischen Kartographie. – Wien.
- ARNBERGER E. (1993): Thematische Kartographie. – Wien.
- ANDERSON L.(2017): Creating Density Maps with FME for Tableau; online 27.04.2017, <https://knowledge.safe.com/articles/43454/creating-density-maps-with-fme-for-tableau.html> (22.07.2019)
- AISCH G.(o.J.): Dot Grid Maps; <https://kartograph.org/showcase/dotgrid/> (22.07.2019)
- Axismaps (Hrsg.)(2017): Cartography Guide - A short, friendly guide to basic principles of map design: Choropleth Maps; <https://www.axismaps.com/guide/univariate/choropleth/> (22.07.2019).
- BAUSZUS D.(2017): UK general elections 2017 results presented as a hex bin map; online 26.08.2017, <https://medium.com/@goldrydigital/uk-general-election-2017-results-presented-as-a-hex-bin-map-cae0c5c15cf8> (22.07.2019)
- BATISTA e SILVA F., GALLEG0 J. Und LAVALLE C. (2017): A high-resolutions population grid map for Europe. – In: Journal of Maps 9 (1), 16-28.
- BÉNICHOU L. (2018): Designing Electoral Maps: Exploring Mapbox GL JS; online 01.10.2018, <https://blog.mapbox.com/designing-electoral-maps-exploring-mapbox-gl-js-a7b7db75bd13> (22.07.2019)
- BERTIN J. (1974): Graphische Semiologie. Diagramme Netze Karten. - Berlin.NewYork.
- BERTIN J. (1982): Graphische Darstellung und die graphische Weiterverarbeitung der Information. - Berlin.NewYork.
- BRADLEY M. (o.J.): Charles Dupin (1784–1873) and His Influence on France: The Contributions of a Mathematician, Educator, Engineer, and Statesman; <http://www.cambriapress.com/cambriapress.cfm?template=4&bid=467>, (22.07.2019)
- Brewer C.A. und Pickle L. (2010): Evaluation of Methods for Classifying Epidemiological Data on Choropleth Maps in Series. – In: Annals of the Association of American Geographers 4 (92), 662-681.
- BURGDORF M. (2009): Kartogramme: aus der Form geraten oder auf den Punkt gebracht?. – In: Informationen zur Raumentwicklung 11 (10), 689-699.
- BURGDORF M. (2010): Dissaggregation von Bevölkerungsdaten mittels ATKIS Basis DLM. – In: Angewandte Geoinformatik 2010 – 22. AGIT-Symposium, 474-483.

- Bundesministerium für Inneres (BMI) (2019): <https://www.bmi.gv.at>, (10.09.2019)
- Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW) (2019): <https://www.bmdw.gv.at>, (10.09.2019)
- CARR D.B., OLSEN A.R. und WHITE D. (1992): Hexagon Mosaic Maps for Display of Univariate and Bivariate Geographical Data. – In: *Cartography and Geographic Information System* 19 (4), 228-236.
- CAUVIN C., ESCOBAR F. und SERRADJ A. (2010): *Thematic Cartography and Transformation*. - London. (= *Thematic Cartography* 1)
- CAUVIN C., ESCOBAR F. und SERRADJ A. (2010): *Cartography and the Impact of the Quantitative Revolution*. - London. (= *Thematic Cartography* 2)
- CAUVIN C., ESCOBAR F. und SERRADJ A. (2010): *New Approaches in Thematic Cartography*. - London. (= *Thematic Cartography* 3)
- CRAMPTON J.W. (2004): GIS and Geographic Governance: Reconstructing the Choropleth Map. – In: *Cartographica* 39 (1), 41-52.
- DEBELLUS D. (2015): Let's Tessellate: Hexagons For Tile Grid Maps; online 11.05.2015, <http://blog.apps.npr.org/2015/05/11/hex-tile-maps.html> (22.07.2019)
- DENT B.D. (1996): *Cartography – Thematic Map Design*. – Dubuque.
- DIXON O.M. (1972): Methods and Progress in Choropleth Mapping of Population Density. – In: *The Cartographic Journal* 9 (1), 19-29.
- DOBSON M.W.(1973): Choropleth Maps Without Class Intervals?: A Comment. – In: *Geographical Analysis* 5(4), 358-360.
- DORLING D. (1996): *Area Cartograms: Their Use and Creation*. – Bristol.
- ESRI (2019): <https://www.esri.com>, (10.09.2019)
- ESRI (Hrsg.)(2019): *Erstellen und Verwenden einer Choroplethen-Karte*;
- FIELD K. (2011): Editorial. Celebrating Jacques Bertin. - In: *The Cartographic Journal* 48 (2), 79-80.
- FIELD K. (2012): Using a binning technique for point-based multiscale web maps; online 08.06.2012, <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-online/mapping/using-a-binning-technique-for-point-based-multiscale-web-maps/?rmedium=redirect&rsource=blogs.esri.com/esri/arcgis/2012/06/08/using-a-binning-technique-for-point-based-multiscale-web-maps>, (17.09.2019)
- FIELD K. (2019): Thematic maps of the 2016 Presidential election (lower 48 states), <https://www.arcgis.com/apps/MinimalGallery/index.html?appid=b3d1fe0e8814480993ff5ad8d0c62c32#> , (10.09.2019)

GAMINO L. (2016): Election maps are telling you big lies about small things; online 01.11.2016, <https://www.washingtonpost.com/graphics/politics/2016-election/how-election-maps-lie/?noredirect=on>, (22.07.2019).

Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA)(Hrsg.)(2017): Thematic Cartography;
http://www.gitta.info/ThematicCart/en/html/TypogrDesign_learningObject4.html
(22.07.2019)

GISGeography (Hrsg.)(2018): Choropleth Maps – A Guide to Data Classification; online 22.02.2018, <https://gisgeography.com/choropleth-maps-data-classification/> (22.07.2019).

GUELKE L. (1976): Cartographic Communication and Geographic Understanding. – In: *Cartographia* 13(2), 129-145.

HAKE G., GRÜNREICH D und MENG L. (2002): *Kartographie*. Berlin - New York.

HAKLAY M.M. und JONES C.E.K. (2011): Reflection Essay: Cartographic Communication and Geographic Understanding. – In: *Classics in Cartography: Reflections on Influential Articles from Cartographica*, 137-146.

HALL S. (2013): Hexbins with D3 and Leaflet Maps; online 1.12.2013, <https://www.delimited.io/blog/2013/12/1/hexbins-with-d3-and-leaflet-maps> (22.07.2019)

Hypertext Preprocessor (PHP) (2019): <https://www.php.net>, (10.09.2019)

IMHOF E. (1972): *Thematische Kartographie*. – Berlin.

INGRAHAM C.(2015): This is the best explanation of gerrymandering you will ever see.; online 01.03.2015, https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/03/01/this-is-the-best-explanation-of-gerrymandering-you-will-ever-see/?utm_term=.721fca8f1045,
(22.07.2019)

International Cartographic Association (ICA) (2019): <https://icaci.org>, (10.09.2019)

JHAMMOND21 (2012): <http://wiki.gis.com/wiki/index.php/User:Jhammond21>,
(10.10.2019)

KIMMERLING A.J., BUCKLEY A.R. und MUEHRCKE P.C.(2016): *Map Use: Reading, Analysis, Interpretation*. – Redlands.

KOLÁČNÝ A. (1969): Cartographic Information – a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. – In: *The Cartographic Journal* 6(1), 47-49.

KORYCKA-SKORUPA J. und PASLAWSKI J. (2017): The beginnings of the choropleth presentation. – In: *Polish Cartographical Review* 49(4), 151-162.

KRIZ K. (2013): Maps and Design–Influence of Depiction, Space and Aesthetics on Geocommunication. – In: *Understanding Different Geographies, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 9-23.

- KRIZ K., CARTWRIGHT W. und HURNI L. (2010): Mapping Different Geographies. – London.
- LUBER S. (2017): Was ist PHP?; online 14.02.2017, <https://www.dev-insider.de/was-ist-php-a-578773/>, (17.08.2019).
- MACHEACHRAN A. M. (1979): The evolution of thematic cartography / A research methodology and historical review. – In: The Canadian Cartographer (16), 17 -33.
- MACNAMARA A. und LUNZER A. (2016): Exploring the effects of spatial aggregation. – In: VPRI Research Note RN-2016-001, 1-9.
- MARTIN D. (1989): Mapping Population Data from Zone Centroid Locations. – In: Transactions of the Institute of British Geographers 14 (1), 90-97.
- MAPYRUS (2019): <http://mapyrus.sourceforge.net>, (10.09.2019)
- McNEIL G. und HALE S.A.(2017): Generating Tile Maps. – In: EUROGRAPHICS 36(3), 435-445.
- MONMONIER M. (1996): How to Lie with Maps. – Chicago.
- MONTELLO D.R. (2002): Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. – In: Cartography and Geographic Information Science 29 (3), 283-304.
- MORITA T. (2011): Reflections on the Works of Jacques Bertin: From Sign Theory to Cartographic Discourse. - In: The Cartographic Journal 48 (2), 86 - 91.
- PERIN C., FEKETE J.D. und DRAGICEVIC P. (2018): Jacques Bertin's legacy in information visualization and the reorderable matrix. Cartography and geographic information science.
- PETCHENIK B.B. und ROBINSON A.H. (1975): The Map as a Communication System. – In: The Cartographic Journal, 12(19), 7-15.
- PREOBRAZENSKIJ, A.I. (1956): Ökonomische Kartographie. – Gortha.
- QGIS (2019): <https://www.qgis.org>, (10.09.2019)
- ROBINSON A.H. (1982): Early Thematic Mapping in the History of Cartography. – Chicago.
- ROMANO Z.(2015): Data Visualization Strategies Using Tile Grid Maps; online 03.11.2015, <https://www.gislounge.com/data-visualization-strategies-using-tile-grid-maps/>, (22.07.2019).
- ROBERT ROSSO (2019): https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Rosso_Robot, (12.10.2019)

- sayitvisually (Say It Visually, Inc.)(Hrsg.)(2013): DOT GRID MAPS: SIMULTANEOUS COMPARISONS MADE EASY; online 24.07.2013, <http://www.sayitvisually.com/blog/2013/7/24/dot-grid-maps-simultaneous-comparisons-made-easy> (22.07.2019)
- SCHÖLEY J. (2018): Bubble-grid-maps; online 30.06.2018, <http://jschoeley.github.io/2018/06/30/bubble-grid-map.html> (22.07.2019)
- SHAW T. (2016): Good Data Visualization Practice: Tile Grid Maps; online 27.04.2016, <https://www.forumone.com/ideas/good-data-visualization-practice-tile-grid-maps-0/> (22.07.2019)
- SKOWRONNEK A. (Hrsg.) (2015): Beyond choropleth maps: A review of techniques to visualize quantitative areal geodata; <http://alsino.io/beyond-choropleth-maps-a-short-review-paper>, (22.07.2019)
- SLOCUM T.A., McMASTER R., KESLLER F.C. und HOWARD H.H.(2005): Thematic Cartography and Geovisualization. - Upper Saddle River.
- SMITH N. (2012): Binning: An alternative to Point Maps; online 25.05.2012, <https://blog.mapbox.com/binning-an-alternative-to-point-maps-2cfc7b01d2ed>, (22.07.2019)
- SPECKMANN B. und VERBEEK K. (2010): "Necklace maps," Visualization and Computer Graphics. – In: IEEE Transactions 16(6), 881–889.
- Spektrum (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH) (Hrsg.)(2001): Lexikon der Kartographie und Geomatik: Choroplethenkarte; <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/choroplethenkarte/739> (22.07.2019)
- Statistik Austria (2019): www.statistik.at, (10.09.2019)
- The R Project (R) (2019): <https://www.r-project.org> (10.09.2019)
- TÖPSCH S. (2006): Räumliche Disaggregation von Bevölkerungsdaten: GIS-gestützte Methoden zur Erstellung eines Deutschland-Rasters der kleinräumigen Bevölkerungsdichte. – Master Thesis, Paris Lodron-Universität Salzburg, Salzburg.
- WAGNER C. (2013)(Hrsg.): Johannes Itten und die Moderne: Beiträge eines wissenschaftlichen Symposiums. – Ostfildern-Ruit.
- WANDERSEE J.H. (1990): Concept Mapping and the Cartography of Cognition. – In: Journal of research in science teaching 27 (10), 923-936.
- Welt (WeltN24 GmbH)(Hrsgb.)(2016): Warum gibt es in Michigan noch kein Ergebnis?; online 13.11.2016, <https://www.welt.de/politik/ausland/article159472318/Warum-gibt-es-in-Michigan-noch-kein-Ergebnis.html>, (22.07.2019).

WONKA E., KAMINGER I. und KATZLBERGER G. (2009): Regionalstatistische Auswertungen mit geographischen Rastern in der Raumplanung. – In: Informationen zur Raumentwicklung 10(11), 661-675

WONKA E. und STROBL J (Hrsg.) (2010): Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten. – Salzburg.

ZHOU M., TIAN J., XIONG F. und WANG R. (2017): Point grid map: a new type of thematic map for statistical data ssociated with geographical points. - In: Cartography and Geographic Information Science 44 (5), 347-389.

Ich versichere:

- dass ich die Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- dass alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, als solche kenntlich gemacht sind.
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Datum

Unterschrift