



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„GIS-basierte Standort- und Potenzialanalyse zur
Planungsoptimierung für den weiteren Ausbau der
öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt-Wien“

verfasst von / submitted by

Robert Ahm, BSc

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

Wien, 2021 / Vienna 2021

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

A 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. Andreas Riedl /
degree(s) first name family name

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während des Anfertigungsprozess dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Ass.-Prof. Mag. Dr. Andreas Riedl, der meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktiven Feedbackrunden während der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ich danke auch dem Leiter des Infrastrukturteams und Abteilungsleiter Stellvertreter der TNM- Geschäftsentwicklung E-Mobility in der Wien Energie GmbH, Herrn DI Paul Gredler-Oxenbauer, B.A., der meine Ansprechperson für themenspezifische Inhalte und benötigte (nicht öffentlich zugängliche) Datensätze war und mir ausführliche Informationen dazu zur Verfügung gestellt hat. Bedanken möchte ich mich dabei auch für die zahlreichen interessanten Debatten rund um die Thematik der Elektromobilität.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich in jeglicher Hinsicht, sei es mental oder finanziell immer wieder unterstützt haben.

Abschließend möchte ich mich noch recht herzlich bei meiner Freundin Karoline Lammer für das Korrekturlesen meiner Masterarbeit und vor allem für die emotionale und moralische Unterstützung während der Umsetzungsphasen zu dieser Masterarbeit bedanken.

Robert Ahm

Wien, 03.08.2021

Inhalt

Inhalt.....	iii
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	xii
Abkürzungsverzeichnis	xiii
Kurzfassung	xvi
Abstract	xvii
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Relevanz der Arbeit.....	2
1.3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Umsetzung	3
2 Elektromobilität und E-Ladeinfrastruktur	5
2.1 Elektromobilität und Elektrofahrzeuge	5
2.2 Ladesysteme und E-Ladeinfrastruktur	6
2.3 Standort- und Einflusskriterien zur Errichtung und Positionierung von öffentlichen E-Ladstationen	9
2.4 Öffentliche E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien	13
3 GIS- spezifische Grundlagen, Methoden und Software	17
3.1 Geographische Informationssysteme	17
3.1.1 GIS-Software	18
3.1.2 GIS-Softwareprodukte	19
3.1.3 Geodaten-Management-Werkzeug FME.....	23
3.2 Netzwerkdatensatz und Netzwerkanalysen	25
3.3 Network Analyst von ArcGis-Pro	29
3.3.1 Netzwerktypen.....	30
3.3.2 Toolsets.....	30
3.3.2.1 Routen-Analyse-Layer	31

3.3.2.2 Analyse-Layer für Vehicle-Routing-Problem	32
3.3.2.3 Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse-Layer.....	33
3.3.2.4 Einzugsgebiet-Analyse-Layer	34
3.3.2.5 Location-Allocation-Analyse-Layer.....	36
3.4 Räumliche Analysefunktionen und Ermittlung von Standort-Potenzialen	40
3.4.1 Buffer-Funktionen	40
3.4.2 Boundary-Funktionen.....	41
3.4.3 Overlay-Funktionen.....	42
3.4.4 Ermittlung von Standortpotenzialen.....	43
4 Softwarewahl und Datenbasis.....	44
4.1 Softwarewahl.....	44
4.2 Anforderungen an die Datenbasis	45
4.3 Datenbasis und -Quellen	48
4.3.1 OGD-Datensätze.....	49
4.3.2 Daten der MA 23 und der Statistik Austria	52
4.3.3 Wien Energie GmbH Datensätze.....	53
5 GIS-basierte Standort und Potenzialanalyse	54
5.1 Arbeitsablauf	54
5.2 Datenverarbeitung und -strukturierung	57
5.2.1 Aufbereitung der Realnutzungsdaten	57
5.2.2 Aufbereitung der Bevölkerungsprognosezahlen	61
5.2.3 Aufbereitung der E-Ladestandorte- und Auslastungsdaten.....	63
5.2.4 Aufbereitung des Kraftfahrzeugbestands (E-PKW und PKW)	66
5.3 Erhebung von technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von E-Ladestationen in der Stadt Wien	69
5.3.1 Erreichbarkeitsanalyse.....	69
5.3.2 Erhebung geeigneter Verkehrsflächen.....	72
5.3.2.1 Verwendete Datensätze zur Erhebung geeigneter Verkehrsflächen	72

5.3.2.2	Herangehensweise und Erhebungsmethode	75
5.3.2.3	Erhebung geeigneter Verkehrsflächen.....	77
5.3.3	Strukturierung geeigneter Verkehrsflächen.....	88
5.3.3.1	Verwendete Datensätze zur Strukturierung der geeigneten Verkehrsflächen.....	88
5.3.3.2	Eingrenzung der geeigneten Verkehrsflächen	88
5.3.3.3	Identifizierung von räumlichen Konzentrationen der geeigneten Flächen	93
5.3.3.4	Strukturierung der Attributinformationen	96
5.4	Ermittlung „idealer“ Standorte	98
5.4.1	Verwendete Datensätze zur Ermittlung „idealer“ Standorte	99
5.4.2	Erweiterung der benötigten Datensätze	99
5.4.3	Eingrenzung „idealer“ Standorte	107
5.4.3.1	Generierung einer „idealen“ LS-Abdeckung anhand der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen.....	107
5.4.3.2	Kennzeichnung der ausgewählten Standorte	112
5.4.3.3	Erreichbarkeitsanalysen zu den ausgewählten Standorten	114
5.4.3.4	Berechnungen relevanter Durchschnitte und Finalisierung der Analysedatensätze	115
6	Zusammenfassung und Ergebnisse	117
	Zusammenfassung	117
	Analyseergebnisse und -interpretationen.....	123
7	Fazit.....	133
8	Literatur	134

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gegenüberstellung des Typ-2- und des CSS-Stecker und deren Ladeleistungen eigene Darstellung nach <i>BFP 2020:online</i> ;	6
Abb. 2: Prognose zur Entwicklung der E-Autos in Wien (2015-2030), Szenarien der Hochlaufzahlen reiner E-Pkws Wien 2015-2030 (<i>PFAFFENBICHLER, P. et al.</i> <i>2018:7</i>);	10
Abb. 3: Anzahl der werktäglichen E-Pkw-Fahrten mit Ziel in einem Wiener Zählbezirk je Hektar Bauland im Jahr 2030 (<i>PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:13</i>);	11
Abb. 4: Entwicklung der E-Autos in Wien, Prognose bei politischer Förderung und forciertem Ausbau der Ladeinfrastruktur, Auftragsgrafik von Wien Energie GmbH erstellt von der APA (<i>GREDLER-OXENBAUER, P. 2017:1</i>);	13
Abb. 5: Beispielbild einer E-Ladestation in der Stadt Wien mit 2 Ladepunkten, 500. E- Ladestelle in Wien in Betrieb genommen, Foto von Martin Lusser (<i>FORMFAKTOR 2020:online</i>);	15
Abb. 6: Komponenten eines digitalen Informationssystems nach <i>LANGE, DE N.</i> <i>2020:374</i> ;	18
Abb. 7: wesentliche Komponenten der FME-Workbench (<i>FME[c] 2021:online</i>);	24
Abb. 8: Straßennetz, dargestellt in Kombinationen aus Knoten-Punkten und Kanten (<i>BALLAS, D. et. al. 2018:72</i>);	25
Abb. 9: Kürzester Weg zwischen zwei Routen (<i>LANGE, DE N. 2020:414</i>);	27
Abb. 10: Ergebnis einer Netzwerkanalyse zur Berechnung von Einzugsgebieten um Einrichtungen in Form von Liniensegmenten (<i>LANGE, DE N. 2020:415</i>);	28
Abb. 11: Ergebnis einer Netzwerkanalyse zur Berechnung von Einzugsgebieten um Einrichtungen (<i>BALLAS, D. et. al. 2018:76</i>);	28
Abb. 12: Schematische Darstellung zu einer Route mit definierten Stopps (A) und einer Route mit einer optimierten Stoppreihenfolge zur Reduzierung der Gesamtfahrzeit (Rundreiseproblem) (B), (<i>ESRI[k] 2021:online</i>);	31
Abb. 13: Beispiel zu mehreren Routen in einer Analyse, (<i>ESRI[k] 2021:online</i>);	32
Abb. 14: Beispiel eines Ergebnis zu einer Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse, (<i>ESRI[o]</i> <i>2021:online</i>);	34
Abb. 15: Fünf-Kilometer-Puffer (Kreis) im Vergleich zu einem 5-Kilometer- Einzugsgebiet (unregelmäßiges Shape im Kreis), (<i>ESRI[i] 2020:online</i>);	35
Abb. 16: Generieren von Pufferzonen, (<i>LANGE, DE N. 2020:402</i>);	41

Abb. 17: Verarbeitung von Grenzen (Boundary-Funktionen), (LANGE, DE N. 2020:402);	41
Abb. 18: Räumliche Überlagerungs- oder Verschneidungsfunktionen (Overlay-Funktionen), (LANGE, DE N. 2020:403);	42
Abb. 19: Schematischer Arbeitsablauf zur grafischen Veranschaulichung der Arbeitsabläufe in dieser Standort- und Potenzialanalyse, eigene Darstellung, 2021;	56
Abb. 20: Screenshot zu den 11 Nutzungskategorien aus der Gliederungsebene Nutzung_L0 der Realnutzungskartierung 2018, eigene Darstellung, 2021;	58
Abb. 21: Screenshot zur SQL-Abfrage der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete über die Anwendung Create-Virtual-Layer in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	59
Abb. 22: Selektion der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete aus der SQL-Abfrage (Create-Virtual-Layer) zur Realnutzungskartierung von 2018, eigene Darstellung, 2020;	59
Abb. 23: Übersichtskarte zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten aus NUTZUNG_L1 der Realnutzungskartierung von 2018, eigene Darstellung, 2021;	60
Abb. 24: Ausschnitt zur erweiterten Attributtabelle der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten (WGKM_GEB_Bev.shp) mit den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020 in Qgis, 2021;	63
Abb. 25: Attributtabelle der bereinigten Shapefile-Datei zu den 319 E-Ladestationen in Qgis, 2020;	64
Abb. 26: Erweiterte Attributtabelle des erstellten Datensatz zu den 319 E-Ladestationen in Qgis, 2020;	65
Abb. 27: Übersichtskarte zu den 319 E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dezember 2019), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro 2021;	65
Abb. 28: Screenshot zur Veranschaulichung der Rohdatenstrukturierung aus dem Datensatz zu den Neuzulassungszahlen von 2015-2020, eigene Darstellung, 2020;	67
Abb. 29: Übersichtskarte zu den Erreichbarkeiten (400 Meter) aller E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dez. 2019), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;	70
Abb. 30: Detailausschnitte zur Erreichbarkeitsanalyse von bereits bestehenden E-Ladestationen in Form Liniensegmenten (ober Abbildung) und Polygonen (untere Abbildung), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;	71
Abb. 31: Auszug der Attributtabelle des LINEAREUSE_OGD Datensatz, eigene Darstellung der Attributtabelle über Qgis, 2021;	73

Abb. 32: Übersichtskarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;.....	74
Abb. 33: Detailkarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;	74
Abb. 34: Übersicht der gesamten FME-Prozesskette zur Erhebung der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von Stadt Wien E-Ladestationen, eigene Darstellung über FME, 2021;	77
Abb. 35: FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 1), eigene Darstellung über FME, 2021;	78
Abb. 36: Übersichtskarten zu den erhobenen Parkstreifen und Fahrbahnstreifen von Wien aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;	80
Abb. 37: Detailausschnitt zu den generierten linken und rechten Fahrbahnbegrenzungs- linien, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;	81
Abb. 38: Grafik zur Eingrenzung von Parkstreifen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz zu freien Stromnetzkapazitäten, eigene Darstellung über Qgis, 2021;	83
Abb. 39: Ergebnis zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen aus dem ersten Teil der FME-Prozesskette, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;	84
Abb. 40: FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 2), eigene Darstellung über FME, 2021;	85
Abb. 41: Übersichtskarte zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL_1_2), eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;.....	86
Abb. 42: Detailkartekarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL 1 und 2) über die erstellte FME-Prozesskette, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;.....	87
Abb. 43: Anwendung des <i>Points Along Geometry</i> -Werkzeug zu den jeweiligen Datensätzen LS_TECH_PARK_KL_1 (obere Abbildung) und LS_TECH_PARK_KL_2 (untere Abbildung), eigene Darstellung über Qgis, 2021;	89
Abb. 44: Übersichtskarte zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des <i>Points Along Geometry Werkzeug</i> , eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;.....	90

Abb. 45: Detailansicht zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des Points Along Geometry Werkzeug, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;	91
Abb. 46: Übersichtskarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS, eigene Darstellung mit ArcGis-Pro, 2021;	92
Abb. 47: Detailkarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;	92
Abb. 48: Übersichtskarte zu den finalen Punkten des LS_PARK_1_POINTS.shp und im LS_PARK_2_POINTS.shp, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;	93
Abb. 49: Anwendung des DBSCAN-Clustering-Werkzeugs zur Zusammenfassung der LS_PARK_1_POINTS (linke Abbildung) und LS_PARK_2_POINTS (rechte Abbildung) in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	94
Abb. 50: Auszüge aus den Attributtabelle der neu benannten Datensätze LS_PA_1_POINTSCLU.shp und LS_PA_2_POINTSCLU.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	95
Abb. 51: Auszug der zwischenzeitlichen Attributtabelle der LS_PA_1_POINTSCLU in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	96
Abb. 52: Anwendung des Join Attributes by Location Werkzeug zu den LS_PA_1_POINTSCLU und den LS_PA_2_POINTSCLU in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	97
Abb. 53: Auszüge aus den neu strukturierten Attributtabelle des LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und des LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	98
Abb. 54: Anwendung des Count Points in Polygon Werkzeug zur Zählung der Punkte im LS_PA_1_POINTSCLU.shp und die LS_PA_1_POINTSCLU.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021	100
Abb. 55: Ergebnisattributtabelle zum neu benannten und erstellten Datensatz LS_PA_1_2count_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	101
Abb. 56: Attributtabelle zum zwischenzeitlichen Datensatz LS_PA_count_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	101
Abb. 57: Auszug aus der erweiterten Attributtabelle zum zwischenzeitlichen Ergebnisdatensatz LS_PA_count_BEZ_all.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	102
Abb. 58: Auszug aus der Attributtabelle des bereits erstellten WGKM_GEB_Bev.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	103

Abb. 59: Anwendung des Werkzeug <i>Aggregate</i> zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis, eigene Darstellung, 2021;.....	104
Abb. 60: Ergebnisattributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis, eigene Darstellung, 2021;.....	104
Abb. 61: Anwendung des Werkzeug <i>Aggregate</i> zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke, eigene Darstellung, 2021;.....	105
Abb. 62: Attributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke, eigene Darstellung, 2021;	106
Abb. 63: Auszug aus der Attributtabelle des zwischenzeitlich erstellten Datensatz POTanalyse_final.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;	106
Abb. 64: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und den erhobenen, potenziell geeigneten Standorten LS_PA_1, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;	108
Abb. 65: Anwendungen zum Import der benötigten Einrichtungsstandorte (links) und der Bedarfspunkte (rechts) in den Location Allocation Analyse Layer in ArcGis-PRO, eigene Darstellung, 2021;	109
Abb. 66: Parametereinstellungen zur Durchführung der Location Allocation Analysen in ArcGis-PRO, eigene Darstellung, 2021;.....	110
Abb. 67: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 181 erhobenen „idealen“ Standorte, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;.....	111
Abb. 68: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 224 „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;.....	112
Abb. 69: Auszug zum Inhalt der Attributtabelle des LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp in Qgis, 2021;.....	113
Abb. 70: Auszug aus der erweiterten Attributtabelle des POTanalyse_final.shp in Qgis, 2021;	113
Abb. 71: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019), Erweiterung durch die 181 „idealen“ Standorte und die „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung in ArcGis-PRO, 2021;	114
Abb. 72: Inhalt des finalen Datensatz POTanalyse_final.shp, eigene Darstellung über Qgis, 2021;.....	116

Abb. 73: Heatmap zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen im Februar 2020, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;.....	124
Abb. 74: Säulendiagramm zur Anzahl der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez 2019) und der erhobenen 181 „ideal“ Standorte (KL. 1) zur Erweiterung in den Bezirken, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;	126
Abb. 75: Übersichtskarte zu den 319 öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) und der Verteilung zu den 181 „ideal“ Standorten, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;.....	127
Abb. 76: Balkendiagramm zur Anzahl der bestehenden öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019), der erhobenen 181 "ideal" Standorte (KL. 1) und zur Erweiterung durch die "effizient möglichen" Standorte, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;	128
Abb. 77: Übersichtskarte zur Abdeckung durch die 319 bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) mit den erhobenen 181 „ideal“ Standorten und einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;.....	129
Abb. 78: Übersichtskarte zur Abdeckung der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien, den erhobenen 181 „ideal“ Standorten, einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte und zu den technisch geeigneten Standorte KL. 2, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;.....	130

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Differenzierung der Ladesäuleninfrastruktur nach der Systematik von HELBIG, M. 2015 (LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19);.....	8
Tab. 2: Beispieltabelle zum Ergebniss einer Messung von Entfernungen zwischen mehreren Paarpunkten, (ESRI[k] 2021:online);	32
Tab. 3: Auflistung zu den analyserelevanten Datensätze, eigene Tabelle 2020;	48
Tab. 4: Tabelle zu den zwei ausgewählten Nutzungskategorien aus der Spalte zur NUTZUNG_L0 in der Realnutzungskartierung 2018 von Wien, eigene Tabelle, 2020;	58
Tab. 5: Tabellenauszug aus der Bevölkerungsprognose von 2014 bis 2024 auf Zählbezirksebene nach Altersgruppen und Geschlecht, eigene Darstellung, 2021;	61
Tab. 6: Auszug aus der bereinigten Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020 auf Zählbezirksebene, eigene Darstellung, 2021;	62
Tab. 7: Finale Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen für 2020, eigene Darstellung, 2021;	63
Tab. 8: Beispielzeile aus der Attributtabelle zur Verknüpfung der E-Ladestandorte und der Auslastungszahlen, eigene Tabelle, 2020;	66
Tab. 9: Ergebnistabelle zur Berechnung der Neuzulassungszahlen (2015-2019) an rein elektrisch betriebenen PKWs und Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) pro Bezirk in Wien, eigene Tabelle, 2020;	68
Tab. 10: Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken in Wien 2019 in Microsoft Excel nach MA 23 2020: online;.....	68
Tab. 11: Gesamttabelle zu den E-PKW- und PKW Anzahlen nach Bezirken in Wien 2019, eigene Darstellung in Microsoft Excel, 2020;	69
Tab. 12: Auswertungstabelle zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen auf Ebene der Bezirke im Februar 2020, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;	123
Tab. 13: Auswertungstabelle zu den technisch und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen zur Erweiterung der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;.....	125
Tab. 14: Erweiterte Informationen zu den ausgewählten Klasse 1 Standorten und Parkstreifen, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;	131

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AC	Alternating Current
AKH	Allgemeines Krankenhaus der Stadt Wien
BEÖ	Bundesverband für Elektromobilität von Österreich
CAD	Computer Aided Design
CGIS	Canada Geographic Information System
CLI	Canada Land Inventory
CSS	Combined Charging System
CSV	Comma-separated-values
DC	Direct Current
DXF	Drawing Interchange File
E-PKW	Elektro-Personenkraftwagen
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETL	Extrakt, Transform, Load
EVAP	Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation
EVSEID	Electric Vehicle Supply Equipment Identifier
FME	Feature Manipulation Engine
FOSS	Freie- und Open-Source-Software
GEO-JSON	Geo-JavaScript Object Notation
GIP	Graphenintegrations-Plattform
GIS	Geographische Informationssysteme
GK	Gaus Krüger

GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GML	Geography Markup Language
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
gvSIG	Generalitat Valencia Sistema de Información Geográfica
ha	Hektar
HSDA	Hardware, Software, Daten und Anwender
IBM	International Business Machines Corporation
ID	Identifizier
IDF	Intermediate Data Format
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
LP	Ladepunkt
LS	Ladestation
LT-V	Ladepunkte und Tankstellen - Verordnung
LIS	Ladeinfrastruktur
LKW	Lastkraftwagen
M1	Personenkraftwagen (PKW)
MA	Magistratsabteilung
MGI	Militärgeographisches Institut
OGD	Open Government Data
PKW	Personenkraftwagen
POI	Point of Interest
POIs	Points of Interest

Qgis	Quantum GIS
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SS:mm:ss	Stunden:Minuten:Sekunden
SHP	Shapefile
SQL	Structured Query Language
STEP	Stadtentwicklungsplan
Tab.	Tabelle
URL	Uniform Resource Locator
UTF	Unicode Transformation Format
VRP	Vehicle-Routing-Problem
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
.xlsx	Microsoft-Excel-Dokument
XML	Extensible Markup Language
ZIP	Format für verlustfrei komprimierte Dateien (zipper)

Kurzfassung

Von der Stadt Wien wurde im Jahr 2017 die Errichtung eines Basis-Ladenetzes für E-PKWs im öffentlichen Raum beschlossen. Bis Ende 2020 sollten 1.000 neue E-Ladepunkte zur Verfügung stehen. Die Festlegung von öffentlichen E-Ladestandorten wurde dabei auf Basis einer Ausschreibung für die Planung und die Errichtung einer flächendeckenden öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Wien Energie GmbH übertragen. Im Rahmen eines Dienstleistungskonzessionsvertrages wurde die Umsetzung in jeweils drei einjährigen Projektphasen aufgeteilt. Die ersten beiden Projektphasen wurden bereits bis Ende 2019 abgeschlossen. In einer dritten Projektphase sollte der weitere Ausbau erfolgen und vermehrt GIS-basierte Standorterhebungs- und Analyseverfahren in der Planung angewendet werden. Durch diese Masterarbeit sollte ein wesentlicher Beitrag zur Optimierung des Planungsprozesses mittels GIS-basierten Anwendungen geleistet werden, um Ergebnisse daraus in zukünftigen Entscheidungsfindungsprozessen miteinfließen zu lassen. Dazu wird die Thematik Elektromobilität und E-Ladeinfrastruktur, die Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in urbanen Räumen und spezifischere Vorgaben zur E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien einführend dargelegt. Ebenso werden GIS-spezifische Grundlagen, Softwareprodukte und Netzwerkanalysemethoden zur optimalen Standortbestimmung vorgestellt. Der praktische Teil dieser Masterarbeit repräsentiert die Umsetzung der Theorie zur Erreichung des Hauptzieles der Arbeit: Die Identifizierung von potenziell geeigneten Standorten für die Positionierung von weiteren öffentlichen E-Ladestellen in den Stadtgebieten von Wien. Unter Berücksichtigung relevanter Einflusskriterien konnten geeignete Standorte erhoben und über eine Clusterung zusammengefasst werden. Daraus abgeleitet wurden zwei Location-Allocation-Analysen zur Maximierung der Flächendeckung durchgeführt, um ein „*ideales*“ und ein „*effizient mögliches*“ Verteilungsmuster – samt einer möglichen Abdeckung der Stadtgebiete – zu generieren. Zusätzliche Einflussgrößen wie beispielsweise die Auslastungszahlen von bereits betriebenen E-Ladestationen oder die Anzahlen an zugelassenen E-PKWs auf Ebene der 23 Wiener Gemeindebezirke wurden im Zuge der praktischen Umsetzung ebenso eingebunden. Durch den Einsatz GIS-gestützter Datenverarbeitungs- und Analyseprozesse konnte somit eine fundierte Basis für die weitere Planung zum Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien geschaffen werden. Die dritte Projektphase zur Erweiterung der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur wurde mit der Eröffnung des tausendsten E-Ladepunktes im Juni 2021 erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse der vorliegenden Masterarbeit fließen in zukünftige Planungsprozesse für den weiteren Ausbau des öffentlichen E-Ladestationsnetzes der Stadt Wien ein.

Abstract

In 2017 it was decided by the city of Vienna to establish a basic charging network for e-cars in public spaces. By the end of 2020, 1.000 new e-charging points should be available. The establishing of public e-charging locations was assigned to Wien Energie GmbH based on a tender offer for the planning and construction of a comprehensive public e-charging infrastructure. Within the framework of a service concession contract, the implementation was divided into three one-year project phases. The first two project phases were already completed by the end of 2019. In a third project phase, the further expansion should take place and GIS-based analysis methods should be increasingly incorporated into the planning. This master thesis should make a significant contribution to the optimization of the planning process using GIS-based applications, to incorporate the results in future decision-making processes. For this purpose, the topic of electromobility and e-charging infrastructure, the positioning of public e-charging stations in urban areas and more specific specifications for the e-charging infrastructure in Vienna are presented. GIS-specific basics, analysis methods and network analyses for optimal location planning are also presented. The practical part of this master thesis puts the theory into practice, aiming to achieve the main objective of the thesis: the identification of potentially suitable locations for further public e-charging stations in the urban areas of Vienna. In consideration of essential influencing factors, suitable locations could be identified and clustered. Based on this, two location-allocation analyses were conducted to maximize the area coverage. As a result, an "*ideal*" and "*efficiently possible*" distribution pattern could be generated, and a possible coverage of urban areas could be shown. Additional influencing variables such as the electricity consumption values of already operating e-charging stations or the number of e-cars registered in the 23 Vienna municipal districts were also processed and considered during the practical implementation. By using GIS-based data processing and analysis methods, a profound planning base for further expansions of the public e-charging infrastructure in Vienna could be created. The third project phase for the e-charging infrastructure of the City of Vienna was successfully completed with the opening of the 1000th e-charging point at the beginning of June 2021. The findings of this master-thesis will be incorporated into future planning-processes for the further expansion of the public e-charging-station network of the City of Vienna.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die gegenwärtige Diskussion rund um das Themenfeld der Elektromobilität als Alternative zu konventionellen Antriebs- und Mobilitätsformen mit fossilen Brennstoffen in urbanen und Peri-urbanen Räumen gewinnt immer mehr an Bedeutung in der Gesellschaft, der Politik und der Wirtschaft. Vor allem in modernen Großstädten wird die Zukunft urbaner Mobilität als große Herausforderung in den Bereichen Stadtplanung und Verkehrspolitik im Spannungsfeld von wirtschaftlichen, energie- und umweltpolitischen Aspekten und Konflikten um Raumnutzung wahrgenommen.

Die Klima- und Energiestrategie 2020 der Europäischen Kommission schreibt beispielsweise eine rechtsverbindliche Senkung der Treibhausgasemissionen aller Mitgliedsstaaten der Europäischen Union um 20% gegenüber dem Stand von 1990 vor. Ebenfalls verbindlich festgelegt wurde eine Verbesserung der Energieeffizienz um 20%, sowie ein Anteil an erneuerbaren Energiequellen von 20% für denselben Zeitraum. Eine weiterführende Zielvorgabe der Klima- und Energiepolitik der EU ist eine Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40% für den Gesamtzeitraum von 1990 bis 2030 (vgl. *EUROPÄISCHE KOMMISSION 2014:2-6*).

Die vorgegebenen Ziele und Strategien sollen international sowie auch national dazu beitragen, den Ausbau und die Erweiterung der öffentlichen Verkehrsnetze sowie die Bereitstellung der benötigten infrastrukturellen Einrichtungen für alternativen Antriebsformen wie Elektromobilität weiter zu forcieren. Eine effiziente Erweiterung und der Ausbau von bereits bestehenden E-Ladestationen zu einer flächendeckenden E-Ladeinfrastruktur ist dabei auch ein unausweichlicher Faktor für eine Transformation im Mobilitätsbereich, um in weiterer Folge auch den Treibhausgasausstoß im Verkehrssektor zu reduzieren und gleichzeitig einen größeren Anreiz zum Kauf von alternativ betriebenen Fahrzeugen zu schaffen. Aus den Verkehrsdaten des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie vom November 2019 geht beispielsweise hervor, dass der Neuzulassungsanteil von E-Fahrzeugen gegenüber konventionellen Antriebsformen wie Benzin oder Diesel in Österreich im Vergleich zu den vorherigen Jahren deutlich angestiegen ist. Den höchsten Anstieg an neuzugelassenen E-Fahrzeugen auf Bundesländerebene in Österreich, Stand November 2019, verzeichnet hierbei Wien, gefolgt von Ober- und Niederösterreich. Der Bestand an E-Autos in Österreich lag im November 2019 bei einer Stückzahl von 28.895 E-PKWs und ist somit um das etwa dreifache angestiegen, im Vergleich zum Jahr 2016 mit 9073 zugelassenen E-Autos (vgl. *BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE 2019; MA 18 2016*).

1.2 Relevanz der Arbeit

Historisch betrachtet wird der Elektromobilität in der Stadt Wien durch deren großen Anteil im öffentlichen Verkehr (S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn und City-Bus) ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Die Grundsätze der Mobilität für die Stadt Wien wurden im Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP 2025) festgelegt (vgl. MA 18 2016).

„Mit der Elektromobilitäts-Strategie legt die Stadt Wien ein Dokument vor, das alle Facetten der Elektromobilität einer Stadt – von der Infrastruktur, den Elektrofahrzeugen bis hin zu den Nutzerinnen und Nutzern – einschließt. Sie zeigt die grundsätzliche Haltung der Stadt Wien zur Elektromobilität und benennt Ziele und Vorschläge für Vorhaben der nächsten Jahre (MA 18 2016:4).“

Das Fachkonzept STEP 2025 beinhaltet die Bereiche Grün- und Freiraum, Mobilität, Hochhäuser, Öffentlicher Raum, Zentren, Produktive Stadt und Energieraumplanung. Zusätzlich zu diesen Fachkonzepten wurde am 23. September 2015 das Detailkonzept der E-Mobilitätsstrategie im Wiener Gemeinderat beschlossen. Diese Strategie sollte vor allem als Anstoß für eine bessere Verknüpfung unterschiedlicher Verkehrsformen dienen und einen flexibleren Umgang mit der Vielfalt an unterschiedlichen Mobilitätsformen regeln. Als Schwerpunkte in der Elektromobilitätsstrategie sind die Maßnahmen zur Elektrifizierung von Fahrzeugflotten und der Ausbau der notwendigen Ladeinfrastruktur festgeschrieben worden. Festgelegt in einer unterstützenden Form und der Vorgabe von Gesetzen, liegt der Ausbau der Ladeinfrastruktur nur zum Teil im Handlungsbereich der Stadt Wien, die dadurch aber wichtige Impulse setzen kann. Beispielsweise bei der Positionierung von E-Ladestationen, die vorrangig im (halb)öffentlichen Raum oder auf privaten Raum (Tankstellen, Parkplätze, Parkgaragen etc.) Platz finden sollen, um eine weitere Einschränkung von öffentlichen Gebieten zu vermeiden. Dabei spielte auch die Positionierung von E-Ladestellen unter der Berücksichtigung der Funktionalität des öffentlichen Raumes, an strategisch sinnvollen Punkten eine wesentliche Rolle. Als strategisch sinnvolle Punkte im öffentlichen Straßenraum werden beispielsweise Mobility Points, E-Taxi-Standplätze, E-Carsharing-Points sowie auch Parkplätze direkt an Straßen genannt. Im Jahr 2017 änderte sich die Einstellung bezüglich des STEP 2025 und es wurde auf Basis eines Gemeinderatsbeschlusses aus dem Jahr 2016, bezüglich der Elektromobilitätsstrategie, eine Dienstleistungskonzession zur Errichtung eines Basis-Ladenetzes für E-Autos im öffentlichen Raum ausgeschrieben. Bis Ende 2020 sollen in der Stadt Wien 1000 neue Ladestellen zur Verfügung stehen und zu 100 Prozent mit Ökostrom betrieben werden (vgl. MA 18 2014:8-11; MA 18 2016; ARCHIVMELDUNG DER RATHAUS-KORRESPONDENZ 2016: online).

Die Stadt Wien hat die Festlegung neuer Standorte für E-Tankstellen im Rahmen eines Dienstleistungskonzessionsvertrages der Wien Energie GmbH übertragen, die diese plant, errichtet und betreibt. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur erfolgt in drei – jeweils einjährigen – Projektphasen. Die Projektphasen I (2018 – Initialausbau mit jeweils 5 Ladestationen je Bezirk) und II (2019 – 200 Zusätzlichen Ladestationen Wien-weit), mit dem Ziel der Errichtung einer flächendeckenden E-Ladeinfrastruktur (als Richtwert gelten

maximal 400 Meter zur nächsten Ladestation im bebauten Stadtgebiet) wurden bereits teilweise abgeschlossen. In einer dritten Projektphase soll nun unter Einbezug unterschiedlicher Nutzungskriterien eine Nachverdichtung und Optimierung dieses E-Ladestationsnetzwerkes erfolgen. Als planerische Einflussfaktoren für den Ausbau der E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien ist die Einbindung des bestehenden Stromnetzes des Stromnetzbetreibers Wiener-Netze GmbH zu nennen. Dabei spielt vor allem die Nähe des Stromnetzes zu geeigneten Parkflächen und die notwendigen Strom Kapazitäten an potenziell neuen Standorten eine wichtige Rolle in der Positionierung von neuen E-Ladestellen. Nutzerrelevante Kriterien – *Erreichbarkeit und Attraktivität eines Standortes* – und anbieterrelevante Kriterien – *elektrotechnischer- und baulicher Aufwand* – sowie auch planerische Hintergründe im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Flächen oder die bauliche Eignung einer Fläche sind ebenso zu berücksichtigen, wie bereits generierte Nutzungsdaten aus der bereits bestehenden E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien. Zur Umsetzung der Projektphase III sollen auch vermehrt GIS-gestützte Auswertungen und Analysen in den Planungsprozess miteinfließen (vgl. GREDLER-OXENBAUER, P. 2017).

1.3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Umsetzung

Das Hauptziel dieser Masterarbeit besteht darin, potenzielle neue Standorte für E-Ladestellen im Wiener Stadtgebiet zu identifizieren. Dies erfolgt einerseits unter Berücksichtigung aller bekannten relevanten Einflussfaktoren – Vorgaben der Stadt Wien, Stromnetzeinbindung, Standortattraktivität, Verfügbarkeit der benötigten Flächen und bereits abgeschlossenen Studien – andererseits – gestützt auf die Auswertung bereits bestehender Ladestationen aus Phase I und II – der Herleitung neuer Standortfaktoren. In weiterer Folge sollen die Ergebnisse dieser Forschung dann als unterstützende Planungsgrundlage in den Entscheidungsfindungsprozess für den weiteren Ausbau der bereits bestehenden E-Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum – Phase III (2020) – herangezogen werden. Anhand von GIS-basierten Analyseverfahren, sollen dabei folgende Fragestellungen untersucht werden:

- *Was sind wesentliche Einflussfaktoren bei der Standortauswahl für öffentliche E-Ladestationen in urbanen Räumen und welche zusätzlichen Anforderungen müssen in der Planung für den weiteren Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien erfüllt werden?*
- *Welche Datensätze eignen sich zur Durchführung dieser Analyse, wie sollen diese aufbereitet werden und welche Probleme können sich dabei ergeben?*
- *Wo befinden sich bereits erfolgreiche Standorte (hohe Auslastung), und wo befinden sich weniger erfolgreiche Standorte (niedrige Auslastung) und welche Erkenntnisse für die Errichtung von weiteren Standorten können daraus abgeleitet werden?*

- Welche Gebiete werden bereits durch die E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien abgedeckt und wo befinden potenziell geeignete Flächen, die den Kriterien zum weiteren Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien bestmöglich entsprechen?

Die Umsetzung dieser GIS-basierten Standort- und Potentialanalyse, soll durch den praktischen Einsatz diverser GIS- und Geodatenmanagement Softwareprodukte – *Arc-Gis-Pro*, *Qgis*, *FME* – und unter Einbezug von weiteren Softwareprodukten wie *Microsoft Excel* und dem frei zur Verfügung stehenden Quellcodeeditor *Notepad++* realisiert werden. Als relevante Datenquellen und Datensätze für die Umsetzung der Untersuchung, sollen frei verfügbare Datensätze vom österreichischen offenen Datenportal (data.gv.at), firmeninterne Daten der Wien Energie GmbH sowie auch sozioökonomische Daten von der Stadt Wien (Magistratsabteilung 33, Statistik Austria) herangezogen werden. Die Eignung und Nutzung der Datenqualität für die Analyse wird im Zuge der Datenrecherche und der Datenaufbereitung auf deren Vollständigkeit und Aktualität geprüft. Auch Erkenntnisse aus bereits bestehenden Studien bezüglich der Standortfaktoren zur optimalen Positionierung neuer E-Ladestationen sollen in die Arbeit einfließen. Potenziell geeignete öffentlichen Standorte sollen dabei bezüglich deren baulichen Eignung erhoben und überprüft werden. Dadurch sollen wesentliche Kriterien wie die Anschluss- und Einbindungsmöglichkeiten an das bestehende Stromnetz, der technische- sowie der wirtschaftliche Aufwand zur Errichtung einer neuen E-Ladestation untersucht werden. Die Vorgabe der Stadt Wien mit einer maximalen Entfernung von 400 m – in dichter bebauten Stadtgebieten – zu bereits bestehenden E-Ladestellen, soll ebenfalls im Analyseprozess berücksichtigt werden. Weiters sollen auch die Auslastungszahlen der bereits bis Ende des Jahres 2019 umgesetzten E-Ladestellen der Stadt Wien berechnet und mitbetrachtet werden, um erhobene und mögliche neue E-Ladestandorte auch diesbezüglich zu betrachten.

2 Elektromobilität und E-Ladeinfrastruktur

In diesem Teil der Arbeit sollen vorerst die Begriffe Elektromobilität und Elektrofahrzeuge näher betrachtet werden. Weiters soll ein Basiswissen zu Ladesystemen, Ladepunkten, den verschiedenen Ladearten samt deren technischen Kategorisierungen vermittelt werden. Daraufgehend sollen wesentliche Standort- und Einflussfaktoren zur Errichtung von öffentlichen E-Ladestationen, anhand von vorangegangenen Studien zu E-Lade-Infrastruktur-Projekten in europäischen Ballungsräumen hervorgehoben werden. Ein spezieller Fokus soll dabei auf die Errichtung *öffentlicher E-Ladeinfrastruktur* und bereits abgeschlossenen Studien dazu gelegt werden. Im speziellen sollen dabei bereits abgeschlossene Studien zur öffentlichen E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien durchleuchtet werden.

2.1 Elektromobilität und Elektrofahrzeuge

Elektromobilität bezeichnet eine Branche, die sich auf Mobilitätsbedürfnisse unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit mit einem Fahrzeug, welches eine tragbare Energiequelle und einen elektrischen Antrieb beinhaltet, der im Grad der Elektrifizierung variieren kann, konzentriert (vgl. SCHEURENBRAND, J. et. al. 2015:25).

Der Begriff der Elektromobilität kann aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden und beinhaltet eine breite Palette an verschiedenartigen Fortbewegungsmitteln auf Straßen, auf Schienen, im Luftfahrtbereich oder in Gewässern. Gegenwärtig wird der Begriff **Elektromobilität** zumeist im Zusammenhang mit dem motorisierten Individualverkehr verwendet (vgl. FÜßEL, A. 2017:7f.).

Der Begriff Elektrofahrzeug bezeichnet nach Art. 2 Nr. 2 der EU-Richtlinie 2014/94/EU ein reines Batteriefahrzeug, dass mindestens durch einen elektrischen Motor betrieben wird und einen extern aufladbaren Stromspeicher beinhaltet (vgl. EUROPÄISCHE UNION 2020:10; LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19).

Allgemein betrachtet werden unter dem Begriff **Elektroautos** – Hybridfahrzeuge, Plugin-Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge mit Range-Extender und Batterieelektrische-Fahrzeuge – verstanden. Es wird auch darauf hingewiesen, dass es im motorisierten Individualverkehr keine einheitliche Festlegung für den umfassenden Begriff **Elektrofahrzeuge** gibt. Von der deutschen Bundesregierung werden beispielsweise alle Fahrzeuge, die eine externe Ladequelle benötigen und von einem Elektromotor betrieben werden, unter dem Begriff Elektromobilität vereint (vgl. FÜßEL, A. 2017:8; BMWI 2020:online).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Begriff **Elektromobilität** im Rahmen dieser Arbeit auf den Bereich des motorisierten Individualverkehrs beschränkt wird.

2.2 Ladesysteme und E-Ladeinfrastruktur

Elektrofahrzeuge verfügen über unterschiedliche Systeme zur Ladung ihrer integrierten Energiespeicher. Demgegenüber stehen zahlreiche Ladeinfrastruktur-Systeme, die über verschiedenste Anschlussmöglichkeiten, Stromarten und Leistungstärken verfügen können. Das sogenannte *konduktive Ladesystem* bezeichnet ein System, bei dem die Batterie über ein Kabel geladen wird. Dieses System stellt auch das am weit verbreitetste Ladesystem für Elektrofahrzeuge. Es beinhaltet verschiedenartige Ladestecker mit entsprechenden Ladebuchsen. Dabei wird zwischen den verwendeten Stromarten – *Wechselstrom (AC-Ladung)* oder *Gleichstrom (DC-Ladung)* – und den daraus resultierenden Lademodus – *Normalladen (AC)* oder *Schnellladen (DC)* – differenziert. Weiters werden die unterschiedlichen Lademodi auch in Bezug auf deren verwendeten Stromquellen, der maximalen Ladeleistung und den Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Fahrzeug und Ladestation unterschieden. Für das Laden in Europa, wurden zwei Steckertypen von der Europäischen Kommission unter einer einheitlichen Steckertypen-Norm definiert. Der sogenannte *Typ-2-Stecker* für das *AC-Normalladen* und der sogenannte *CSS-Stecker* für das *DC-Schnellladen* (vgl. HAMB14 2014:19ff.; LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19f.; AMPERIO 2020:online). Die nachfolgende eigens zusammengestellte Darstellung zur *Veranschaulichung der Steckertypen Typ-2-Stecker und CSS-Stecker* (Abb. 1) nach BFP 2020:online dient zur Veranschaulichung dieser zwei Steckertypen (Typ-2 und CSS) und deren jeweilig möglichen Ladeleistungen in kW.

Veranschaulichung der Steckertypen Typ-2-Stecker und CSS-Stecker

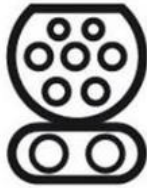
Lade-Art:	AC-Normalladen (Wechselstrom)	DC-Schnellladen (Gleichstrom)
Stecker:	Typ 2 	CCS 
Ladeleistung:	Dreiphasig bis zu 44 kW EU-Standard für AC und DC Stationen	bis zu 350 kW Erweiterter Typ- 2-Stecker

Abb. 1: Gegenüberstellung des Typ-2- und des CSS-Stecker und deren Ladeleistungen eigene Darstellung nach BFP 2020:online;

Zu einer Steigerung der Flächennutzungseffizienz und zur Senkung der Kosten pro Ladepunkt werden öffentlich zugängliche Ladestationen üblicherweise mit zwei Ladepunkten (Ansteckmöglichkeiten) ausgestattet (vgl. HAMB14 2014:22).

„Der Ladepunkt ist der Teil der Ladestation der den Ladeprozess für genau ein Elektrofahrzeug zu einem bestimmten Zeitpunkt durchführt. Ein Ladepunkt kann mehrere Konnektoren (Kabel oder Stecker) haben, jedoch kann nur einer dieser Konnektoren für den Ladeprozess zur selben Zeit verwendet werden (SMPG 2021:1).“

Als öffentlicher Ladepunkt wird laut der EU-Richtlinie Art. 2 Nr. 7 2014/94/EU ein Ladepunkt, der für alle Nutzer diskriminierungsfrei zugänglich ist verstanden. Diskriminierungsfrei in diesem Kontext bedeutet, dass eine Nutzung des Ladepunktes auch ohne Vertrag mit dem Ladestationsbetreiber möglich ist. Des Weiteren beinhaltet die Zulassung der unterschiedlichen Nutzungsarten auch die Anwendung verschiedener Authentifizierungsverfahren und Bezahlungsmöglichkeiten (vgl. EUROPÄISCHE UNION 2020:10; LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19).

In Österreich wird die Richtlinie über eine Verordnung zu technischen Spezifikationen für Ladepunkte und für Tankstellen mit alternativen Kraftstoffangeboten (Ladepunkte- und Tankstellen Verordnung – LT-V) umgesetzt (vgl. RIS 2020:online).

„Im Sinne dieser Verordnung ist ein öffentlich zugänglicher Ladepunkt ein Normalladepunkt oder ein Schnellladepunkt im Sinne des § 2 Z 3 bis Z 6 des Bundesgesetzes zur Festlegung einheitlicher Standards beim Infrastrukturaufbau für alternative Kraftstoffe (RIS 2020:online).“

Zur Identifikation von Ladepunkten und der Verrechnung (z.B. über Roamingtarife) von Ladungen an E-Ladestationen gibt es eine europaweite Vergabe von eindeutigen Identifikationsnummern – *Electric Vehicle Supply Equipment Identifier, EVSEID* – die einem E-Mobilitätsservice-Provider (E-Mobility Account Identifier, EMAID) eines Roamingbetreibers (z.B. Wien Energie GmbH als Betreiber der Stadt Wien E-Ladestationen) zugewiesen wird. Diese muss immer vor Inbetriebnahme einer neuen E-Ladestation beantragt werden (vgl. AMP 2020:online; SMPG 2021:1; LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:86).

Die verschiedenen Lade-Modi und deren Zweck beeinflusst auch die Standortauswahl. *Normalladestationen* eignen sich beispielsweise bei Parkflächen, an denen eine längere Parkdauer über mehrere Stunden beansprucht werden kann. Solche Flächen finden sich zumeist am Heimatstandort (z.B. Nachladen), in Parkhäusern oder an öffentlichen Parkplätzen mit ausreichend hoher Parkerlaubnis. Standorte für *Schnelladestationen* wiederum eignen sich besser in Bereichen mit kürzeren Parkzeiten (halb-öffentliche Standorte). Als Beispiele dafür sind Besucherparkplätze im Einzelhandel, an Tankstellen, bei Autobahnraststätten oder höherrangige Verkehrsknotenpunkte, entlang von Hauptverbindungen zu nennen. Hierbei können durch die höhere Ladeleistung,

beispielsweise bei Langstreckenfahrten, Reichweiten von 100 km in 20 Minuten bei 50kWh Ladeleistung erreicht werden (vgl. *AMPERIO 2020:online*).

Ladeinfrastruktur im Bereich der Elektromobilität kann auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden. Einerseits kommt eine technische Kategorisierung – *Ladepunkt*, *Normalladesäule* und *Schnelladesäule* – zur Anwendung und weiters kann auch zwischen einer Unterteilung in *öffentliche*- und *nicht öffentliche Ladeinfrastruktur* unterschieden werden. Zur Erläuterung des öffentlichen Zugangs, wird *LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:17*, eine Studie der Humboldt Universität zu Berlin herangezogen. Aus dieser geht eine Unterteilung in die Kategorien *private*-, *(halb)öffentliche*- und *öffentliche* Ladeinfrastruktur hervor. In der folgenden Tabelle wird die Differenzierung der Ladeinfrastruktur (LIS) nach der Systematik von *HELBIG, M. 2015* (Tab.1) dargestellt. Die *private Ladeinfrastruktur* (Bsp. eine Wallbox) wird vordergründig einem privaten Nutzer auf dem eigenen Grundstück (Garage, Carport etc.) zugeschrieben. Zur *(halb)öffentliche Ladeinfrastruktur* werden Ladepunkte mit einem öffentlichen Zugang auf einem Privatgrundstück (Bsp. Kunden- oder Firmenparkplätze) verstanden. Infrastruktur im öffentlichen Straßenraum wird als *öffentliche Ladeinfrastruktur* bezeichnet und soll die Möglichkeit eines Zuganges einer unbestimmten Anzahl von Endverbrauchern bieten (vgl. *LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:17-33; HELBIG, M. 2015*).

Differenzierung der Ladesäuleninfrastruktur nach HELBIG, M. 2015

	private LIS	halb-öffentliche LIS	öffentliche LIS
Standort	Privatgrundstück	Privatgrundstück	Öffentlicher Straßenraum
Personenkreis	Begrenzt auf den Eigentümer	öffentlich zugänglich (Beachtung: zivilrechtliche Nutzungsbedingungen des Eigentümers)	öffentlich zugänglich
Beispiele	Wallbox: Garage, Carport etc.	Kunden-, Firmenparkplätze	Normal-, Schnellladesäulen ^a auf öffentlichen Plätzen

Tab. 1: Differenzierung der Ladesäuleninfrastruktur nach der Systematik von *HELBIG, M. 2015* (*LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19*);

Weiters müssen öffentliche Ladesäulen hohe technische Standards (Bsp. Witterungsbeständigkeit, Schutz vor Vandalismus etc.) erfüllen. Die Errichtung einer öffentlichen Ladesäule unterliegt dem landesrechtlichen Straßenrecht und beinhaltet einen aufwändigen Genehmigungsprozess samt der Entwidmung einer öffentlichen Straßenfläche wie beispielsweise die eines Parkplatzes. Auch die Erstellung eines geeigneten Standortkonzepts wird als essenzieller Schritt in der Planung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur erwähnt. (vgl. *LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:17-33; HELBIG, M. 2016*).

Abschließend ist zu erwähnen, dass in dieser Arbeit das Hauptaugenmerk auf der Erweiterung und der Nachverdichtung von **öffentlicher Ladeinfrastruktur**, in Form von

öffentlich zugänglichen **Normalladesäulen** an öffentlichen Parkflächen in der Stadt Wien liegt.

2.3 Standort- und Einflusskriterien zur Errichtung und Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen

In diesem Abschnitt werden wesentliche Standort- und Einflussfaktoren zur Errichtung von E-Ladestationen aus vorangegangenen und bereits abgeschlossenen Studien aus europäischen Ballungsräumen aufgegriffen. Aufgrund der Thematik dieser Masterarbeit wird hierbei der Fokus auf Kriterien zur Umsetzung von städtischen Infrastrukturprojekten mit dem Schwerpunkt auf *AC-Ladepunkte (Normalladen)* gelegt, um diese in der anschließenden Analyse zur Erweiterung und Optimierung der Standortwahl der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen.

Als wichtige Indikatoren und Einflussgrößen zur Abschätzung einer Bedarfsgerechten E-Ladeinfrastruktur wurden im Masterplan zur Weiterentwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Hamburg – *die Entwicklung des Fahrzeughochlaufs für Elektrofahrzeuge samt deren schwerpunktmäßig vertretenen Fahrzeugtechnologien (AC oder DC), die Nutzergruppen von E-Fahrzeugen (Unternehmen in ihren Flotten, private Nutzung, Taxen, etc.), das zu erwartende Ladeverhalten dieser Gruppen, der Lademodus am Standort, die zu erwartende Auslastung der Ladepunkte und der Einfluss des Betreibermodells (vgl. HAMB14 2014:3)* – identifiziert. Aufbauend auf einer Prognose zu den Fahrzeughochlaufzahlen in Hamburg, wurde die Anzahl der Fahrzeuge nach deren unterschiedlichen Nutzergruppen differenziert. Als wesentliche Gruppen mit einer hohen Nutzung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur sind dabei *Private Haushalte ohne eigene Lademöglichkeit* (meist in dichter bebauten Gebieten, in innerstädtischen Bereichen) oder jene *Haushalte mit einer zusätzlichen Nutzung zur privaten Lademöglichkeit* und *Wirtschaftsunternehmen* mit einer Nutzung neben der eigenen Ladestationen zu nennen. Zu den Nutzergruppen mit einer vergleichsweise geringen Nutzung werden kommunale Flotten, free-floating Carsharing (beinhaltet einen definierten Geschäftsbereich zur Anmietung und Abgabe der Fahrzeuge), Konventionelles Carsharing (stationsgebundenes Carsharing) und Taxis in dieser Studie genannt. (vgl. HAMB14 2014:3).

In einer beauftragten Studie mit dem Titel „*Hochlaufzahlen E-Autos in der Metropolregion Wien - Endbericht*“ der Stadt Wien (Magistratsabteilung 33 – WIEN LEUCHTET) und Wien Energie GmbH an das verkehrswissenschaftliche Institut der Technischen Universität Wien wurde unter der Berücksichtigung von internationalen Projekten und deren Flottenmodell, die Entwicklung der Anzahl an zugelassenen E-Autos in der Metropolregion Wien analysiert (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2017 und PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018). Dies erfolgte zum Teil auch aufbauend auf die Studie zur Weiterentwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Hamburg (vgl. HAMB14 2014). Die Bestimmung der zugelassenen E-Autos erfolgte über eine Marktdurchdringung rein elektrisch angetriebener PKWs, auf der räumlichen

Ebene der österreichischen Bezirke. Die Prognose erfolgte in Jahresschritten von 2015 bis 2030 unter der Anwendung von drei Szenarien (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:5ff): „

- *Szenario A: Einstellung der Förderung von E-Mobilität durch die Verkehrs- und Umweltpolitik ab 2016 (Do-Nothing)*
- *Szenario B: Umsetzung des Aktionspakets zur Förderung der Elektromobilität (Aktionspaket)*
- *Szenario C: Umsetzung des Aktionspakets zur Förderung der Elektromobilität plus einen forcierten Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Wien (Aktionspaket & Ladeinfrastruktur) (PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:5).“*

Prognose zur Entwicklung der E-Pkws in Wien (2015-2030)

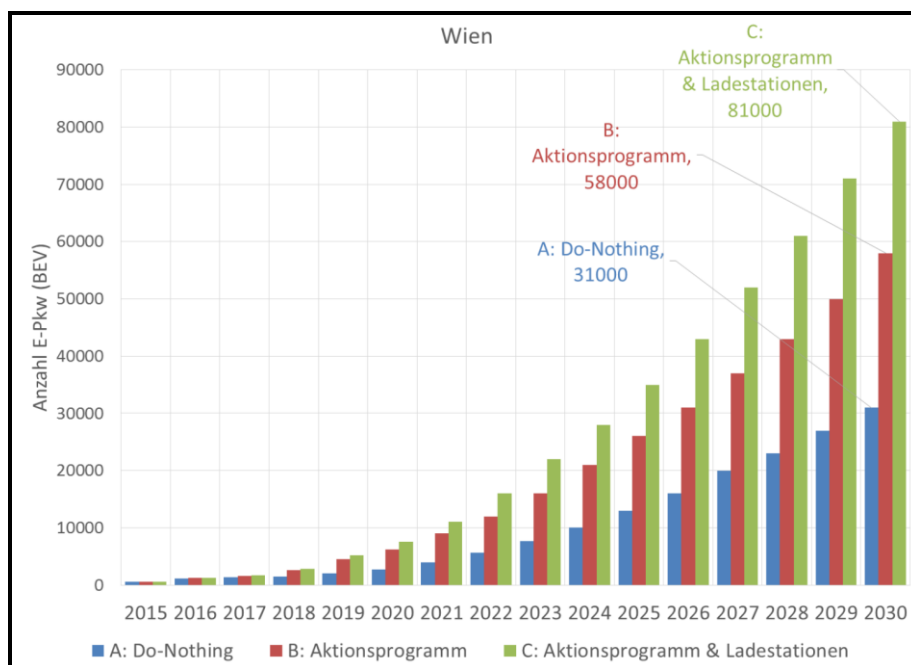


Abb. 2: Prognose zur Entwicklung der E-Autos in Wien (2015-2030), Szenarien der Hochlaufzahlen reiner E-Pkws Wien 2015-2030 (PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:7);

Das Säulendiagramm (Abb. 2) zur prognostizierten Entwicklung der rein elektrisch betriebenen PKWs von 2015 bis 2030, zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Szenarien. Im *Szenario A* ergibt sich eine Anzahl von 31000 E-PKWs, im *Szenario B* würde die Anzahl auf 58000 E-PKWs steigen und bei *Szenario C* kann mit einem deutlichen Anstieg auf bis zu 81000 reinen E-PKWs gerechnet werden. Die Auswertung zeigt einen positiven Effekt von 27000 E-PKWs durch ein Aktionsprogramm gegenüber des *Do-Nothing* Szenarios und eine weitere Steigerung von 23000 E-PKWs durch eine Kombination des Aktionspaketes mit der Investition in eine bedarfsgerechte E-Ladeinfrastruktur (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:5ff)

Aufbauend zur Marktdurchdringungsprognose elektrischer PKWs in Wien wurde eine Methodik zur Bestimmung und Verortung einer zukünftigen E-Ladeinfrastruktur Nachfrage im (halb)-öffentlichen und öffentlichen Raum entwickelt und angewendet. Dabei erfolgte eine Differenzierung nach Bebauungsdichte auf Bezirks- und Bau-blockebene unter Berücksichtigung von Points of Interest (POIs), verfügbaren Stellplätzen im öffentlichen Raum und in öffentlichen Garagen. (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2017:4; PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018).

„Unter einem “Point of Interest“ werden i.A. punkthafte Geoobjekte in Navigationssystemen oder Routenplaner verstanden, die für die NutzerInnen von besonderem Interesse sein können. (PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:2).“

Als mögliche Beispiele für POIs gelten Einzelhandel, Gastronomie, Unterkünfte, Tankstellen, Bankautomaten, Parkhäuser, Autowerkstätten, Krankenhäuser, Kinos, Sportstadien oder Museen. Weiters können auch *täglicher Bedarf, reisespezifische Bedürfnisse, Anlaufstellen in dringenden Situationen* oder *touristische Attraktionen* samt *Freizeitangebote* als mögliche Themengebiete für POIs gesehen werden. Als weitere wichtige Einflussfaktoren in der Nachfrage und Nutzung einer bedarfsgerechten E-Ladeinfrastruktur wurden auch die *Pendlerströme* und der *Anteil an Ladungen* im privaten und öffentlichen Raum in dieser Studie untersucht (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018).

Anzahl der werktäglichen E-Pkw-Fahrten mit Ziel in einem Wiener Zählbezirk je Hektar Bauland im Jahr 2030

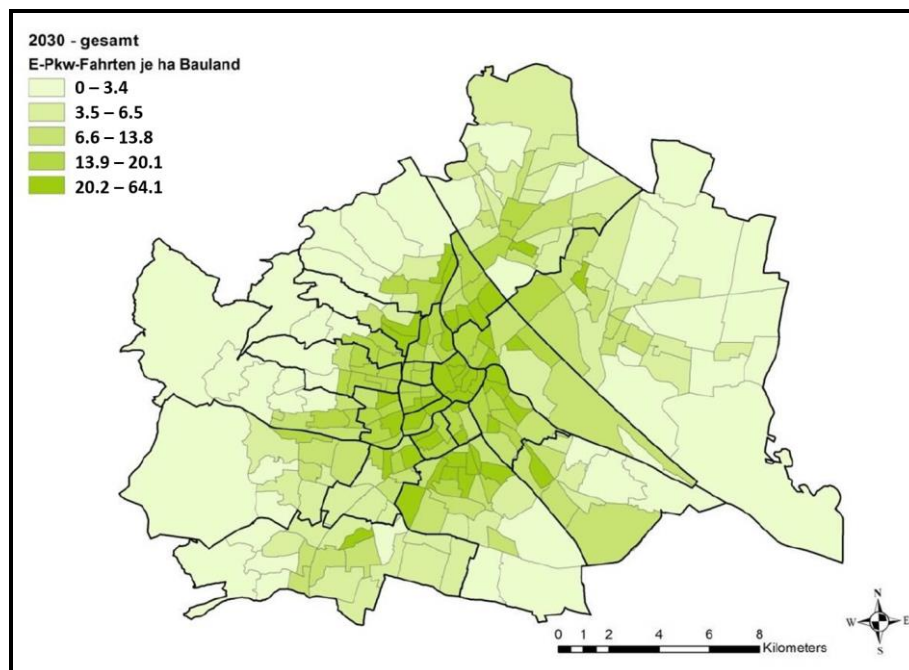


Abb. 3: Anzahl der werktäglichen E-Pkw-Fahrten mit Ziel in einem Wiener Zählbezirk je Hektar Bauland im Jahr 2030 (PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:13);

Im Zuge einer mehrstufigen Methode zur Abschätzung des Potentials für E-Ladestationen in Wien, wurden u. a. die PKW-Fahrten mit Zielfahrten nach Wien, für die Jahre 2020 und 2030 bestimmt und deren räumlichen Verteilung nach Zählbezirken differenziert. Die Karte (Abb. 3) zeigt das Ergebnis zu den Anzahlen an werktäglichen E-PKW-Fahrten mit Ziel in einem Zählbezirk von Wien im Jahr 2030, projiziert auf deren Baulandflächen. Die Karte zeigt einen Farbverlauf von Dunkelgrün bis Hellgrün, wobei die dunkleren Farbtöne die höher frequentierte Zählbezirke darstellen. Weiters kann auch eine höhere Menge an Zielfahrten in die flächenmäßig größeren Bezirke aus dieser Karte abgeleitet werden. Als weitere Einflussfaktoren wurden dabei auch die Höhe der Verkehrs- und Arbeitsplatzangebote in Bezirken mitbetrachtet. Als Beispiel für einen Bezirk mit einer hohen Arbeitsplatzanzahl wird der erste Bezirk genannt. Dieser wird als klarer *Einpendlbezirk* bezeichnet und daher auch als Standortbereich mit hohem Potenzial für E-Ladeinfrastruktur angeführt (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2017:85-95; PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:11ff.).

In der Entwicklung eines Stadtmodells für ein Ladeinfrastrukturkonzept auf Basis von Geo- und Nutzerdaten wurde für die Mittelstadt Göppingen eine Elektromobile Quartiers-typologie entwickelt. Bei der Erstellung der Typologie lag der Fokus auf stadtstrukturellen Merkmalen sowie auf soziodemographischen Indikatoren und weiters auch auf der Nutzerperspektive von Elektrofahrzeugen (vgl. HAGER, K. et al. 2014:465).

„Der Ladevorgang eines Elektrofahrzeugs muss erfolgen, wenn die Nutzer nicht mobil sein müssen und über einen gewissen Zeitraum einer bestimmten Aktivität nachgehen (HAGER, K. et al. 2014:462).“

Als Zeiträume der Inaktivität des motorisierten Mobilitätsverhalten gelten Nachtladungen, Ladungen tagsüber während der Arbeit und Ladungen während der Ausübung von Freizeitaktivitäten. Als potenzielle NutzerInnen einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge werden hierbei zwei unterschiedlichen Personengruppen – *AnwohnerInnen ohne private Lademöglichkeit und auswärtige Personen mit längeren Anfahrtswegen* – genannt. Daraus abgeleitet ergab sich die Erkenntnis, dass städtische Wohngebiete sowie POIs, als wichtige Faktoren in der Planung und der Umsetzung eines optimalen Standortkonzeptes gelten und dementsprechend berücksichtigt werden müssen. Aufgrund des hohen Potentials für eine öffentliche Ladeinfrastruktur, wurden in dieser Studie ausschließlich Wohngebiete der Stadt betrachtet. Weiters erfolgte auch eine Definierung von verschiedenen Quartierstypen (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus oder Geschosswohnungsbau) mit unterschiedlichem Bedarf an E-Ladeinfrastruktur für Wohngebiete. Größere Firmensitze, Gewerbe- oder Industriegebiete wurden hierbei nicht mitbetrachtet, da hierbei eine Bereitstellung von Lademöglichkeiten durch den jeweiligen Arbeitsgeber erfolgen müsse und weniger durch öffentliche Institutionen. Als wesentlicher Aspekt für den Ausschluss solcher Gebiete, gilt eine ganztägige Besetzung von Parkplätzen während der Arbeitszeiten. Als Beispiele für POIs werden Knotenpunkte des öffentlichen Verkehrs, Kliniken und Ärztezentren oder auch Einzelhändler angeführt. Des Weiteren wurden die herangezogenen POIs nach unterschiedlichen Kriterien – *Nutzungsdichte im Umfeld, Nutzungsmischung im Umfeld, Besucherfrequenz, Freihaltung*

hochwertigen öffentlichen Raumes, gute Sichtbarkeit, gute Sichtbarkeit und Zugänglichkeit vor Ort und Intermodalität – gewichtet. Anhand einer Kombination von Quartierstypen mit den gewichteten POIs und einem Abgleich der daraus abgeleiteten Einzugsgebiete, konnte eine gute Entscheidungsgrundlage zur Unterstützung der örtlichen Verwaltungseinrichtungen geschaffen werden (vgl. HAGER, K. et al. 2014:461-466; HUBER, F. & REUTTER, U. 2012).

2.4 Öffentliche E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien

Seit April 2018 entsteht in der Stadt Wien ein Basisladenetz für Elektroautos mit dem Ziel der Errichtung von 1000 Ladestellen (AC-Ladepunkte) bis Ende 2020 und der Belieferung dieser mit 100 Prozent Ökostrom. Dieses ambitionierte Ziel von 1000 neuen E-Ladestellen wird neben dem Ausbau von öffentlichen Verkehrsmitteln als wichtiger Baustein für eine umweltfreundlichere Mobilität in der Stadt Wien gesehen (vgl. STADT WIEN 2020:online).

Entwicklung der E-Autos in Wien (2017-2030)

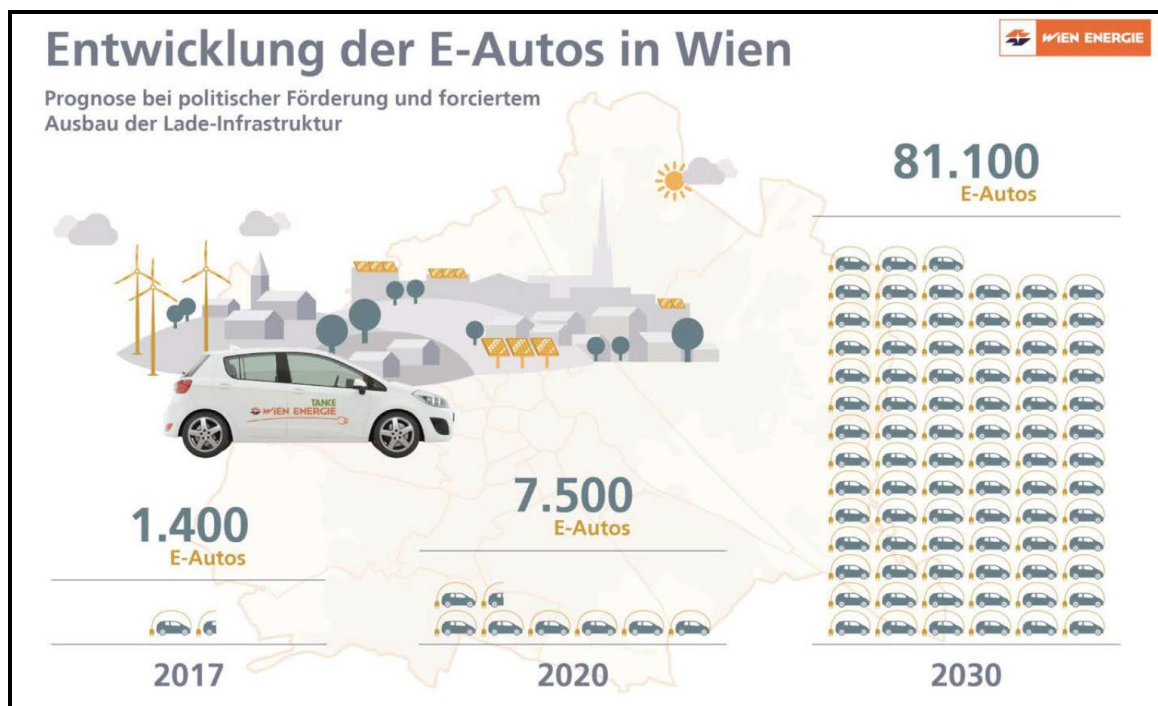


Abb. 4: Entwicklung der E-Autos in Wien, Prognose bei politischer Förderung und forciertem Ausbau der Ladeinfrastruktur, Auftragsgrafik von Wien Energie GmbH erstellt von der APA (GREDLER-OXENBAUER, P. 2017:1);

Die Schaffung einer Basisinfrastruktur für E-Fahrzeuge ergibt sich aus dem Hintergrund einer zukünftig prognostizierten Steigerung an Zulassungen von E-PKWs. Als Auslöser einer Steigerung der Zulassungszahlen sind beispielsweise die Zunahme der Modellvielfalt, mögliche Fahrverbote oder auch Umweltverträglichkeitsfaktoren zu

nennen. Die Grafik (Abb. 4) zeigt das Ergebnis einer Prognose, die unter Einbezug von politischen Förderungen und einem forcierten Ausbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur zur Entwicklung der E-Autoanzahl in Wien von 2017 bis 2030 erstellt wurde. Die Daten zu den prognostizierten E-Autos in der Modellregion Wien basieren auf einer beauftragten Studie der Stadt Wien und Wien Energie GmbH an die Technische Universität Wien (vgl. PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018). Es ist zu sehen, dass der Bestand an E-Autos im Jahr 2017 bei 1.400 Fahrzeugen lag und eine Steigerung der E-Autoanzahl von maximal 7.500 bis Ende 2020 ergibt und ein weiterer maximaler Anstieg auf 81.100 E-Autos bis zum Jahr 2030 möglich ist (vgl. GREDLER-OXENBAUER, P. 2017; PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018).

Die Umsetzung des Projektes *Öffentliche Ladeinfrastruktur in Wien – Ausbau 2020* basiert auf der Grundlage einer Ausschreibung der Stadt Wien (Magistratsabteilung 33) und wurde im Rahmen eines Dienstleistungskonzessionsvertrages für den Bau und Betrieb im öffentlichen Raum der Fa. Wien Energie GmbH übertragen. Diese beinhaltet einen zweistufigen Ausbauplan, der in drei Projektphasen mit jeweils einjährigen Projektphasen ausgeführt werden soll. Als Ziel wird die Errichtung einer flächendeckenden E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien mit einem Richtwert von maximal 400 Meter Entfernung bis zur nächsten Ladestation in dichten bebauten Stadtgebieten genannt. Zu den Standortauswahlkriterien der öffentlichen Stadt Wien E-Ladestationen zählen Grundvoraussetzungen wie die *kosteneffiziente Herstellung einer Stromversorgung*. Dies bedeutet kurze Leitungswege, wenig ausgelastete Kabel und geringe Grabungs- und Wiederherstellungskosten. Als strategisch sinnvolle Punkte für Ladestationen im öffentlichen Raum gelten Parkplätze direkt an Straßen. Auch die Mischung aus dem Pendlerverkehr mit den in der näheren Umgebung eines Ladestandortes lebenden BewohnerInnen, wird als wesentlicher Einflussfaktor gesehen. Dazu werden beispielsweise höher frequentierte Parkplätze, bei denen sowohl eine Tag- als auch eine Nachtnutzung gegeben ist als attraktive Standorte aufgezählt. Zu den Standort-Auswahlkriterien im engeren Sinne, werden auch bauliche Voraussetzungen zur Errichtung einer Ladestation auf Gehsteigflächen genannt. Dabei muss die Restgehsteigbreite mindestens zwei Meter betragen und der Parkstreifen eine mindestlänge von 10 Meter (Parkfläche für zwei Fahrzeuge aufweisen. Bei der Errichtung einer Ladestation direkt auf einer Parkfläche, zwischen zwei Stellplätzen, muss wiederum eine Mindestlänge des Parkstreifens von 12,3 Meter aufweisen und dadurch den Platzbedarf für zwei Fahrzeuge (10 Meter) und eine Ladestation (2,3 Meter) zu gewährleisten. Als Ausschlusskriterien für potenzielle E-Ladestandorte in der Stadt Wien werden Anrainerparkplätze, Radverkehrs- und Abstellanlagen, genehmigte Schanigärten, Verkehrs- und Großprojekte, Vorbehalte von Bezirken, Behörden und Interessensvertretungen genannt. (vgl. GREDLER-OXENBAUER, P. 2017).

Die erste Ausbaustufe (Projektphase 1) beinhaltet eine Errichtung von 115 Stationen (5 pro Bezirk) bis Mitte 2018. In einer zweiten Stufe des Ausbaues sollen diese 115 Stationen dann auf 500 Ladesandorte (1000 Ladepunkte), aufgeteilt in zwei weiteren Projektphasen (2018-2020) erweitert werden. Die Projektphasen *Phase 1* und *Phase 2* wurden Ende 2019 mit 319 errichteten Ladestationen bereits erfolgreich abgeschlossen. Somit ergibt sich eine

restliche Anzahl von 181 E-Ladestandorte für Umsetzungsphase *Phase 3* bis Ende 2020. Ein Ladestandort beinhaltet zwei Stellplätze und wird mit je 11 kW pro Ladepunkt versorgt. Die Kennzeichnung der Parkplätze wird über eine Beschilderung mit dem Inhalt – *Halten-Parken verboten von 8-22 Uhr ausgenommen E-Fahrzeuge während der Ladung* – geregelt. In dieser Zeitspanne dürfen PKWs während eines kostenpflichtigen aktiven Ladevorgangs, gratis (keine Parkgebühr) auf einen dieser Stellplätze verweilen und müssen diesen innerhalb von 15 Minuten nach vollendeter Ladung wieder verlassen. Außerhalb dieser Parkordnung können diese Stellplätze als gewöhnliche Parkplätze, entsprechend den Parkordnungen des jeweiligen Bezirkes, von allen Fahrzeugarten genutzt werden (vgl. GREDLER-OXENBAUER, P. 2017).

Das nachfolgende Bild (Abb. 5) dient zur Veranschaulichung eines fertiggestellten E-Ladestandortes der Stadt Wien und zeigt eine E-Ladestation, errichtet auf einem Gehsteig mit zwei parkenden E-Autos während eines Ladevorgangs auf den jeweiligen Parkflächen dazu.

Beispielbild einer E-Ladestelle der Stadt Wien



Abb. 5: Beispielbild einer E-Ladestation in der Stadt Wien mit 2 Ladepunkten, 500. E-Ladestelle in Wien in Betrieb genommen, Foto von Martin Lusser (FORMFAKTOR 2020:online);

In der dritten Projektphase soll nun unter Einbezug unterschiedlicher Nutzungskriterien eine Nachverdichtung und Optimierung dieses E-Ladestationsnetzwerkes erfolgen. Als planerische Einflussfaktoren für den weiteren Ausbau der E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien ist die Einbindung des bestehenden Stromnetzes des Stromnetzbetreibers Wiener Netze GmbH zu nennen. Dabei spielt vor allem die Nähe des Stromnetzes zu geeigneten

Parkflächen und die notwendigen Strom Kapazitäten an potenziell neuen Standorten eine wichtige Rolle. Zur wirtschaftlichen Herstellung und deren Parameter konnten in den Literaturrecherchen keine spezifischen Angaben gefunden werden, daher wurden diese über eine Anfrage per E-Mail (vgl. *GREDLER-OXENBAUER, P. 2020*) an den zuständigen Projektleiter DI Paul Gredler-Oxenbauer für die Stadt Wien E-Ladestationen eruiert. Daraus geht hervor, dass Niederspannungsleitungen in der Regel 70 cm von den Hausfassaden entfernt im Gehsteig verlaufen und von dort aus, eine Verbindung zu den E-Ladestandorten hergestellt werden müssen. Weiters kann zur wirtschaftlichen Herstellung, ein Richtwert von ca. 5-6 m Grabungsstrecke festgehalten werden, bei denen sich die anfallenden Kosten noch im Rahmen befinden. Dabei wird auch noch angefügt, dass dieser Richtwert in begründeten Einzelfällen auch überschritten werden kann. Nutzerrelevante Kriterien – *Erreichbarkeit und Attraktivität eines Standortes* – und anbieterrelevante Kriterien – *elektrotechnischer- und baulicher Aufwand* – sowie auch planerische Hintergründe im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Flächen oder die bauliche Eignung einer Fläche sind ebenso zu berücksichtigen, wie bereits generierte Nutzungsdaten aus der bestehenden E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien. Zur Umsetzung der Projektphase III soll vermehrt auf GIS-gestützte Auswertungen und Analysen zurückgegriffen werden, um Erkenntnisse daraus in die weiteren Planungsprozesse miteinfließen zu lassen. Die Ergebnisse dieser Auswertungen, sowie daraus abgeleitete geeignete Standorte werden als Grundlage für den weiteren Ausbau, über die 1000 Ladepunkte hinaus, herangezogen (vgl. *GREDLER-OXENBAUER, P. 2017; GREDLER-OXENBAUER, P. 2020*).

3 GIS- spezifische Grundlagen, Methoden und Software

In diesem Kapitel werden GIS-spezifische Grundlagen und Methodiken zu dieser Standort- und Potentialanalyse vorgestellt. Es wird dabei vorerst auf *Geoinformationssysteme (GIS)* und *GIS-Software* im Allgemeinen eingegangen und darauffolgend GIS-Softwareprodukte vorgestellt. Grundlagen zu *Netzwerkdatensätzen* und *Netzwerkanalyse-Methoden* werden ebenfalls beschrieben. Weiters werden im Zusammenhang damit auch die wesentlichen Funktionen des *Network Analyst* der Geoinformationssoftware *ArcGis-PRO* vorgestellt. Hierbei liegt der Fokus im speziellen auf *Toolsets* für die Umsetzung von Analysen zur optimalen Erreichbarkeit von Einrichtungen, der Generierung von Einzugsgebieten rund um diese und der Bestimmung von idealen Standorten für Einrichtungen. Weiters werden grundlegende Funktionen bezüglich *räumlicher Analysefunktionen* und der *Ermittlung von Standort-Potenzialen* in Geoinformationssystemen in diesem Zusammenhang vorgestellt.

3.1 Geographische Informationssysteme

Geographische Informationssysteme, *Geoinformationssysteme* oder im englischen auch *Geographic Informationssystem (GIS)*, bezeichnen raumbezogene Informationssysteme über die Geoobjekte der realen Welt modelliert und digital abgebildet werden können. Als wesentliche Bestandteile einer realen Abbildung in einem GIS werden *Geoobjekte* (Punkte, Linien oder Flächen) mit Informationen zu deren *Geometrie* und *Topologie* genannt. (vgl. LANGE, DE N. 2020:373ff.).

„Geoobjekte sind räumliche Elemente, die zusätzlich zu Sachinformationen geometrische und topologische Eigenschaften besitzen und zeitlichen Veränderungen unterliegen können. Kennzeichnend für Geoobjekte sind somit Geometrie, Topologie, Thematik und Dynamik (LANGE, DE N. 2020:127).“

Die Geometrie eines Objektes beinhaltet beispielsweise Informationen zur Lage, zur Größe und zum Umfang eines Geoobjektes (vgl. LANGE, DE N. 2020:127) und der Begriff **Topologie** bezeichnet eine räumliche Beziehung von Geoobjekten oder die relative Lage einzelner Grundrisslinien zueinander (vgl. FRANK, A. 1983:37; LANGE, DE N. 2020:131).

„Ein Geoinformationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst, gespeichert, verwaltet, aktualisiert, analysiert und modelliert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden (LANGE, DE N. 2020:375).“

Die Begriffsbestimmung von LANGE, DE N. 2020:375 fußt auf einer anerkannten und etablierten Definition von BILL, R & FRITSCH, D 1991:4. In diesem Kontext wird auch auf weitere vielfältige Definitionen mit meistens nur geringen Abweichungen zu dieser Begriffsdefinition verwiesen (vgl. LANGE, DE N. 2020:375).

Ein Geoinformationssystem wird ebenso wie ein Informationssystem durch zwei Modelle zu je vier *strukturellen*- und vier *funktionellen* *Komponenten* definiert. Das *strukturelle HSDA-Modell* enthält die Komponenten – **Hardware**, **Software**, **Daten** und **Anwender** – und im *funktionellen EVAP-Modell* sind die Komponenten – **Erfassung**, **Verwaltung**, **Analyse** und **Präsentation** – enthalten. Im Zusammenhang mit der strikten Definition eines Geoinformationssystems wird die strukturelle Komponente hierbei als spezifisch der Geoinformatik zugeordnet beschrieben und die *Analyse* der Daten als ein *unverzichtbares, konstruierendes Merkmal* eines Informationssystems genannt (vgl. LANGE, DE N. 2020:374f.).

Die nachfolgende Darstellung (Abb. 6) zeigt die *Komponenten eines digitalen Informationssystems* nach LANGE, DE N. 2020:374.

Komponenten eines digitalen Informationssystems

Strukturelle Komponenten (HSDA-Modell):	
<i>Hardware</i>	– Computersystem einschl. Prozessor, Speichermedien, Peripheriegeräte und Vernetzung
<i>Software</i>	– Programmsysteme einschl. Softwarewerkzeuge zur Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation der Informationen
<i>Daten</i>	– quantitative und qualitative Informationen, die zusammen einen (fachbezogenen) Ausschnitt der realen Welt darstellen
<i>Anwender</i>	– Benutzer mit ihren Anforderungen und Fragestellungen bzw. Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten
Funktionelle Komponenten (EVAP-Modell):	
<i>Erfassung</i>	– Daten- oder Informationserfassung und -speicherung (d.h. Input)
<i>Verwaltung</i>	– Datenverwaltung (d.h. Management)
<i>Analyse</i>	– Datenauswertung und Datenanalyse (d.h. Analysis)
<i>Präsentation</i>	– Wiedergabe der Information (d.h. Output bzw. Presentation)

Abb. 6: Komponenten eines digitalen Informationssystems nach LANGE, DE N. 2020:374;

3.1.1 GIS-Software

Zu den Grundaufgaben, die eine **GIS-Software** erfüllen muss, wird die Darstellung der realen Welt in Form von Geoobjekten in einem digitalen Informationssystem genannt. Im engeren Sinne wird dabei auf die Abdeckung der vier Funktionsbereiche zur – **Datenerfassung**, **Verwaltung**, **Analyse** und **Präsentation** – von Geoobjekten, die eine GIS-Software erfüllen muss, verwiesen. Weiters werden *Geoinformationssysteme* als sehr komplexe Softwareprodukte, die mittlerweile mit weit höheren Kostenaufwendungen gegenüber der benötigten Hardwarekomponenten dazu verbunden sind, beschrieben. In diesem Kontext wird neben *lizenzpflichtiger- und nicht frei zugänglicher proprietärer Software*, auch auf leistungsfähige „Freie“ und „Open Source“-Software hingewiesen (vgl. LANGE, DE N. 2020:376).

Als eines der ersten Geoinformationssysteme wird von LANGE, DE N. 2020:375 das **Canada Geographic Information System (CGIS)** aus den 1960er Jahren genannt. Die Entwicklung des CGIS erfolgte am „Department of Forestry and Rural Development von Tomlinson, dem Vater von GIS (LANGE, DE N. 2020:375)“ und wurde dort zur Datenaufbereitung und Analyse der „Bestandsaufnahme des ländlichen Kanada (Canada Land Inventory, CLI) (LANGE, DE N. 2020:375)“ verwendet. Weitere fortschrittliche Entwicklungen zu Geoinformationssystemen werden durch sogenannte „Innovative Ideen“ im Harvard Laboratory For Computer Graphics And Spatial Analysis in den 1960er und 1970er Jahren beschrieben. Als Pioniere von Geographischen Informationssystemen werden von LANGE, DE N. 2020:375 die Software **Arc/Info** des Softwareunternehmens Environmental Systems Research Institute (ESRI) und das vordergründlich rasterbasierte Geographic Resources Analysis Support System **GRASS-GIS** aufgezählt. Heutzutage dienen Geoinformationssysteme, deren Entwicklung durch hardware- und softwaretechnische Fortschritte in den 1990er Jahren begünstigt, beschleunigt und weiter forciert wurde als wesentliche Werkzeuge für AnwenderInnen in unterschiedlichen Institutionen und Unternehmen. Als Beispiele dafür werden Kommunen (Kataster- und Planungsbehörden) oder Planungs-, Versorgungs-, Verkehrs- und Telekommunikationsunternehmen angeführt (vgl. LANGE, DE N. 2020:375).

Weiters erfolgte in LANGE, DE N. 2020:378 eine Auflistung und kurze Beschreibung der sogenannten „**Big Six**“ weltweit angebotenen Geoinformationssystemen von international operierenden Softwareunternehmen sowie global bedeutenden, freien und Open-Source-Geoinformationssystemen in alphabetischer Reihenfolge. Angemerkt wurde hierbei auch, dass US-amerikanischen Unternehmen, eine dominante Rolle in der GIS-Szene zuzuordnen sei und die Namen der Softwareunternehmen zumeist auch die Benennungen für deren Waren und Produkte sind (vgl. LANGE, DE N. 2020:378ff.).

3.1.2 GIS-Softwareprodukte

Die sogenannten „**Big Six**“ GIS-Produkte nach LANGE, DE N. 2020:378 bestehen aus sechs proprietären GIS-Softwareprodukten und sechs freien bzw. Open-Source-GIS. Für die nachfolgende Aufzählung wurden diese sechs Produkte übernommen. Die Informationen zu den einzelnen Softwareprodukten, wurden aufbauend auf die bereits von LANGE, DE N. 2020:378 beschriebenen Inhalte zu den einzelnen Produkten, anhand eigener Recherchen erweitert und bezüglich Neuerungen oder Änderungen der Produkte aktualisiert.

➤ Proprietäre- oder Kommerzielle GIS-Softwareprodukte:

- **ArcGIS-Pro** von ESRI bezeichnet eine leistungsstarke Desktop-GIS-Anwendung mit einem großen Funktionsumfang u.a. für umfangreiche Analysen wie beispielsweise Netzwerkanalysen. Die ständige Weiterentwicklung der Software basiert auf Ideen und Vorschlägen zur Verbesserung der Pro-Anwender-Community. Datenvisualisierungen, erweiterte Analysen und die Verwaltung von 2D-, 3D- und 4D-Daten werden ebenso unterstützt, wie die Datenfreigabe und Übertragung an weitere

Produkte von **ArcGIS** – *ArcGIS-Online* (cloudbasierte Anwendung) und *ArcGIS-Enterprise* (funktionsreiche Plattform für die Erstellung von Karten und Analysen) – sowie eine plattformübergreifende Kooperation über ein *Web-GIS*. Die internationale Verbreitung einer Software für *Personal-Computer-Systeme* begann im Jahr 1981 mit *Arc/Info* von ESRI. Die Produktfamilie ArcGIS mit einer weltweit sehr großen Verbreitung wird als sogenanntes „Aushängeschild“ des Unternehmen ESRI angeführt. Anzumerken ist hierbei auch, dass das *proprietäre Datenformat* – **Esri-Shapefile (.shp)** – von ESRI entwickelt wurde. Dieses Datenformat wird mittlerweile als „*Industriestandarddatenformat*“ zum Austausch und zur Verarbeitung von Geodaten über Geoinformationssystemen angesehen (vgl. *ESRI[w] 2021:online; ESRI[x] 2021:online; ESRI[y] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:378; LANGE, DE N. 2020:390*).

- **AutoCAD Map 3D-Toolset** bezeichnet ein *branchenspezifisches Toolset* für Geoinformationssysteme und 3D- Kartografie. Dieses Toolset ist ein Bestandteil der Software *AutoCAD 2020* von Autodesk und ermöglicht die Zusammenführung von GIS- und CAD-Daten (CAD, *Computer Aided Design*). *AutoCAD* wird als Software, die von Architekten, Ingenieuren und Baufachleuten zur Erstellung von 2D- und 3D-Plänen eingesetzt wird, beschrieben. Das Datenformat *DXF* (*Drawing Interchange File*) wurde von Autodesk entwickelt und wird im Zusammenhang mit dem Austausch von Geometrien, mittlerweile als „*Industriestandard*“ in diesem Bereich gesehen (vgl. *AUTODESK[a] 2021:online; AUTODESK[b] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:378*).
- **GeoMedia** wird von *Hexagon Geospatial* als eine leistungsstarke und flexible *GIS-Verwaltungs-Plattform* präsentiert und angeboten. Die Einführung dieser Plattform erfolgte gegen Ende der 1990er Jahre von *Intergraph*. Das Geoinformationssystem GeoMedia ermöglicht Analysen und Zusammenfassungen über einen gleichzeitigen Zugriff auf eine Vielzahl an Quellen und Geodaten in nahezu jeder Form. Beispielsweise können tabellarische und geographische Daten kombiniert werden. Weiters wird mit der Anwendung *GeoMedia-WebMap* auch eine Serverlösung für webbasierte Analysen und Visualisierungen von Geodaten bereitgestellt, über die u.a. eine Veröffentlichung von Webanwendungen ermöglicht wird (vgl. *HEXAGON[a] 2021:online; HEXAGON[b] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:378f.*).
- **MapInfo-Pro** bezeichnet eine komplette *Desktop-Mapping-Lösung* von *Precisely Holdings* zur Verwaltung, Analyse und Veröffentlichung raumbezogener Daten. Der sogenannte „*Marketplace*“ von *MapInfo* ist ein gemeinsamer Zugangsbereich zu benutzerdefinierten Features und Funktionen für *MapInfo-Pro-Anwender*. Über diesen Bereich wird das Teilen oder das Herunterladen von *Plugins* wie beispielsweise *MapInfo-Pro-Drone*, *Phyton-Konsole* etc. ermöglicht (vgl. *PRECISELY 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379*).
- **OpenCities-Map** ist eine 2D/3D Desktop GIS- und Kartographie-Software und **OpenCities-PowerView** ist eine GIS-Software zur Anzeige und einfachen Bearbeitung von Geodaten. Beide Produkte sind von *Bentley* und werden als

„Softwareprodukte mit ingenieurtechnischem Zugang“ bezeichnet. **OpenCities-Map** bietet Möglichkeiten zur Erstellung, zur Pflege, zur Analyse und zum Austausch von georäumlichen- und planungstechnischen Daten. **OpenCities-PowerView** ermöglicht die Anzeige und die Bearbeitung von 2D- und 3D-Geodaten. Als Beispiel werden hierbei Anwendungen in der 3D-Gebäudeplanung angeführt. Im sogenannten Bereich „GIS auf Ingenieurtechnischem Niveau und Kartierungssoftware“ werden von BENTELEY[a] 2021:online neben den genannten zwei GIS-Softwareprodukten, noch vier weitere Anwendungen (*OpenCities-Planer*, *OpenCities-Map-Enterprise*, *Bentley-Map-Mobile* und *Bentley-Map-Mobile-Publisher*) angeboten (vgl. BENTELEY[a] 2021:online; BENTELEY[b] 2021:online; BENTELEY[b] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379)

- **Smallworld-GIS** wird von *General Electric* (GE Energy) vertrieben und als international verbreitetes Geoinformationssystem zur Verwaltung von raumbezogenen Netzwerk-Daten beschrieben. Der Fokus dieses Softwareprodukt liegt auf Funktionen zur Verarbeitung von netzbezogenen Daten in der Energie- und Wasserwirtschaft samt deren Geschäftsprozessen. Als AnwenderInnen dieser Software werden vordergründlich Netzbetreiber genannt (vgl. GE-DIGITAL 2021:online; GRINTEC 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379).

➤ **Freie- oder Open-Source GIS-Softwareprodukte:**

- **GRASS-GIS** (Geographic Resources Analysis Support System) bezeichnet eine *Freie* und *Open Source GIS Software* zur Verwaltung, Prozessierung, Modellierung und Visualisierung von Vektor- und Raster-Geodaten. Die Software wurde ursprünglich von den *US Army Construction Engineering Research Laboratories* entwickelt und wird seit 1982 durch eine internationale Teamarbeit aus WissenschaftlerInnen und EntwicklernInnen, unter der Beteiligung einer Vielzahl an US-Bundesbehörden, Universitäten und privaten Unternehmen fortlaufend weiterentwickelt. Weiters ist GRASS-GIS auch ein Gründungsmitglied und angeschlossenes Projekt der *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Als Einsatzgebiete des GRASS-GIS werden US-Regierungsbehörden und darüber hinaus akademische- und kommerzielle Umgebungen weltweit genannt. Die Software kann über Betriebssysteme wie Linux, Mac und Windows ausgeführt werden und beinhaltet mittlerweile über 500 Module für die Verarbeitung und Darstellung geographischer Daten. Es besteht die Möglichkeit zur Bearbeitung einer Vielzahl an Datenformaten (Vektor Raster und 3D) sowie auch Analysen von Vektornetzwerken oder multispektralen Bilddaten (vgl. GRASS GIS 1998-2021:online; LANGE, DE N. 2020:379).
- **gvSIG** steht für *Generalitat Valencia Sistema de Información Geográfica* und bezeichnet eine *Open-Source-Software-Familie* bestehend aus einer *Desktop*-, *Online*- und *Mobile*- Version sowie einer Plattform – *i3Geo* – zur Entwicklung von interaktiven Webkarten. Die Desktopversion ermöglicht die einfache Bearbeitung einer Vielzahl an Datenformaten, Vektor- und Rasterdaten, sowie die Verarbeitung von Daten über Verbindungen zu Datenbanken oder *Remote-Services*. Weiters wird die Software als *plattformunabhängig* und *konform* mit den gängigsten Standards

beschrieben (vgl. GVSIG[a] 2021:online; GVSIG[b] 2021:online; GVSIG[c] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379).

- **OpenJUMP** ist ein Open-Source-GIS, das auf der Programmiersprache Java basiert, ursprünglich unter den Namen *JUMP GIS* von *Vivid Solutions* entwickelt wurde und mittlerweile von einer weltweiten Gruppe aus ehrenamtlichen MitarbeiterInnen entwickelt und gepflegt wird. Die Softwareausrichtung basiert primär auf Vektordaten. Die aktuelle Version verfügt über Fähigkeiten zum Schreiben und zum Lesen von Shapefiles, einfachen GML-Dateien und weiterer Vektorformate über Plugins. Weiters ist auch die Einbindung verschiedener räumlicher Datenbanken und das Schreiben in *Postgis* möglich. Darüber hinaus werden auch Bildformate, WFS und WMS Web-Services unterstützt. Mit *OpenJUMP-Wiki* wird auch eine Plattform zur Dokumentationen für Anwendungen bereitgestellt und über den Bereich *Plugins for OpenJUMP* können Plugins oder Erweiterungen für die Software bezogen werden (OPENJUMP 2018:online; LANGE, DE N. 2020:379)
- **QGIS** (frühere Benennung *Quantum GIS*) ist ein *freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem* und bezeichnet eine professionelle GIS-Anwendung, die auf Basis von *Freier- und Open-Source-Software* (FOSS) entwickelt wurde und über ein Projekt von Freiwilligen ständig weiterentwickelt wird. Die Software kann über Betriebssysteme wie Linux, Unix, Mac OSX, Windows und Android ausgeführt werden und ermöglicht die Erstellung, die Bearbeitung, und die Analyse von räumlichen Daten sowie die Aufbereitung und das Erstellen von professionellen druckfertigen Karten. Weiters wird eine breite Menge an Vektor-, Raster-, Datenbankformaten und -funktionen unterstützt. QGIS wird als *leistungsstarkes- und benutzerfreundliches Open-Source-GIS* bezeichnet. Über die Webseite werden darüber hinaus auch sehr gute und umfangreiche Dokumentationen, Schulungsmaterialien und Tutorials sowie eine sehr große Auswahl an Plugins und Erweiterungen für die Software bereitstellt. QGIS bietet neben einem Open-Source *Desktop-GIS* auch zusätzlich einen räumlichen Dateibrowser, eine Serveranwendung (*QGIS-Server*), eine Webanwendung (*QGIS-Webclient*) sowie ein mobiles GIS (*QField for QGIS*) für die Anwendung auf mobilen Endgeräten (Smartphones und Tablets) (vgl. QGIS[a] 2021:online; QGIS[b] 2021:online; QGIS[c] 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379).
- **SpringGIS** ist ein Produkt des Nationalen Instituts für Weltraumforschung in Brasilien und wird als ein modernes *Bildverarbeitungs- und Fernerkundungs- GIS* mit einem *objektorientierten Datenmodell* beschrieben, dass die Möglichkeit einer Integration von Raster- und Vektordarstellungen in einer einzigen Umgebung bietet. *SpringGIS* wird als *integriertes GIS* für ökologische-, sozioökonomische- und stadtplanerische Anwendungen präsentiert und kann über die Windows Versionen 95/98/NT/XP und Linux betrieben werden. Als Unterstützer dieses GIS werden die brasilianische Agentur für Agrarforschung, IBM Brasilien, die Computer Graphics Technology Group *TECGRAF* und das Energie Unternehmen *PETROBRAS/CENPES* genannt (vgl. *SPRING GIS 1991-2017:online*; LANGE, DE N. 2020:379).

- **SAGA** (*System for Automated Geoscientific Analyses*) wird in LANGE, DE N. 2020:379 als „kein global eingesetztes Geoinformationssystem“, aber dennoch in der Auflistung angeführt. Dieses Geoinformationssystem wurde an der Universität Göttingen ins Leben gerufen und entwickelt. Als erstes Ziel von SAGA wird eine effektive und leicht erlernbare Plattform für (Geo-)WissenschaftlerInnen genannt, dass die Implementierung von räumlichen Algorithmen wie beispielsweise in der hydrologischen Modellierung und Analyse von Geomodellen ermöglicht. Weiters wird in diesem Kontext auch auf Methoden der Geostatistik verwiesen. Als zweite Aufgabe wird die Schaffung eines benutzerfreundlichen Zugangs zu den Methoden beschrieben. Als „wahre Stärke“ wird hierbei ein schnell wachsendes Set an geowissenschaftlichen Methoden mit einer Einsatzmöglichkeit für zahlreiche Anwendungsgebiete angeführt (vgl. SAGA 2021:online; LANGE, DE N. 2020:379).

3.1.3 Geodaten-Management-Werkzeug FME

Aufgrund der Relevanz in dieser Masterarbeit wird mit dem *Geodaten-Management-Werkzeug FME* ein weiteres *proprietäres Softwareprodukt* zur Verarbeitung von räumlichen Daten vorgestellt.

FME (*FME, Feature Manipulation Engine*) vom kanadischen Unternehmen Safe Software ist ein umfassendes *Geodaten-Management-Werkzeug (Spatial-ETL-Werkzeug)*, das auch als Datenintegrationsplattform mit der weltweit besten Unterstützung für Geodaten beschrieben wird. Mit *FME-Desktop*, *FME-Server* (webbasiertes Produkt auf Unternehmensebene) und *FME-Cloud* werden drei Hauptprodukte angeboten. Die Produkte sind Lizenzierungspflichtig und können über die Webseite von Safe Software entgeltlich erworben oder durch diverse *Free-Licenses*, die ebenfalls über deren Webseite angeboten werden, für einen bestimmten Zeitraum (Bsp. für Studenten 4 Monate mit Option auf Verlängerung) genutzt werden. Weiters werden über eine sogenannte *Knowledge Base* auch umfangreiche Dokumentationen, Tutorials und Webinars zu den unterschiedlichen Anwendungen in der Software zur Verfügung gestellt (vgl. AXMANN 2021:online ; FME[a] 2021:online, FME[d] 2021:online; FME[e] 2021:online).

Die Bezeichnung **Spatial-ETL** (*ETL, Extrakt, Transform, Load*) ist ein von Safe Software selbst definierter Begriff und beschreibt einen Prozess zur Verarbeitung räumlicher Daten und umfasst die (FME[b] 2021:online):

- schnelle **Extrahierung** von räumlichen Daten aus nahezu jeder Quelle, unabhängig von deren Ursprungsformat und -struktur;
- einfache **Transformation** oder Umwandlung der räumlichen Daten in jedes gewünschte Format oder Struktur durch wiederholbare Workflows sowie auch die Umrechnung zwischen tausenden von Koordinatensystemen;
- nahtlose **Ladung** von räumlichen Daten direkt aus der FME in ein Zielsystem;

FME-Desktop besteht aus mehreren Komponenten und bezeichnet ein schnelles und effizientes Datenübersetzungs- und Transformationsprogramm auf Desktopebene. Es bietet AnwenderInnen die Möglichkeit, benutzerdefinierte *Integrations-Workflows* zu erstellen und zu automatisieren, ohne selbst programmieren zu müssen. Als wichtigste Komponenten der FME-Desktop gelten die *FME-Workbench* und der *FME-Data Inspector*, wobei die **FME-Workbench** die zentrale Komponente stellt. Die Bedienung der *FME-Workbench* erfolgt über eine grafische Benutzeroberfläche in der über 450 Werkzeuge (Transformer) zur Bearbeitung von über 400 unterschiedlichen Datenformaten angewendet werden können. Grundlegend basiert die Arbeit mit der *FME-Workbench* auf dem Grundprinzip der FME-Technologie *ETL*. Das Einlesen der Daten erfolgt über sogenannte *Reader* (Extract), die Manipulation der Daten über *Transformer* (Transform) und das Schreiben bzw. Laden der Daten über *Writer* (Load). (vgl. AXMANN 2021:online; CON TERRA 2018:45ff.; FME[a] 2021:online; FME[b] 2021:online).

Wesentliche Komponenten einer FME-Workbench

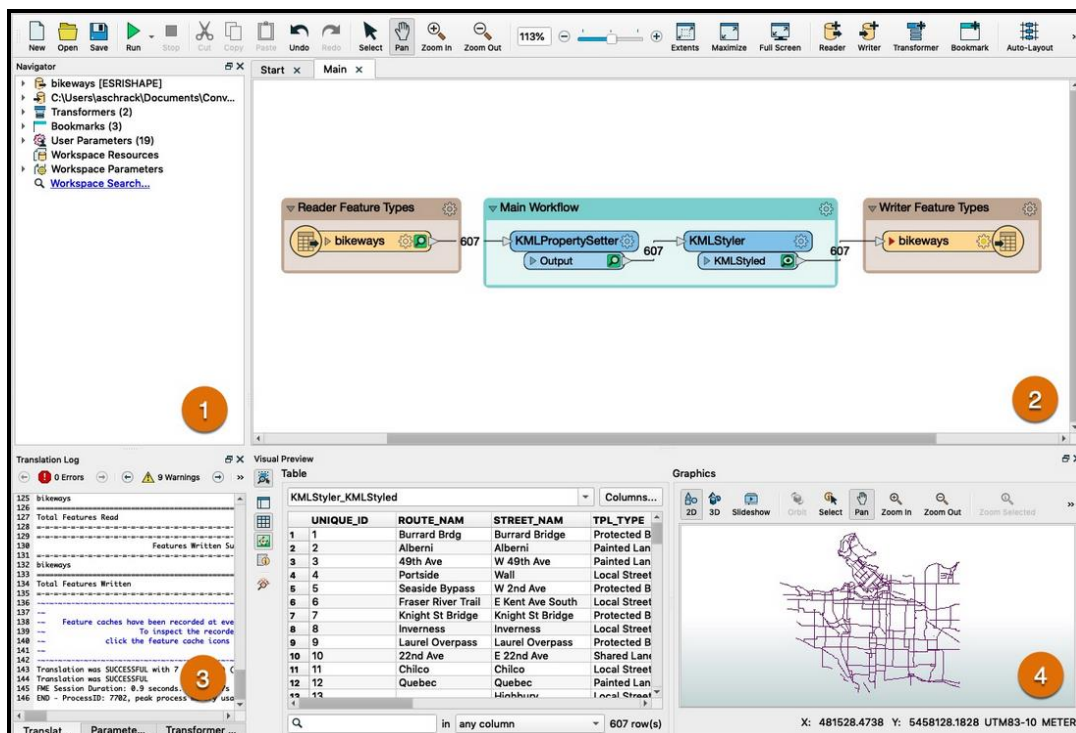


Abb. 7: wesentliche Komponenten der FME-Workbench (FME[c] 2021:online);

Der Arbeitsbereich besteht aus unterschiedlichen Verbindungen zu *Readern*, *Transformern* und *Writern* und ist visuell im Hauptfenster (auch als *Canvas* bezeichnet) ersichtlich. In der Abbildung von FME[c] 2021:online zur Veranschaulichung der FME-Workbench (Abb. 7) sind die wesentlichen Komponenten/Bereiche der FME-Workbench numerisch gekennzeichnet und visuell ersichtlich. Der *Navigator* (1) beinhaltet eine Liste aller im Arbeitsbereich angewendeten Objekte (Reader, Transformer, Writer etc.). Das *Hauptfenster (Canvas)* (2) ist der Bereich, indem Datenquellen, Transformatoren und Ausgabetyper zur Erstellung einer Datentransformations-Prozesskette hinzugefügt und

bearbeitet werden können. Das *Übersetzungsprotokoll (Translations Log)* (3) beinhaltet den aktuellen Status eines laufenden Prozesses sowie auch Fehlermeldungen zu laufenden Transformationen. Über den Bereich *Visuelle Vorschau (Visual Preview)* (4) können 2D-, 3D- oder tabellarische Daten zu den einzelnen Komponenten (Reader, Transformer oder Writer) angezeigt werden lassen (CON TERRA 2018:45ff.; FME[c] 2021:online).

Der **Data Inspector** bezeichnet eine Komponente mit einer direkten Verbindung zur FME-Workbench und bietet ergänzend zur Visuellen Vorschau in der Workbench eine zusätzliche und gesonderte Visualisierungsplattform zur Betrachtung umfangreicherer Datensätze wie beispielsweise zur Begutachtung größerer Datensätze oder Outputs aus einzelnen Transformationsprozessen (CON TERRA 2018:45ff.; FME[c] 2021:online).

3.2 Netzwerkdatsatz und Netzwerkanalysen

Ein Netzwerk oder ein Netzwerkdatsatz bezeichnet die Grundlage zur Durchführung einer Netzwerkanalyse in einem Geoinformationssystem und ist ein System aus verbundenen Elementen. Anhand eines Netzwerkes können Verkehrssysteme – *Straßen, Schienenverkehr oder Fußwege etc.* – Leitungsnetze – *Strom, Wasser oder Kanal etc.* – modelliert werden. Auf Basis eines solchen Systems können beispielsweise Routen zwischen zwei oder mehreren Orten, die Erreichbarkeiten- und eventuelle Einzugsgebiete von unterschiedlichen Einrichtungen berechnet werden (vgl. BALLAS, D. et.al. 2018:72f.; LANGE, DE N. 2020:413f.; WILSON, R.J. 1996).

Netzwerkes aus Kanten und Knotenpunkte

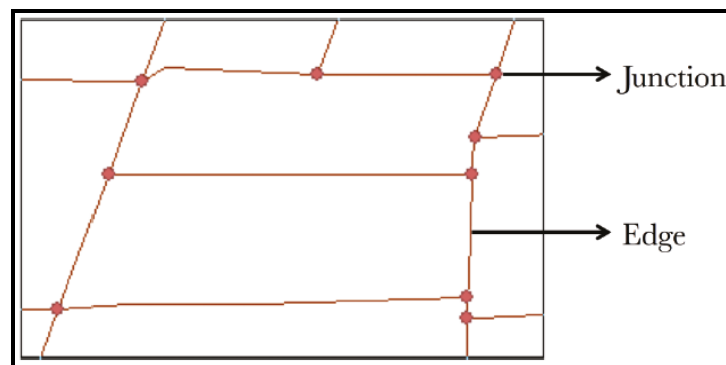


Abb. 8: Straßennetz, dargestellt in Kombinationen aus Knoten-Punkten und Kanten (BALLAS, D. et. al. 2018:72);

Netzwerke sind aus *Kanten (Edges)* und *Knoten-Punkte (Junctions)* aufgebaut (Abb. 8). Die Modellierung basiert auf Grundlage der Graphentheorie und liegt dem Vektormodell zugrunde. Es wird daher von einer sogenannte *Knoten-Kanten-Knoten-Topologie* gesprochen (vgl. LANGE, DE N. 2020:413f.; FRANK, A. 1983:35-48; WILSON, R.J. 1996).

„Das Vektormodell basiert auf gerichteten Strecken, d.h. Vektoren in einem Koordinatensystem, die durch Angabe eines Anfangs- und eines Endpunktes eindeutig bestimmt sind (in einem zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem durch (x,y)- oder (x,y,z)-Koordinatenangaben) (LANGE, DE N. 2020:129).“

Als *Kanten* eines Netzwerkes werden lineare Elemente bezeichnet, die miteinander verbunden sind und können entweder Straßen, Eisenbahnen, Flussläufe, Schifffahrtslinien oder auch unterschiedliche Leitungssysteme repräsentieren. Die *Knoten* (Punkte) eines Netzwerkes können beispielsweise als Haltestellen entlang eines öffentlichen Transportnetzwerkes definiert sein oder Verknüpfungspunkte (Kantenübergangspunkte) von Kanten darstellen. Jeder Komponente (Kante und Knoten) in einem Netzwerk können Eigenschaften zugewiesen werden. Die Strecken entlang von Kanten ergeben sich aus den Entfernungen zwischen zwei Knotenpunkten und können je nach Bedarf in sogenannten *Kostenvariablen*, entweder in einer Längeneinheit – *Kilometer und Meter* – oder einer Zeiteinheit – *Stunden, Minuten und Sekunden* – ausgedrückt werden. Die Berechnung von Strecken erfolgt über die Modellierung von Widerstandswerten zwischen zwei Knoten und kann für beide Richtungen erfolgen. Dabei können auch negative Widerstandswerte für beispielsweise Einbahnstraßen, Straßensperren oder Fließrichtungen von Gewässern definiert werden. Negative Werte repräsentieren Richtungen, die nicht durchlaufen werden dürfen. Grundsätzlich ist die Modellierung der Netzwerkknotten von der zugrundeliegenden Fragestellung abhängig und kann daher individuell an diese angepasst werden. Zum Beispiel können Knoten als Haltestellen für eine Buslinie, die in einer bestimmten Reihenfolge besucht werden müssen, definiert werden. Erfolgt eine Modellierung eines Straßen-, Fluss- oder Rohrleitungsnetzwerk, dann müssen zusätzlich zur Bewertung der *Knoten-Kanten-Knoten-Struktur* auch noch die Übergänge zwischen den einzelnen Netzwerkanten modelliert werden. Dieser Prozess wird in LANGE, DE N. 2020:413 als sehr aufwändig, aber unabdingbar beschrieben. Zu den Übergangspunkten zählen beispielsweise Abbiegevorschriften oder Ampelregelungen an Kreuzungen, Autobahnkreuze, Kreisverkehre oder auch Brücken, an denen grundsätzlich kein Abbiegen möglich ist (vgl. BALLAS, D. et.al. 2018:72f; LANGE, DE N. 2020:413f; FRANK, A. 1983:35-58).

Netzwerkanalysen zählen zu den wesentlichen Funktionen in Geographischen Informationssystemen und finden häufig Anwendung bei der Lösung zu unterschiedlichen Fragestellungen. So kann beispielsweise eine Analyse zu eingedrungenen Schadstoffen in einen Fluss und die mögliche Ausbreitung dieser Stoffe flussabwärts untersucht werden. Hierbei nimmt die Bewertung der Knoten eine weniger gewichtete Rolle ein als bei weitergehend komplexeren Analysen im Transportwesen. Als Beispiel für eine komplexere Analyseanwendung wird die Belieferung von mehreren Einrichtungen mit unterschiedlicher Nachfrage und einer optimalen Transportroute für ein Transportfahrzeug mit beschränkter Ladekapazität genannt (vgl. LANGE, DE N. 2020:414ff).

Die Berechnung eines optimalen Weges, wie zum Beispiel die kürzeste Route und die Bestimmung der bestmöglichen Route über mehrere Orte, auch als sogenanntes Rundreiseproblem benannt, zählen laut LANGE, DE N. 2020:414 zu den Standardaufgaben

Dr. Abdullah K. Al-Khatib, W. 1101, 11th Floor, Al-Balad Al-Qadisiyah, Baghdad, Iraq



Beispiel eines Einzugsgebietes auf einem Wegenetz

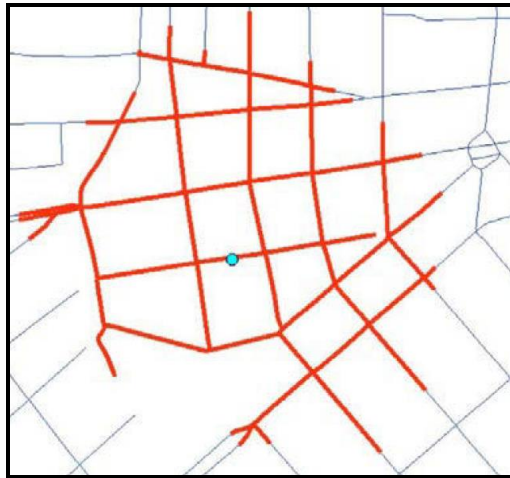


Abb. 10: Ergebnis einer Netzwerkanalyse zur Berechnung von Einzugsgebieten um Einrichtungen in Form von Liniensegmenten (LANGE, DE N. 2020:415);

Beispielbild für Einzugsgebiete um Einrichtungen auf einem Straßennetzwerk

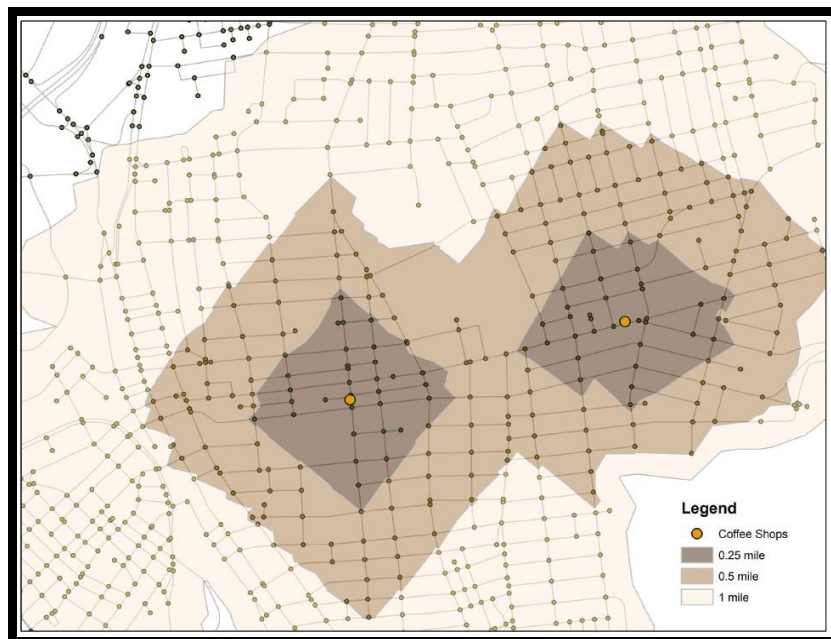


Abb. 11: Ergebnis einer Netzwerkanalyse zur Berechnung von Einzugsgebieten um Einrichtungen (BALLAS, D. et. al. 2018:76);

Errechnete Distanzen auf Netzwerkkanten können anschließend durch eine Verbindung der Kantenenden miteinander verbunden werden. Durch diese Verbindung entstehen Polygone, die Einzugsgebiete rund um Einrichtungen repräsentieren. Im abgebildeten Beispiel (Abb. 11) werden Einzugsgebiete für zwei Einrichtungen auf einem Straßennetzwerk mit drei unterschiedlichen Distanzen, einer Viertelmeile, einer halben Meile und einer Meile veranschaulicht. Die am dunkelsten eingefärbten Flächen repräsentieren dabei die

Bereiche, die innerhalb einer Viertelmeile auf dem Straßennetzwerk erreicht werden können (vgl. BALLAS, D. et.al. 2018:75ff.).

Durch die Auswertung von Reichweiten kann beispielsweise auch analysiert werden, ob bestimmte Einrichtungen einen Zugang für die gesamte Bevölkerung einer Stadt, einer Region oder eines Land bieten. Auch Standorte zur Erweiterung oder Reduzierung von bereits bestehenden Einrichtungen können bezüglich einer effizienteren Gestaltung der Gesamtabdeckung von bestimmten Einrichtungen analysiert werden. Des Weiteren können auch Untersuchungen von soziodemographischen Eigenschaften, wie die Zugänglichkeit von Einrichtungen bezüglich der Merkmale von Personen oder Haushalten durchgeführt werden. Anhand von Einzugsgebietsanalysen können auch Mengen an Einrichtungen, wie beispielsweise Spielplätze, die innerhalb einer bestimmten Reichweite von Einzugsgebieten um Schulen liegen berechnet werden (vgl. BALLAS, D. et.al. 2018:75ff; LANGE, DE N. 2020:414ff).

3.3 Network Analyst von ArcGis-Pro

Der **Network Analyst** von ArcGis-Pro bezeichnet eine Toolbox (Werkzeugkiste), die aus drei Toolsets – *Netzwerkdatensatz*, *Turn Feature Class* und *Analysen* – besteht. Im Wesentlichen beinhaltet diese Toolbox verschiedene Anwendungen zur Durchführung von räumlichen Netzwerkanalysen und Werkzeuge zur Wartung oder Erstellung von Netzwerkdatensätzen. Es können Netzwerkanalysen für beispielsweise *Routen*, *nächstgelegene Einrichtungen*, *Einzugsgebiete*, *Start-Ziel-Kostenmatrix*, *Vehicle-Routing-Probleme* und *Location-Allocation-Analysen* für Verkehrsnetze durchgeführt werden. Die häufigste Anwendung von Netzwerkanalysen findet laut ESRI[a] 2020:online im Bereich zur Berechnung der kürzesten Route zwischen zwei Punkten statt. Als Grundlage für eine Netzwerkanalyse kann entweder ein konfigurierbarer weltweiter Verkehrs-Netzwerkdatensatz mit allen möglichen Verkehrslinien (Straßen, Eisenbahnlinien, Gehwege etc.) und deren Eigenschaften (Geschwindigkeitsbeschränkungen, Einbahnen, Kreuzungspunkte etc.) von ArcGis online eingebunden werden oder ein eigens erstellter Netzwerkdatensatz für eine bestimmte Region oder Stadt verwendet werden. (vgl. ESRI[a] 2020:online).

Zur Durchführung der unterschiedlichen Analysen auf Basis des von Esri zur Verfügung gestellten Verkehrsnetzdatensatzes in ArcGIS-Pro ist zu erwähnen, dass dafür eine Gebühr in Form von sogenannten Service-Credits anfallen würde. Diese Credits müssten unabhängig von der bereits bezahlten Lizenzgebühr zur Verwendung der Software und deren Erweiterungen, kostenpflichtig über ein online Portal von Esri erworben werden. Es besteht aber auch die kostenlose Möglichkeit zum Durchführen von Analysen in ArcGIS-Pro. Hierfür muss entweder die Erstellung eines eigenen Netzwerkdatensatzes erfolgen, eine Einbindung eines bereits vorhandenen Netzwerkdatensatzes über eine Datenbankverbindung oder in einem Portal gehosteten Routing-Service (vgl. ESRI[b] 2020:online; ESRI[g] 2020:online).

Aufgrund der ausgereiften Funktionen des **Network Analyst** von ArcGIS-PRO und der Relevanz für diese Standort- und Potenzialanalyse werden die Inhalte des *Network Analyst* von ArcGis-Pro in weiterer Folge ausführlicher beschrieben und die beinhaltenden Werkzeuge spezifischer vorgestellt.

3.3.1 Netzwerktypen

Im *Network Analyst* von ArcGIS-PRO werden zwei **Netzwerktypen** definiert, *Geometrische Netzwerke (Versorgungs- und Flussnetze)* und *Netzwerk-Datasets (Verkehrsnetze)*. Der wesentliche Unterschied zwischen einem geometrischen Netzwerk und einem Netzwerk-Datensatz besteht darin, dass ein geometrisches Netzwerk die Basis für Berechnungen von Versorgungseinrichtungen (Gas, Strom, Wasserleitungen etc.) oder Flussnetzen stellt und Bewegungen entlang der Kanten nur in eine Richtung (Fließrichtung) zulässt. Ein Netzwerkdataset in Form von Verkehrsnetzen (Straßen, Fußwege oder Eisenbahnlinien) ermöglicht eine Bewegung in beide Richtungen. Dadurch können unterschiedliche Berechnungen entweder auf Basis einer einzelnen Transportart (Straßen, Fußwege oder Eisenbahnlinien) oder in Form eines sogenannten *multimodalen Netzwerks* mit einer Kombination aus unterschiedlichen Transportarten (Straßen, Fußwege, Schienen und Wasserläufe) durchgeführt werden. Weiters ist auch die Möglichkeit zur Erstellung eines 3D-Netzwerk-Datensatzes für Modellierungen von Routen in dreidimensionalen Räumen (Höhlensystemen, Gebäude etc.) zu erwähnen. Voraussetzung für diese Berechnungen sind Z-Koordinatenwerte oder Höhenwerte zu den jeweiligen Features (vgl. *ESRI[c] 2020:online*).

3.3.2 Toolsets

Das Toolset – **Netzwerk Datensatz** – beinhaltet alle Werkzeuge, die zur Erstellung, Wartung oder Bearbeitung eines Netzwerkdatensatzes benötigt werden. Es kann ein Netzwerk berechnet oder ein Netzwerkdataset erstellt werden. Ebenso besteht auch die Möglichkeit Netzwerkdatensätze aus Vorlagen oder Vorlagen aus Netzwerkdatensätzen zu erstellen. Des Weiteren beinhaltet dieses Toolset auch noch ein Werkzeug zur Reduktion von Netzwerkelementen und eines zur Erstellung von Netzwerkdataset-Layern. (vgl. *ESRI[a] 2020:online ; ESRI[d] 2020:online; ESRI[e] 2020:online*).

Mit dem Toolset – **Turn Feature-Class** – und dessen Werkzeugen können *Kantenübergangs-Features* erstellt oder bearbeitet werden. Die Erstellung einer Turn-Feature-Class dient zur Speicherung von Kantenübergangs-Features. Über diese sogenannten Kantenübergangs-Features können wiederum Richtungsänderungen in einem Netzwerkdataset modelliert werden. Weiters kann auch die maximale Kantenanzahl pro Kantenübergangspunkt erhöht werden oder auch unterschiedliche Konvertierungen, wie beispielsweise von vorhandenen sogenannten *Arc-Info-Workstation Kantenübergangs-*

Tabellen in *Turn-Feature-Classes* durchgeführt werden (vgl. ESRI[a] 2020:online; ESRI[f] 2020:online).

Das dritte Toolset – **Analyse** – im Network Analyst von ArcGis-PRO beinhaltet alle Werkzeuge zur Durchführung unterschiedlicher Netzwerkanalysen. Die enthaltenen Werkzeuge ermöglichen die Festlegung von unterschiedlichen Arten an **Netzwerkanalyse-Layern** – *Routen-Analyse-Layer*, *Analyse-Layer für das Vehicle-Routing-Problem*, *Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse-Layer*, *Einzugsgebiete-Analyse-Layer* und *Location-Allocation-Analyse-Layer* – samt der Angabe von Analyseigenschaften und der Berechnung dieser Netzwerkanalysen. Weiters besteht dabei auch die Möglichkeit, *Netzwerkanalyse-Objekte* zu einer unterschiedlichen Anzahl von *Netzwerk-Klassen* hinzuzufügen. Die Erstellung eines *Netzwerkanalyse-Layer* kann entweder über einen lokal gespeicherten *Netzwerk-Datensatz* oder durch die Einbindung eines *Routing-Services* aus einem Onlineportal bzw. einer Datenbankverbindung erfolgen (vgl. ESRI[a] 2020:online; ESRI[g] 2020:online).

3.3.2.1 Routen-Analyse-Layer

Hierbei wird ein Netzwerkanalyse-Layer für Routen erstellt und dessen Analyseigenschaften festgelegt. Mit einem **Routen-Analyse-Layer** können auf Basis von angegebenen Netzwerkkosten bestmögliche Routen zwischen mehreren Standorten auf einem Netzwerk gefunden werden. Der *Routen-Analyse-Layer* ermöglicht die Ausgabe von kürzesten Wegdistanzen zwischen einen oder mehreren Stopps auf einer Route. Darüber hinaus können auch komplexere Problemarten wie (vgl. ESRI[j] 2021:online; ESRI[k] 2021:online):

- **die Suche von Routen mit einer definierten Abfolge an Stopps (A) oder mit einer Optimierung der Stoppreihenfolge zur Reduzierung der Gesamtfahrzeit (Rundreiseproblem) (B)** (Abb. 12)

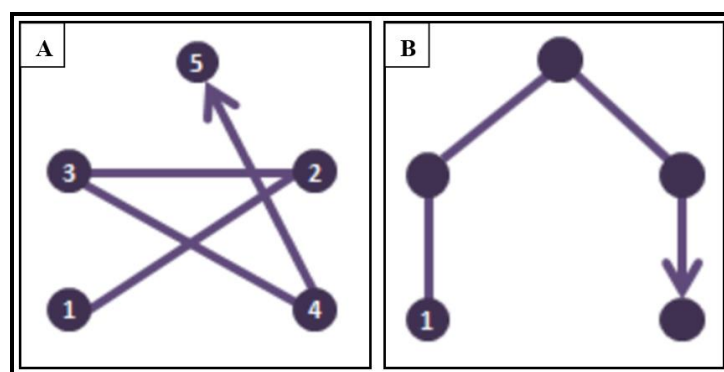


Abb. 12: Schematische Darstellung zu einer Route mit definierten Stopps (A) und einer Route mit einer optimierten Stoppreihenfolge zur Reduzierung der Gesamtfahrzeit (Rundreiseproblem) (B), (ESRI[k] 2021:online);

- **die Erstellung von mehreren Routen in einer Analyse** (Abb. 13)

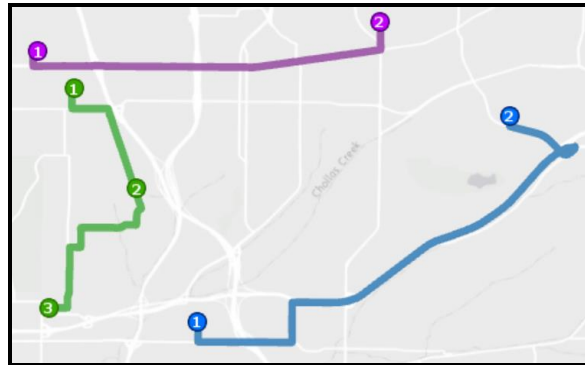


Abb. 13: Beispiel zu mehreren Routen in einer Analyse, (ESRI[k] 2021:online);

- **die Messung von Entfernungen zwischen mehreren Punktpaaren (Start Ziel-Paare)** (Tab. 2)

Pendler	Gesamtzahl der Meilen
Steven	19,9
Annette	32,4
Eli	24,0
Sharon	20,7

Tab. 2: Beispieltabelle zum Ergebniss einer Messung von Entfernungen zwischen mehreren Paarpunkten, (ESRI[k] 2021:online);

- **die Findung der schnellsten Gesamtroute unter Berücksichtigung einer Erreichung von bestimmten Zwischenstopps innerhalb einer definierten Zeitspanne (Bsp. zwischen 10:00 und 12:00 Uhr)**

über die Erstellung eines Routen-Analyse-Layer bearbeitet werden. Durch die Festlegung von bestimmten Eigenschaften wie beispielsweise die *Reihenfolge von Haltepunkten*, die *Gruppierung von Routen*, das *Zeifenster für Stopps*, die *Abfahrtszeiten*, den *Reisemodus* etc. können die genannten Problemarten sowie weitere spezifischere Probleme bei der Erstellung von Routen berücksichtigt und gelöst werden (vgl. ESRI[j] 2021:online; ESRI[k] 2021:online).

3.3.2.2 Analyse-Layer für Vehicle-Routing-Problem

Durch die Erstellung eines Analyse-Layers für das **Vehicle-Routing-Problem (VRP)** können Routen für Fahrzeugflotten optimiert und erstellt werden. Hierbei können im

Gegensatz zum einfachen Routen-Analyse-Layer, der die optimale Route für ein einziges Fahrzeug mit vielen Stopps erstellt, optimale Routen für eine Fahrzeugflotte samt der Abarbeitung von mehreren Aufträgen der einzelnen Fahrzeuge in der Flotte ermittelt werden. Als Beispiele werden hierbei – *„Unternehmen mit mehreren Transportfahrzeugen zur Auslieferung von Waren an Kunden, tägliche Kontrollbesuche einer Gesundheitsorganisation, die über einen Terminplan einzelne Gesundheitskontrolleure festlegt oder spezialisierte Recyclingunternehmen, die LKWs von einem Standort zu mehreren Restaurants schickt, um beispielsweise fetthaltige Abfallstoffe abzuholen“* – angeführt. Die optimale Ausführung von Aufträgen und eine Minimierung der Gesamtbetriebskosten für eine Flotte wird hierbei als wichtigstes Ziel eines Unternehmens genannt. Mit einem Analyse-Layer für das *Vehicle-Routing-Problem* können auch komplexere Probleme wie beispielsweise – *„das Vergleichen von Fahrzeugkapazitäten mit Auftragsmengen, die Zuteilung von Pausenzeiten für FahrerInnen oder auch eine Zusammenstellung von Auftragspaaren für dieselbe Route“* – gelöst werden. Als Verarbeitungsmaximum werden von *ESRI[r]* 2021:online 2.000 Aufträge und 100 Routen angegeben wobei eine Route maximal 200 Aufträge enthalten kann (vgl. *ESRI[p]* 2021:online; *ESRI[q]* 2021:online; *ESRI[r]* 2021:online).

3.3.2.3 Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse-Layer

Durch die Erstellung eines **Start-Ziel-Kostenmatrix-Layer** können Routen mit den geringsten Kosten im Netzwerk von mehreren Startpunkten aus, hin zu mehreren Zielen, gesucht und gemessen und eine Kostenübersicht zu den erhobenen Routen erstellt werden. In der Konfiguration dieses Analyse-Layers können Eigenschaften wie die maximale Entfernung zur Suche von Zielen, die Anzahl der Ziele, die gesucht werden sollen, sowie Werte zu den Kosten der Startpunkte eingegeben werden. Dabei müssen Angaben zu mindestens einem Startpunkt und einem Zielpunkt erfolgen. Die Kosten für einen Startpunkt müssen jedoch nicht zwingend selbst definiert werden, da anstatt dessen vordefinierte bzw. standardisierte Werte automatisch eingefügt würden. Als maximale Anzahl an möglichen Start- und Zielpunkten werden von *ESRI[n]* 2021:online jeweils 1000 Punkte angegeben. Die Ausgabe der *Start-Ziel-Kostenmatrix* erfolgt über eine Tabelle mit Angaben zur Fahrzeit und der Fahrstrecke, ausgehend von jedem Startpunkt hin zu jedem Zielpunkt. Weiters liefert der *Start-Ziel-Kostenmatrix-Layer* als Ergebnis gerade Linien und keine Linien, die entlang eines Netzwerkes verlaufen. Diese geraden Linien speichern die Fahrzeit und die Fahrstrecke, die auf dem zugrundeliegenden Netzwerk zurückgelegt wird und nicht die dargestellte geradlinige Entfernung zwischen zwei Punkten. Es wird dabei für jedes Punktepaar (Start-Ziel) der beste Weg auf dem Netzwerk erfasst und die Entfernungen und die Reisezeiten in der Attributtabelle abgespeichert. Die Auflistung der Start- und Zielpunkte in der Attributtabelle erfolgt dabei in aufsteigender Reihenfolge und basierend auf den minimal errechneten Zeit- oder Entfernungswerten zwischen den jeweiligen Start- und Zielpunkten. Als Hauptargument zur Ausgabe von geradlinigen Verbindungen wird von *ESRI[n]* 2021:online eine bessere *Performance* bzw. eine schnellere Berechnung der Werte angeführt. Als häufiges

Anwendungsgebiet einer *Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse* werden Vorberechnungen für andere räumliche Analysen genannt. Als Beispiel für die Hinzunahme von Netzwerkkosten wird eine bessere Möglichkeit zur Modellierung von Personenbewegungen in bebauten Umgebungen auf Straßen oder Fußwegen angeführt (vgl. *ESRI[l] 2021:online; ESRI[m] 2021:online; ESRI[n] 2021:online; ESRI[o] 2021:online*).

Die nachstehende Darstellung (Abb. 14) zeigt das Ergebnis aus einem Beispiel zu einer *Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse* von *ESRI[o] 2021:online* bei dem die kostengünstigsten Wege von jedem Startpunkt zu den vier nächstgelegenen Zielpunkten gesucht wurden. Zum besseren Verständnis des Beispiels wurde in der rechten Grafik (B) nur die kürzeste Strecke von Milwaukee nach Detroit dargestellt. Zusätzlich dazu wurde auch ein Auszug der dazugehörigen Attributtabelle abgebildet und die tatsächlich zu fahrende Strecke entlang des Straßennetzwerks eingezeichnet. Die gerade Linie verbindet Start- und Zielpunkt und repräsentiert dabei die Zeit der tatsächlich zurückgelegten Strecke auf dem Straßennetzwerk. Die kürzeste Strecke von Milwaukee nach Detroit ergibt hierbei eine Fahrzeit von 355 Minuten und wird somit als Information zur geradlinigen Verbindung in der Attributtabelle abgespeichert (vgl. *ESRI[o] 2021:online*).

Beispiel einer Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse

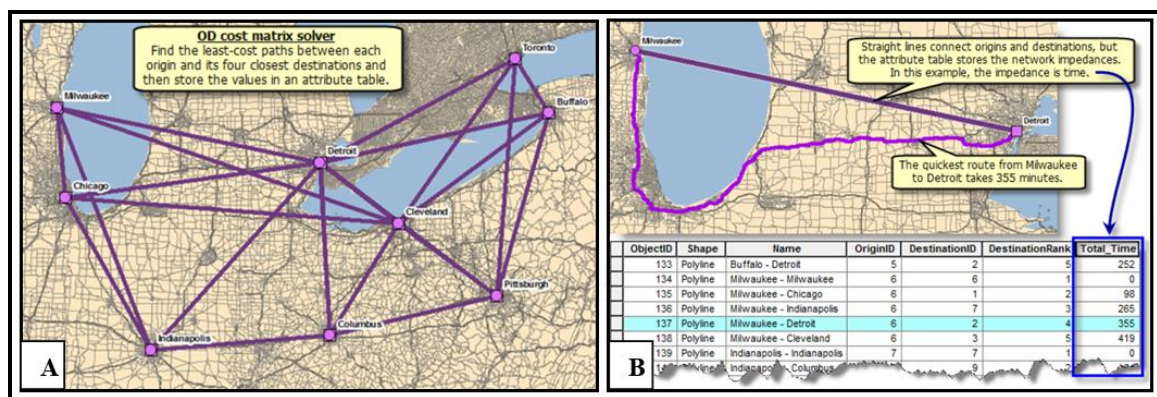


Abb. 14: Beispiel eines Ergebnis zu einer Start-Ziel-Kostenmatrix-Analyse, (*ESRI[o] 2021:online*);

3.3.2.4 Einzugsgebiet-Analyse-Layer

Durch die Erstellung eines **Einzugsgebiet-Analyse-Layer** können Fragestellungen wie beispielsweise – „Welche Strecke kann ich von diesem Standort aus innerhalb von 5 Minuten zurücklegen? Welche Gebiete liegen innerhalb einer Fahrstrecke von 3 Kilometern von meinem Geschäft oder Welche Gebiete liegen im Abstand von 4 Minuten von unseren Feuerwachen?“ etc. – beantwortet werden (vgl. *ESRI[i] 2020:online*).

Mit dem Werkzeug **Make-Service-Area-Analysis-Layer** kann ein Netzwerkanalyse-Layer für die Generierung von Einzugsgebieten um Einrichtungen erstellt werden und die Festlegung der Analyseigenschaften erfolgen. Bei der Erstellung von Einzugsgebieten rund um Einrichtungen, wird ähnlich dem Prinzip des „puffern“ rund um einen Punkt

vorgegangen. Ein Puffer wird durch die Eingabe einer geradlinigen Entfernung (Radius) von einem Punkt aus erstellt und liefert als Ergebnis einen Kreis, der den Bereich innerhalb der gewählten Entfernung um diesen Punkt darstellt. Bei der Generierung von Einzugsgebieten um Einrichtungen besteht die Möglichkeit unterschiedliche Distanzen (Zeit oder Maß) und Distanzeigenschaften (Auto, Fahrrad, Fußgänger etc.) einzugeben. Der wesentliche Unterschied gegenüber der Methode des „puffern“ liegt in der Berechnung der Strecken. Bei Einzugsgebietsanalysen erfolgt die Berechnung auf Basis eines Netzwerkes, bei denen die Entfernungen über ein Straßen- oder Fußwegenetzwerk abgebildet werden. Die Ausgabeform der Einzugsgebiete kann dabei in Polygonen rund um die Einrichtungen oder Liniensegmenten auf dem Netzwerk gewählt werden. (vgl. *ESRI[a] 2020:online; ESRI[h] 2020:online; ESRI[i] 2020:online*).

Die Darstellung (Abb. 15) zeigt den Vergleich einer Pufferzone mit einem Einzugsgebiet. Der dunkel eingefärbte Kreis repräsentiert einen 5 Kilometer Puffer um einen Punkt und das unregelmäßige hellere Polygon zeigt ein berechnetes Einzugsgebiet mit einer Fahrdistanz von 5 Kilometern auf einem Straßennetzwerk, ausgehend von demselben Punkt. Dabei ist ein deutlicher Unterschied in der Größe zwischen den beiden erstellten Gebieten zu erkennen. Dieser Größenunterschied zwischen einem Puffer und einem Einzugsgebiet, kann beispielsweise bei der Erhebung von potenziellen Kunden, innerhalb dieser Polygone, zu deutlichen Abweichungen in der Anzahl dieser führen. In weiterer Folge bedeutet dies auch eine größere Unschärfe in der Genauigkeit von Ergebnissen und weiterführenden Analysen (vgl. *ESRI[i] 2020:online*).

Vergleich zweier Formen von Einzugsgebieten

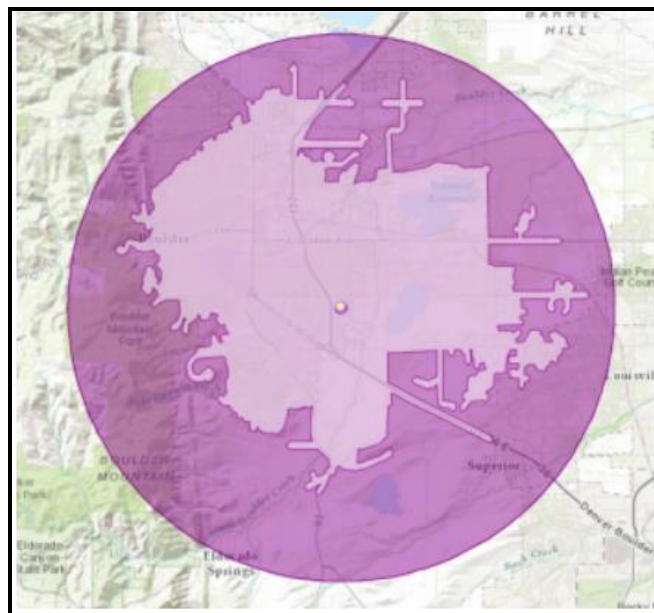


Abb. 15: Fünf-Kilometer-Puffer (Kreis) im Vergleich zu einem 5-Kilometer-Einzugsgebiet (unregelmäßiges Shape im Kreis), (*ESRI[i] 2020:online*);

3.3.2.5 Location-Allocation-Analyse-Layer

Als wichtiger Erfolgsfaktor eines Unternehmens oder einer Organisation wird von *ESRI[s] 2021:online* der Standort genannt. Die Geringhaltung der Fixkosten und eine gute Erreichbarkeit werden dabei als wesentliche Punkte für einen erfolgreichen Standort angeführt. Eine gute Wahl des Standortes kann beispielsweise zu wesentlichen Kostenreduktionen von Dienstleistungen führen. Dabei können kleinere Läden mit einem regionalen Kundenkreis sowie größere Konzerne mit einem weltweiten Netz an Verteilerzentren samt deren zu beliefernden Geschäftslokalen gleichermaßen profitieren. Durch eine optimale Wahl des Standortes können auch öffentliche Institutionen wie beispielsweise Feuerwehrezentralen oder Rettungsdienste profitieren und angebotene Leistungen effizienter und kostengünstiger bereitstellen (vgl. *ESRI[s] 2021:online*).

Durch eine **Location-Allocation-Analyse** können Problemstellungen wie beispielsweise – „die Ermittlung von potenziellen Ladenstandorten für ein Einzelhandelsgeschäft, um eine zehnprozentige Abdeckung des Einzelhandels in einem Gebiet zu erreichen oder die Ermittlung von Feuerwehrstandorten, um 90% eines Gemeindegebietes innerhalb von vier Minuten zu erreichen“ – gelöst werden (vgl. *ESRI[u] 2020:online*).

Über die Erstellung eines **Location-Allocation-Analyse-Layer** können durch die Eingabe von Einrichtungen (z.B. Geschäftsstandorte) und die Eingabe von Bedarfspunkten (z.B. potenzielle Kundenstandorte), die besten Einrichtungsstandorte, die eine effiziente und optimale Versorgung der Bedarfspunkte gewährleisten, gefunden und ausgegeben werden. Bei der Erstellung eines *Location-Allocation-Analyse-Layer* muss mindestens eine Einrichtung und ein Bedarfspunkt angegeben werden, um eine Berechnung der Analyse durchzuführen. Weiters können auch Barrieren in Form von Punkten, Linien oder Polygonen importiert werden. Über eine weitere Einstellungsmöglichkeit zu dieser Analyse kann ein *Reisemodus* (Auto, Fußgänger, Radfahrer etc.) gewählt und eine *Fahrtrichtung* (hin zu Einrichtungen oder weg von Einrichtungen) bestimmt werden, wobei die Auswahlmöglichkeiten zum *Reisemodus* von der Konfigurierung eines zugrundeliegenden Netzwerkdatensatzes abhängig sind (vgl. *ESRI[s] 2021:online*; *ESRI[t] 2021:online*).

Um das Ziel eines **Location-Allocation-Problems** zu beschreiben, werden von *ESRI[s] 2021:online* zwei unterschiedliche Arten an Fragestellungen – *Wo sollen drei Notdiensteinrichtungen platziert werden, damit die größte Anzahl von Personen in einem Wohngebiet innerhalb von vier Minuten erreicht werden kann?* und *Wo sollte sich ein Industriebetrieb ansiedeln, um die Gesamttransportkosten zu minimieren?* – als Beispiele angeführt. Diese Arten von Fragestellungen dienen als Beispiele für zahlreiche ähnliche Problemstellungen, die über einen *Location-Allocation-Layer* gelöst werden können. Dadurch soll auch vermittelt werden, dass nicht alle *Location-Allocation-Analysen* zur Lösung desselben Problems führen, sondern das Ziel dieser Analyse vom gesuchten Einrichtungstyp abhängig ist. Durch die Erstellung eines *Location-Allocation-Analyse-Layer* können *sieben spezifische Problemtypen* zur Beantwortung der genannten Arten an Fragestellungen angewendet werden (vgl. *ESRI[s] 2021:online*).

In weiterer Folge werden die **sieben Problemtypen**, die über einen *Location-Allocation-Layer* in ArcGis-Pro gelöst werden können, aufgezählt und beschrieben.

- **Gewichtete Impedanz minimieren (P-Median)**

Die Impedanz wird im Online-GIS Wörterbuch von Esri als „*Ein Messwert der Widerstandsgröße oder Kosten, die nötig sind, um einen Netzwerkpfad aufzurufen oder um von einem Element im Netzwerk zu einem anderen zu gelangen (ESRI[v] 2021:online)*“ beschrieben.

„*Ein optimaler Pfad in einem Netzwerk ist der Pfad der niedrigsten Impedanz, auch kostengünstigste Route genannt (ESRI[v] 2021:online).*“

Bei dem Problemtyp **Gewichtete Impedanz minimieren (P-Median)** erfolgt eine Auswahl aus eingegebenen Einrichtungsstandorten über eine Minimierung der Summe aller gewichteten Kosten von Bedarfspunkten und Lösungseinrichtungen. Die Summenberechnung der gewichteten Impedanz erfolgt durch eine Multiplikation des Bedarfs, welcher einer Einrichtung zugeordnet wird, mit der Impedanz zur Einrichtung. Als typischer Anwendungsfall dieses Problemtyps wird die Suche von Standorten für Warenlagerstätten (Einrichtungen) genannt, da über diese Anwendung eine Reduktion der Transportkosten zur Belieferung von Verkaufsstandorten (Bedarfspunkten) mit Waren erzielt werden kann. Über die Option *Impedanz-minimieren* kann ein *Impedanz-Grenzwert* angegeben werden oder auch keine Angabe eines Grenzwertes für die Impedanz erfolgen. Bei Angabe eines *Impedanz-Grenzwert* erfolgt eine Reduzierung der zu überbrückenden Gesamtstrecke, die zum Erreichen einer Einrichtung zurückgelegt werden muss. Als *Impedanz-Grenzwert* kann beispielsweise eine Zeit, eine Fahrstrecke oder eine berechnete Reisegeschwindigkeit etc. angegeben werden. Als Beispiele für eine Analyse ohne *Impedanz-Grenzwert* wird die Suche eines oder mehrerer Standorte für öffentliche Einrichtungen genannt. Museen, Krankenhäuser oder Bibliotheken etc. werden dazu als gewöhnliche Anwendungsfälle zur Unterscheidung dieses Problemtyps gegenüber der Anwendung eines anderen Problemtypen genannt (vgl. *ESRI[s] 2021:online; ESRI[v] 2021:online*).

- **Flächendeckung maximieren**

Bei der Anwendung des Problemtyps **Flächendeckung maximieren** erfolgt eine Auswahl aus den eingegebenen Einrichtungsstandorten über eine Zuordnung von möglichst vielen Bedarfspunkten mit einer Lage innerhalb des angegebenen *Impedanz-Grenzwertes*. Weiters besteht hierbei die Möglichkeit einer Angabe zur Anzahl an Einrichtungen, über die eine Maximierung der Flächendeckung erreicht werden soll. Als Lösungsstandorte werden diejenigen Einrichtungen, die einen möglichst hohen Bedarf innerhalb des angegebenen *Impedanz-Grenzwertes* abdecken, ausgewählt. Zu diesem Anwendungsfall wird die Behandlung der Bedarfspunkte über eine Auflistung beschrieben. Daraus geht hervor, dass Bedarfspunkte mit einer Lage außerhalb der *Impedanz-Grenzwerte* von allen Einrichtungen, nicht zugeordnet werden und bei einer Lage innerhalb des *Impedanz-Grenzwertes* einer Einrichtung, die gesamte Gewichtung

dieser Einrichtung zugewiesen wird. Weiters wird darauf verwiesen, dass die gesamte Gewichtung des Bedarfs der nächstgelegenen Einrichtung zugewiesen wird, wenn sich ein Bedarfspunkt innerhalb eines Impedanz-Grenzwert von zwei oder mehreren Einrichtungen befindet. Institutionen wie beispielsweise Feuerwehrzentralen, Polizeistationen oder Notdienstzentralen, die einen Einsatzstandort innerhalb einer bestimmten Zeit erreichen müssen, werden hierbei als häufige Anwendungsbeispiele zur Maximierung der Flächendeckung angegeben (vgl. ESRI[s] 2021:online).

- **Zulässige Abdeckung maximieren**

Durch die Anwendung des Problemtyps **Zulässige Abdeckung maximieren** erfolgt eine Auswahl aus den eingegebenen Einrichtungen unter der Berücksichtigung von Kapazitätsbeschränkungen der einzelnen Einrichtungen. Dabei sollen so wenig Einrichtungen wie notwendig, so viele Bedarfsmengen wie möglich bereitstellen (vgl. ESRI[s] 2021:online).

„Zulässige Abdeckung maximieren verhält sich entweder wie der Problemtyp Gewichtete Impedanz minimieren (P-Median) oder wie der Problemtyp Flächenabdeckung maximieren, allerdings mit der hinzugefügten Kapazitätseinschränkung (ESRI[s] 2021:online).“

Weiters wird auch angefügt, dass im Gegenteil zu *Flächendeckung maximieren*, für *Zulässige Abdeckung maximieren* kein Impedanz-Grenzwert angegeben werden muss. Wird jedoch ein Grenzwert für die Impedanz angegeben, werden alle Bedarfspunkte außerhalb der Grenzwerte der Einrichtungen nicht zugewiesen. Als typische Anwendungsfälle für den Problemtyp **zulässige Abdeckung maximieren** werden Beispiele wie – „die Generierung von Gebieten, die eine bestimmte Anzahl an Personen oder Geschäften beinhalten, die Positionierung von Krankenhäuser mit einer beschränkten Kapazität an Betten oder die Positionierung von Warenlager mit begrenzten Lagerkapazitäten“ – genannt (vgl. ESRI[s] 2021:online).

- **Flächendeckung maximieren und Einrichtungen minimieren**

Bei der Anwendung des Problemtyps **Flächendeckung maximieren und Einrichtungen minimieren** erfolgt eine Auswahl der eingegebenen Einrichtungsstandorte über eine Zuordnung von möglichst vielen Bedarfspunkten mit einer Lage innerhalb des angegebenen Impedanz-Grenzwertes und eine Minimierung der Anzahl an Lösungsstandorten, die einen möglichst hohen Bedarf innerhalb des angegebenen Impedanz-Grenzwertes abdecken. Der Unterschied zwischen dem zuvor beschriebenen Problemtyp *Flächendeckung maximieren* und dem Problemtyp *Flächendeckung maximieren und Einrichtungen minimieren* besteht in der Festlegung der gesuchten Lösungsstandorte, die hierbei nicht über einen Faktor wie beispielsweise ein Budgetlimit für bauliche Maßnahmen begrenzt wird. Als Anwendungsbeispiel des Problemtyp *Flächendeckung maximieren und Einrichtungen minimieren* wird die Auswahl von Schulbushaltestellen, bei denen eine bestimmte Entfernung zu Fuß

zurückgelegt werden soll, ehe eine zusätzliche Haltestelle mit einer geringeren Entfernung zu einem Wohngebiet errichtet wird, genannt (vgl. ESRI[s] 2021:online).

- **Erreichbarkeit maximieren**

Durch die Anwendung des Problemtyps **Erreichbarkeit maximieren** erfolgt eine Auswahl aus den eingegebenen Einrichtungen indem den Einrichtungen möglichst viel Bedarfsgewichtung zugeordnet wird und unter der Annahme einer Abnahme der Bedarfsgewichtung mit zunehmender Entfernung. Hierbei wird eine weniger wahrscheinlichere Nutzung von Personen mit weiteren Anfahrtswegen zu einer Einrichtung angenommen. Die sogenannte *Entfernungsabhängigkeit* (Distance-Decay) kann mit einer *Impedanz-Transformation* angegeben werden. Beim Problemtyp **Erreichbarkeit maximieren** werden Bedarfspunkte außerhalb des *Impedanz-Grenzwert* keiner Einrichtung zugeordnet und bei den Bedarfspunkten innerhalb des *Impedanz-Grenzwertes* erfolgt eine anteilmäßige Zuordnung nach dem Grenzwert und der *Impedanz-Transformation*. Als Profiteure dieses Problemtyps werden spezielle Filialen mit wenig bis hin zu keiner Konkurrenz genannt. Weiters werden auch Einzelhandelsunternehmen und Restaurants, die über keine oder unzureichende Daten für eine Marktanteilsanalyse verfügen, als Profiteure dieses Problemtyps aufgezählt. Als Beispiele für Profiteure dieses Problemtyps werden Kaffeehäuser, Fitnesscenter, Zahnarzt- und Arztordinationen, Elektronikhändler oder Bowlingbahnen angeführt. Als häufigsten Anwendungsfall des Problemtyps **Erreichbarkeit maximieren** wird die Auswahl an öffentlichen Bushaltestellen genannt (vgl. ESRI[s] 2021:online).

- **Marktanteil maximieren**

Durch die Auswahl **Marktanteil maximieren** kann die Anzahl an auszuwählenden Einrichtungen selbst angegeben werden. Die Auswahl der Einrichtungen erfolgt, indem die größtmögliche Menge eines Bedarfs gegenüber von Mitbewerbern abgedeckt wird. Als Ziel dieses Problemtyps wird die Erreichung eines größtmöglichen Marktanteils, der über eine bestimmte Anzahl an Einrichtungen erzielt werden kann, genannt. Eine wesentliche Voraussetzung zur Anwendung des Problemtyp **Marktanteil maximieren** ist das Vorhandensein von umfangreichen Daten und Informationen über Mitbewerber, da hierbei zusätzlich zur Gewichtung der eigenen Einrichtungen auch die Gewichtung der Mitbewerbereinrichtungen eine wesentliche Komponente darstellen. Als Beispiele für **Marktanteil Maximieren** werden dieselben Anwendungsbeispiele wie beim zuvor beschriebenen Problemtyp **Erreichbarkeit maximieren** angeführt unter der Voraussetzung, dass ausreichend Daten von Mitbewerbern zur Verfügung stehen (vgl. ESRI[s] 2021:online).

- **Ziel-Marktanteil**

Über den Problemtyp **Ziel-Marktanteil** wird eine Mindestanzahl an erforderlichen Einrichtungen aus den eingegebenen Einrichtungen ausgewählt, um einen bestimmten prozentuellen Anteil des gesamten Marktanteils zu erfassen. Zusätzlich wird hierbei von

einem Mitbewerber, der dieselben Produkte oder Dienstleistungen anbietet, ausgegangen. Bei einer Verfügbarkeit von ausreichend Informationen zum Mitbewerber, können für die Anwendung des Problemtyps *Ziel-Marktanteil* dieselben Typen an Einrichtungen wie bei dem Problemtyp *Erreichbarkeit maximieren* verwendet werden. Als konkretes Beispiel wird hierbei auf große Discountketten ohne Vorgabe eines bestimmten Budgetlimits, die in Erfahrung bringen wollen wie stark expandiert werden muss, um die Erreichung eines bestimmten Marktanteils zu erzielen, verwiesen. Bei einem vorgegebenen Budget wird von *ESRI[s] 2021:online* auf die Verwendung des Problemtyps *Marktanteil maximieren* verwiesen, da hierbei versucht werden kann, über eine begrenzte Anzahl an Einrichtungen, den größtmöglichen Marktanteil zu erreichen (vgl. *ESRI[s] 2021:online*).

3.4 Räumliche Analysefunktionen und Ermittlung von Standort-Potenzialen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde insbesondere auf Netzwerkanalysen, die Generierung von Einzugsgebieten um Einrichtungen und weitere Analysefunktionen auf Basis von Netzwerkdatensätzen eingegangen. *Räumliche Analysen* im Allgemeinen dienen zur Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen und können auf Grundlage eines Vector- oder Rastermodells, sowie einer Kombination der beiden Modelle durchgeführt werden (vgl. *LANGE, DE N. 2020:396f.*). Für diese Masterarbeit spielen geometrisch-topologische Analysefunktionen, die dem Vektormodell zugrunde liegen eine höher gewichtete Rolle. Daher werden diesbezüglich wichtige Anwendungen von *räumlichen Analysefunktionen* in Geoinformationssystemen in diesem Unterkapitel näher vorgestellt.

Räumliche Analysefunktionen werden durch eine Einteilung in drei größere Gruppen – ***Buffer-Funktionen***, ***Boundary-Funktionen*** und ***Overlay-Funktionen*** – beschrieben (vgl. *LANGE, DE N. 2020:401f.*).

3.4.1 Buffer-Funktionen

Zu den Buffer-Funktionen zählt die Generierung von Zonen um ausgewählte Geoobjekte, die im Gegensatz zur Generierung von Einzugsgebieten auf Basis von Netzwerkdaten (Kap. 3.2), durch eine Berechnung nach rein geometrischen Bedingungen erfolgt. Durch die Anwendung einer Buffer-Funktion werden beispielsweise auch keine topologischen Gegebenheiten berücksichtigt. Bei der Bildung einer Zone werden alte Datenebenen nicht verändert und es entsteht immer eine neue Fläche mit Informationen zur Größe und dem Umfang einer Zone, ohne weitere Attributwerte. Die Breite einer Zone kann entweder über einen konstanten Wert oder eine numerische Attributinformation bestimmt werden. Die Darstellung (Abb. 16) zeigt ein Beispiel für generierte Zonen (rot) unter Anwendung einer Buffer-Funktion anhand eines Punkts, einer Linie und eines Polygons. Als Beispiel für die Anwendung solcher Zonen werden Berechnungen zu Straßenflächen, die über Attributinformationen zu deren Breite und daraus erstellte Buffer-Zonen generiert werden

können, genannt. Weiters werden auch Berechnungen zu vorgeschriebenen Abstandserlassen im Zuge einer Bauleitplanung zur Einhaltung bestimmter Abstände zwischen bestimmten Gebäuden angeführt (vgl. LANGE, DE N. 2020:401f.).

Beispiele für Pufferzonen um einen Punkt, einer Linie und einem Polygon

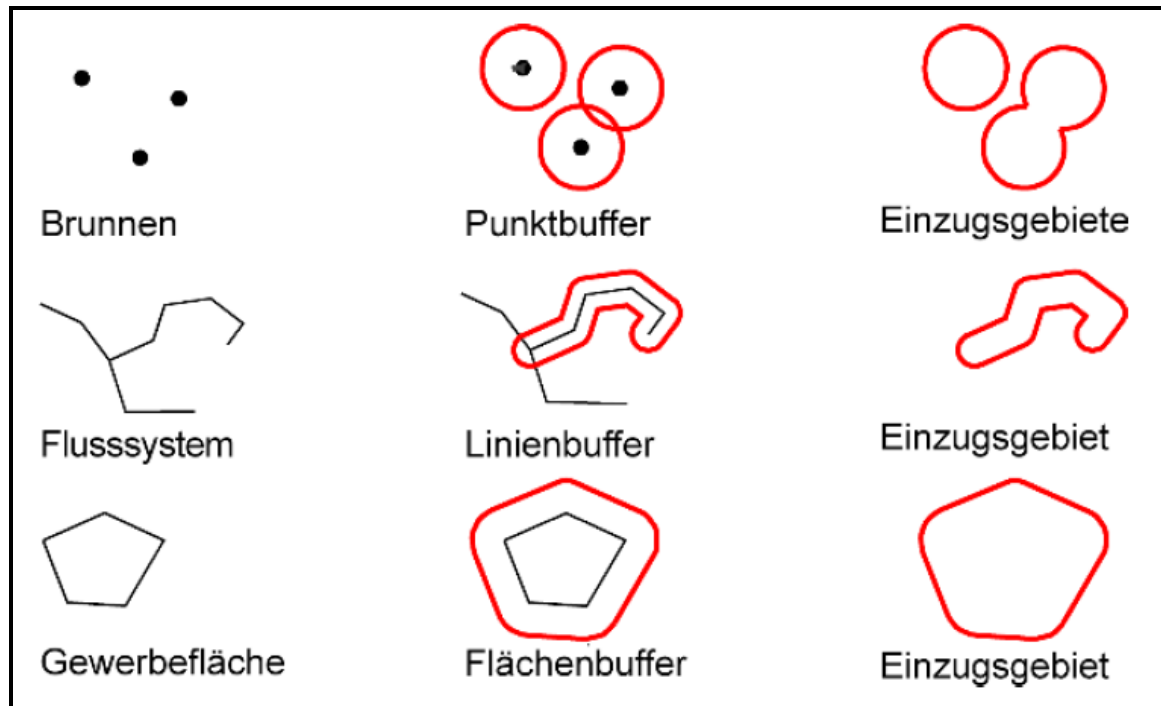


Abb. 16: Generieren von Pufferzonen, (LANGE, DE N. 2020:402);

3.4.2 Boundary-Funktionen

Verarbeitung von Grenzen (Boundary-Funktionen)

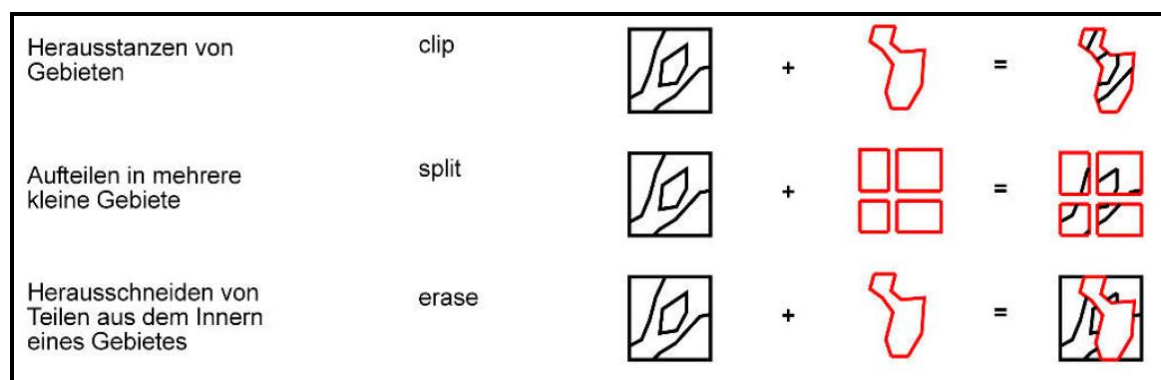


Abb. 17: Verarbeitung von Grenzen (Boundary-Funktionen), (LANGE, DE N. 2020:402);

Bei der Verarbeitung von Grenzen über sogenannte **Boundary-Funktionen** werden Geometrien einer Datenebene abgewandelt und in ausgestanzter Form dargestellt, ohne

dass Attributwerte dabei verändert werden. Es wird alleinig eine Neuberechnung des Umfangs und des Flächeninhalts der Teilflächen durchgeführt. Die Darstellung zur Verarbeitung von Grenzen über Boundary-Funktionen (Abb. 17) zeigt die Funktionen **Clip**, **Split** und **Erase**. Die Grenzen (Boundaries) sind dabei in Form von roten Polygonen ersichtlich. Über die Funktion **Clip** können Gebiete und deren Inhalt herausgestanzt werden, über die Funktion **Split** werden Inhalte in kleinere Gebiete aufgeteilt und durch die Funktion **Erase** können Teile aus dem inneren eines Gebietes herausgeschnitten werden (vgl. LANGE, DE N. 2020:402).

3.4.3 Overlay-Funktionen

Overlay-Funktionen bezeichnen räumliche Überlagerungen oder Verschneidungen bei denen Ausgangsdatensätze verknüpft oder verschnitten werden können und neue Datensätze mit Geometrien und Sachdaten entstehen. Durch die Anwendung solcher Funktionen erfolgt eine Neuberechnung des Flächeninhalts und des Umfangs eines Geoobjekts. Die Attributwerte und die Attributeigenschaften werden dabei von den jeweiligen Ausgangsdatensätzen übernommen. Die Darstellung zu den Überlagerungs- und Verschneidungsfunktionen (Overlay-Funktionen) (Abb. 18) zeigt die Overlay-Funktionen **Union**, **Identity** und **Intersect** anhand eines einfachen Beispiels. Über die Funktion **Union** erfolgt eine Überlagerung und Vereinigung von Gebieten, wobei sämtliche Gebiete erhalten bleiben. Mit der Funktion **Identity** kann eine Identifizierung von Input-Themen und eine Überlagerung zu Themen-Gebieten vorgenommen werden. Die Funktion **Intersect** ermöglicht eine Überlagerung und die Bildung des gemeinsamen Durchschnitts von Gebieten. (vgl. LANGE, DE N. 2020:403)

Überlagerungs- und Verschneidungsfunktionen (Overlay-Funktionen)

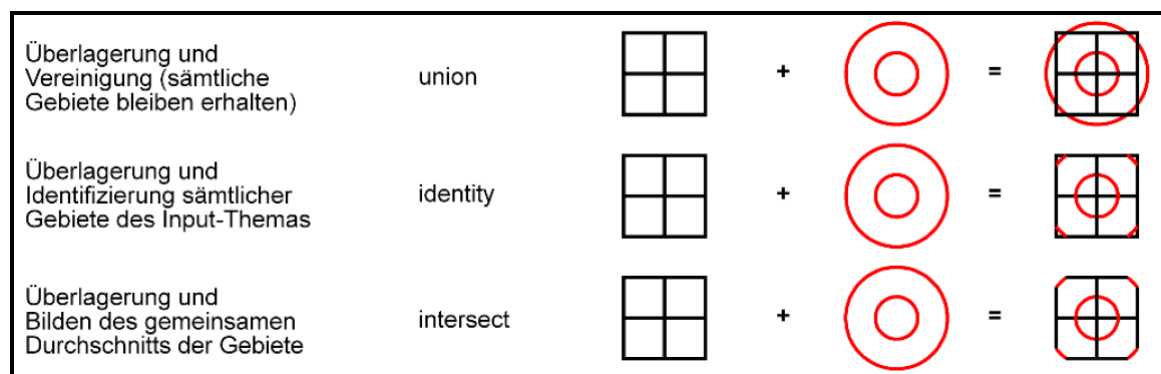


Abb. 18: Räumliche Überlagerungs- oder Verschneidungsfunktionen (Overlay-Funktionen), (LANGE, DE N. 2020:403);

3.4.4 Ermittlung von Standortpotenzialen

Die Verschneidung von Versorgungsbereichen wie beispielsweise generierte Zonen oder Einzugsgebiete um Einrichtungen mit Wohngebäuden samt Informationen zu deren ansässigen Wohnbevölkerung und die Bildung gemeinsamer Durchschnitte von thematischen Schichten werden als Standardaufgaben, die über Geoinformationssysteme gelöst werden können, genannt und dienen häufig zur Ermittlung von Standortpotenzialen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen (vgl. LANGE, DE N. 2020:416).

Generierte Einzugsgebiete oder Versorgungsbereiche rund um Einrichtungen können zur Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen herangezogen werden, um unterschiedliche Potenziale bezüglich deren Nutzung innerhalb eines bestimmten Gebietes zu ermitteln. Ergebnisse aus solchen Analysen können wiederum in einem erweiterten Entscheidungsfindungsprozess bei der Planung von zusätzlichen Einrichtungsstandorten oder der Optimierung eines Filialnetzes herangezogen werden. Beispielsweise können Fragestellungen – *Wie viele Kunden sich innerhalb eines Einzugsbereichs befinden, wie hoch die Kaufkraft innerhalb eines Versorgungsbereichs ist oder welche Altersstruktur in der ansässigen Wohnbevölkerung mit einem Zugang zu bestimmten Einrichtungen, innerhalb einer definierten Reichweite vorherrscht* (vgl. SEGERER, M 2011:28ff) – über solche Berechnungen beantwortet werden. Fragen dieser Art werden im Zusammenhang mit Potenzialanalysen als entscheidende Fragestellungen angeführt. Beispielsweise wird die Frage – *„wie viele Kunden sich im Einzugsbereich befinden* (SEGERER, M 2011:28)“ – für Potenzialprognosen von Handelsimmobilien-Mikro-Standorten in SEGERER, M 2011:28ff angeführt. In diesem Zusammenhang wird auch auf den Eindruck eines numerischen Sachverhalts verwiesen, den diese Frage vermittelt und auf die eigentlich vorherrschende und relevante räumlichen Fragestellung nach dem „Wo“ verwiesen (vgl. SEGERER, M 2011:28). Zum Beispiel Fragen wie – *„Wo befindet sich der Immobilienstandort? – oder – Wo befinden sich die potenziellen Kunden?* (SEGERER, M 2011:28f)“ etc. – werden dabei aufgezählt. Die Beantwortung solcher Fragen werden dabei als Basiselemente zur Abschätzung von Kundenpotenzialen, einer darauf aufbauenden Bildung von Schnittmengen aus Einzugsgebieten und der räumlichen Verteilung eines Kundenpotenzial bezeichnet (vgl. SEGERER, M 2011:28ff; KLEIN 2007:17; BALLAS, D. et.al. 2018:75ff; LANGE, DE N. 2020:414ff).

4 Softwarewahl und Datenbasis

Die Durchführung der GIS-basierten Standort- und Potenzialanalyse zur Erweiterung der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur erfordert die Einbindung unterschiedlicher Datensätze. In Kapitel 2 wurden bereits vorangegangene Forschungen zu öffentlichen E-Ladeinfrastrukturprojekten in europäischen Ballungsräumen und im Speziellen für Wien vorgestellt. Ein spezieller Fokus lag dabei auf der Schaffung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur und bedeutenden Anforderungs- und Ausbaukriterien der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur zur Umsetzung dieser Standort- und Potenzialanalyse (vgl. Kap 2.4). In einem weiteren Kapitel wurden GIS-spezifische Grundlagen, Methoden und Softwareprodukte mit Fokus auf Anwendungen zu dieser Standort- und Potenzialanalyse vorgestellt. Der Schwerpunkt lag dabei auf Netzwerkanalysen, der Generierung von Einzugsgebieten um Einrichtungen, der Ermittlung von Standortpotenzialen und Funktionen für räumliche Analysen in GIS- Softwareprodukten (vgl. Kap. 3). In diesem Teil der Arbeit wird vorerst die Wahl der verwendeten Softwareprodukte dargelegt. Darauf folgend werden Anforderungen an die Datenbasis beschrieben und geeignete Datensätze für diese Masterarbeit vorgestellt.

4.1 Softwarewahl

Die Softwareprodukte für diese Masterarbeit müssen über eine ausgedehnte Palette an Funktionen verfügen. Beispielsweise soll die Editierung und die Erstellung von Shapefile-Dateien einfach und zeiteffizient möglich sein. Auch Möglichkeiten zur Bearbeitung von Attributtabelle wie beispielsweise die Berechnungen von neuen Attributwerten und die Encodierung von Sonderzeichen in den Attributwerten samt der Transformation in diverse andere Unicode-Zeichensätze (System, ISO, UTF-8 etc.) sollen unkompliziert möglich sein. Weiters müssen auch ausgereifere Funktionen zur Durchführung von Netzwerkanalysen wie Erreichbarkeitsanalysen zur Erstellung von Einzugsgebieten rund um Einrichtungen in der Software enthalten sein. Als weitere wichtige Komponenten sollen auch Anwendungen zur Automatisierung von Prozessen gegeben sein. Dadurch sollen wiederkehrende Datenverarbeitungsschritte, Transformationen zwischen unterschiedlichen Datenformaten und Umrechnungen zwischen unterschiedlichen Koordinatensystemen einfach und zeiteffizient umsetzbar sein. Ein weiterer wesentlicher Aspekt in der Wahl zu geeigneten Softwareprodukten ist auch das Vorhandensein von ausreichenden Dokumentationen und Tutorials zu den unterschiedlichen Anwendungen der Softwareprodukte.

Der Kostenfaktor in der Wahl der geeigneten Softwareprodukte soll ebenfalls berücksichtigt werden und kostenlose oder kostengünstige Produkte bevorzugt Anwendung finden. Anzumerken ist hierbei, dass für diese Masterarbeit die *GIS-Softwareprodukte ArcGis-Pro* und die *Datentransformationssoftware FME* kostenlos von der Wien Energie GmbH bereitgestellt werden, da der Konzern über einen Lizenzvertrag zur Nutzung dieser

Produkte verfügt. Neben den genannten Softwareprodukten, die auch kostengünstig oder kostenlos über diverse Studentenlizenzen bezogen werden können, ist auch die kostenlose und quelloffene GIS-Software **QGIS** als erweiterte Option zur Anwendung in dieser Standort- und Potenzialanalyse zu nennen, da dieses *Open-Source-GIS* über eine umfangreiche Palette an Anwendungen samt ausreichend Dokumentationen dazu verfügt.

Für diese Standort- und Potenzialanalyse werden die Dateninspektionen und Datenaufbereitungsschritte vermehrt über die quelloffene Software **Qgis** und teilweise über das Tabellen-kalkulationsprogramm **Microsoft Excel** erfolgen. Die Wahl der GIS-Software **Qgis** zur Inspektion von Daten und zu Anwendungen für die Datenaufbereitungsprozesse erschließt sich einerseits aus der Möglichkeit zur schnellen Einbindung diverser Datenformate und andererseits zu einfach gehaltenen Werkzeugen zur Bearbeitung von unterschiedlichen Datenformaten. Im Speziellen ist dabei auf die Editierung von Shapefile-Dateien und deren Möglichkeiten zur Bearbeitung von Attributtabellen zu verweisen. In diesem Zusammenhang soll auch die Möglichkeit zu Vorbereitungen und zu Berechnungen von tabellarischen Datensätzen wie beispielsweise für CSV-Tabellen über das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel genutzt werden. Für erweiterte und komplexere Datenverarbeitungsprozesse soll die Möglichkeit zur Erstellung von automatisierten Datenverarbeitungsprozessketten durch die Software **FME** genutzt werden. Die Wahl dazu erschließt sich aus der Vielzahl an unterschiedlichen Funktionen zu einer schnellen und zeiteffizienten Verarbeitung von diversen Datensätzen, bestehend aus unterschiedlichen Datenformaten, beispielsweise in der Anwendung zur Erstellung automatisierter Prozessketten für wiederkehrende Arbeitsschritte in aufwendigeren Datenaufbereitungsprozessen (vgl. Kap 3.1.1). Als weiteres zentrales GIS-Softwareprodukt wird auch die GIS-Software **ArcGis-Pro** für erweiterte räumliche Datenanalysen eingesetzt. Hierbei sind vor allem die ausgereiften Funktionen des beinhaltenden Netzwerkanalysewerkzeugset – **Network Analyst** – hervorzuheben. Mit dem *Network-Analyst-Toolset* von ArcGis-Pro stehen zahlreiche ausgereifte räumliche Analysemöglichkeiten auf Basis von Netzwerkdatsätzen zur Verfügung. Als Beispiel sind hierbei die Erstellung von Einzugsgebieten rund um Einrichtungen und die zahlreichen Analysemöglichkeiten anzuführen. Aufgrund der Relevanz dieses Toolsets wurde der *Network Analyst* von ArcGis-Pro schon ausführlicher beschrieben und die darin enthaltenen Möglichkeiten und Funktionen zur Analyse räumlicher Daten näher vorgestellt (vgl. Kap. 3.3). Zur Wahl der genannten Softwareprodukte ist anzumerken, dass hierfür ausreichend Dokumentationen und Tutorials auf diversen Onlineportalen frei zur Verfügung stehen und somit auch eine gute Hilfestellung für komplexere Anwendungen der Produkte und Funktionen gegeben ist.

4.2 Anforderungen an die Datenbasis

Zur Eingrenzung des Untersuchungsgebietes der Stadt Wien wurden vorerst die **Landes-, Bezirks-** und die **Zählbezirksgrenzen** von Wien als grundlegende Daten definiert. Als zusätzliche Kartenbasis zu den gängigen *Map-Services* (Bing, Google etc.) in GIS-

Softwareprodukten wurde auch das aktuelle **Orthophoto** von Österreich ausgewählt, um ein aktuelleres Abbild der Realität zu erhalten.

Aus den allgemeinen Anforderungen zur Errichtung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur von LINNEMANN, M. & NAGEL, C. 2020:19 geht hervor, dass öffentliche Ladestationen vorwiegend im öffentlichen Straßenraum positioniert werden (vgl. Kap. 2.2). In den Standortanforderungskriterien zu den Stadt Wien Ladestationen wird dies ähnlich beschrieben und Parkplätze direkt an Straßen als strategisch sinnvolle Punkte für E-Ladestationen im öffentlichen Raum in Wien erachtet (vgl. Kap. 2.4). In der Recherche zu frei verfügbaren Datensätze mit allen öffentlichen Parkflächen entlang von Straßen konnten zwei geeignete Datensätze gefunden werden. Der Liniendatensatz zu den **Kurzparkstreifen der Stadt Wien** und die **Verkehrsnutzungsstreifen** aus dem Geopackagedatensatz **B - GIP Network: Basisnetz**. Durch eine Kombination dieser beiden Datensätze können relevante öffentlichen Parkflächen entlang von Straßen in Wien größtenteils abgebildet werden. Weitere mögliche und geeignete öffentliche Verkehrsflächen für E-Ladestationen in der Stadt Wien sollen dabei auch über Ableitungen aus den Fahrbahnstreifen erfolgen. Als Ausschlusskriterien für mögliche E-Ladestandorte in der Stadt Wien werden von GREDLER-OXENBAUER, P. 2017 unter anderem auch Anrainerparkplätze oder Taxistandplätze genannt (vgl. Kap. 2.4). Um die Anrainerparkflächen und die Taxistandplätze dementsprechend zu berücksichtigen wurde der Liniendatensatz zu den **Anrainerparkplätzen von Wien** und die Daten zu den **Taxistandplätze-Standorte Wien** als geeignet identifiziert.

Für die Berechnungen von Einzugsgebieten um bereits bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien und für weitere Netzwerkanalysen, kann für diese Arbeit auf ein bereits vorhandenes **Routingnetzwerk von Österreich**, über einen zur Verfügung gestellten Datenbankzugang zur *Enterprise-Datenbank* der Fa. Wien Energie GmbH zugegriffen werden.

Als wesentliche Grundvoraussetzung zur Errichtung von öffentlichen E-Ladestationen in der Stadt Wien wird von GREDLER-OXENBAUER, P. 2017 auf eine kosteneffiziente Herstellung der Stromversorgung durch bauliche Maßnahmen verwiesen (vgl. Kap. 2.4). Dazu werden kurze Leitungswege, wenig ausgelastete Kabel und geringe Grabungs- und Wiederherstellungskosten als wesentliche Aspekte zur wirtschaftlichen Errichtung einer neuen E-Ladestation genannt. Unter anderem konnte hierfür ein Parameter von ca. 5-6 *Meter* für wirtschaftlich vertretbare Grabungsarbeiten, ausgehend von bestehenden Niederspannungsleitungen bis zu einem neuen E-Ladestandort, über eine Anfrage an die Fa. Wien Energie GmbH in Erfahrung gebracht werden (vgl. GREDLER-OXENBAUER, P, *Kommunikation per E-Mail*, 10. November 2020). Um auch diesen wesentlichen Faktor zur wirtschaftlichen Herstellung einer neuen E-Ladestation in der Erhebung geeigneter Standorte zu berücksichtigen, wurde dafür ein Liniendatensatz zu **Niederspannungsleitungen** mit freien Kapazitäten zur Einspeisung von weiteren E-Ladestationen von der Fa. Wien Energie GmbH bereitgestellt.

Um die bebauten und bewohnten Stadtgebiete von Wien bezüglich deren bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Bereiche und deren Potenziale für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen besser abschätzen zu können, sollen auch Erkenntnisse aus vorangegangenen und bereits abgeschlossenen Studien eingebunden werden. Beispielsweise werden in *HAMB14 2014:3* private Haushalte in dichterbebauten innerstädtischen Gebieten ohne eigene Lademöglichkeiten, Haushalte mit einer zusätzlichen Nutzung zu eigenen Lademöglichkeiten und Wirtschaftsunternehmen mit einer komplementären Nutzung zu deren eigenen Ladeinfrastruktur als wesentliche Gruppen mit einer hohen Nutzung von öffentlichen E-Ladestationen genannt (vgl. Kap. 2.3). In der Quartierstypologie von *HUBER, F. & REUTTER, U. 2012* werden größere Firmensitze und Gewerbe- oder Industriegebiete als auszuschließende Areale bezüglich der Positionierung von öffentlichen E-Ladeinfrastruktureinrichtungen als Beispiele dafür aufgezählt (vgl. Kap. 2.3). Als relevante Gebiete für die Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien, soll der Fokus ebenfalls auf städtischen Wohngebieten sowie auf POIs innerhalb dieser Gebiete und deren näheren Umgebung liegen. Daraus abgeleitet wurde eine Kombination aus den Datensätzen zur **Realnutzungskartierung von Wien** (vgl. Kap. 4.3.1) mit Zahlen aus der **Bevölkerungsprognose 2014 bis 2024 auf Zählbezirksebene** (vgl. Kap. 4.3.2) für die Berücksichtigung dieser Faktoren gewählt. Durch die Kombination dieser Datensätze kann beispielsweise eine Verteilung der Wohnbevölkerung auf Ebene der bebauten- und bewohnten Stadtgebiete sehr gut abgebildet werden.

In einer Studie von *PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018* wurden zur Abschätzung des zukünftigen Potentials an E-Ladestationen in der Stadt Wien, Pendlerströme und E-PKW-Fahrten mit Ziel in einem der Wiener Zählbezirke für 2020 und 2030 analysiert (vgl. Kap. 2.3). Daraus abgeleitet wurde eine Prognose zur **Anzahl an werktäglichen E-PKW-Fahrten mit Ziel in einem der Wiener Zählbezirke im Jahr 2030** erstellt (Abb. 3, Kap. 2.3). Weiters wurde in dieser Studie auch eine Prognose zu Entwicklungsszenarien von reinen E-Pkws in Wien von 2015 bis 2030 erstellt (vgl. *PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018:7*). Zur Berücksichtigung des aktuellen Bestandes an E-PKWs und deren Anteil an konventionell betriebenen PKWs wurden die **E-PKW Neuzulassungszahlen** für Österreich von der Wien Energie GmbH zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 4.3.3) und der **Kraftfahrzeugbestand** an konventionell betriebenen PKWs in Wien wurde von der Webseite der *Magistratsabteilung 23* bezogen (vgl. Kap. 4.3.2). Diese Datensätze und die Prognosen zu den werktäglichen Zielfahrten von rein elektrisch betriebenen PKWs in die Wiener Zählbezirke von *PFAFFENBICHLER, P. et al. 2018* können somit in den Potenzialermittlungen für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen herangezogen und mitbetrachtet werden.

Als weitere grundlegende und benötigte Datensätze für diese Standort- und Potenzialanalyse wurden die **Standortdaten zu den bereits umgesetzten E-Ladestationen** und die **Auslastungszahlen** dazu bestimmt. Diese Daten wurden ebenfalls von der Wien Energie GmbH bereitgestellt (vgl. Kap. 4.3.3).

In der nachfolgenden *Auflistung zu den analyserelevanten Datensätze* (Tab. 3) wurden die als vorläufig geeignet identifizierten Datensätze aus den zuvor beschriebenen Anforderungen an die Datenbasis zusammengefasst und aufgelistet dargestellt. In dieser tabellarischen Auflistung erfolgte eine Differenzierung von frei verfügbaren offenen Datensätzen (OGD) und von bereitgestellten Datensätze der *Fa. Wien Energie GmbH*. Eine ausführlichere Beschreibung zu den genauen Inhalten und den Quellangaben zu diesen Daten erfolgt im anschließenden Unterkapitel *Datenbasis und -Quellen* (vgl. Kap. 4.3).

Auflistung zu den analyserelevanten Datensätze

<u>Open Data</u>		<u>Firmeninterne Daten</u>
OGD-Datensätze	MA 23	Wien Energie GmbH
➤ Landesgrenze (Wien) ➤ Bezirksgrenzen (Wien) ➤ Zählbezirksgrenzen (Wien) ➤ Kurzparkstreifen (Wien) ➤ AnrainerInnenparkplätze Standorte (Wien) ➤ B - GIP Network: Basisnetz (Österreich) ➤ Realnutzungskartierung 2018 (Wien) ➤ Gehsteigbreiten 2016 (Wien) ➤ Orthofoto (Österreich)	➤ Bevölkerungsprognose 2014 bis 2024 auf Zählbezirksebene	➤ Stromnetzdaten (Wien und Umgebung) ➤ Routingnetzwerk (Österreich) ➤ E-Ladestandorte (LIS Wien) ➤ Auslastungszahlen (A-LIS-Wien) ➤ Pendlerströme und PKW-Fahrten mit Ziel in einem der Wiener Zählbezirke für 2020 und 2030 ➤ Neuzulassungszahlen von 2015 bis 2019 ➤ Kraftfahrzeugbestand 2019 (PKW) Wien

Tab. 3: Auflistung zu den analyserelevanten Datensätze, eigene Tabelle 2020;

4.3 Datenbasis und -Quellen

Für das Untersuchungsgebiet – *die Stadt Wien* – werden sehr viele qualitativ gute Datensätze auf diversen Onlineportalen kostenlos zur Verfügung gestellt. Für diese Masterarbeit wurden vordergründlich Daten von der offenen österreichischen Regierungsdatenplattform (OGD) – *data.gv.at* – bezogen (vgl. *DATA.GV.AT 2020:online*). Weitere grundlegende, aber nicht öffentlich zugängliche Datensätze für diese Masterarbeit,

wurden auf Anfrage von der Wien Energie GmbH zur Verfügung gestellt. Die verwendeten und als analyserelevant eingestuften Datensätze und die exakten Quellenangaben dazu werden in weiterer Folge beschrieben.

4.3.1 OGD-Datensätze

Open Government Daten (OGD) sind offene Verwaltungsdaten und keine personenbezogenen Informationen. Das Datenportal – *data.gv.at* – sammelt Daten von öffentlichen Stellen, die diese erstellt oder bezahlt haben und der Allgemeinheit kostenlos zur Verfügung stellen. Weiters beinhaltet das Portal auch den zentralen *Metadaten-Katalog* Österreichs, nimmt diesen auch im Sinne der nationalen Transparenz und Sicherheit auf und hält ihn abrufbar. Die verwendeten Datensätze aus der *OGD-Datenbank* fallen unter die Lizenzvereinbarung *Namensnennung 3.0 International – CC BY 3.0* –. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass die Daten unter angemessener Rechts- und Urheberangaben beliebig bearbeitet und geteilt werden dürfen (vgl. *DATA.GV.AT 2020:online*; *CREATIVE COMMONS.ORG 2020:online*).

Der Datensatz zur **Landesgrenze von Wien** (LANDESGRENZEOGD.zip) beinhaltet die politische Landesgrenze von Wien und wurde im Dateiformat Esri-Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen. Der verwendete Datensatz WFS GetFeature (SHP) ist unter der URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:LANDESGRENZEOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 04.06.2019 vorgenommen.

Der Datensatz zu den **Bezirksgrenzen von Wien** (BEZIRKSGRENZEOGD.zip) beinhaltet die Grenzen der 23 politischen Gemeindebezirke von Wien und wurde im Dateiformat Esri-Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen. Der verwendete Datensatz WFS GetFeature (SHP) ist unter der URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:BEZIRKSGRENZEOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 04.06.2019 vorgenommen.

Der Datensatz zu den **Zählbezirksgrenzen von Wien** (ZAEHLBEZIRKOGD.zip) beinhaltet die 250 Zählbezirke aus den 23 Wiener Gemeindebezirken und wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen. Der verwendete Datensatz WFS GetFeature (SHP) ist unter der URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:ZAEHLBEZIRKOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 04.06. 2019 vorgenommen.

Das **Intermodale Verkehrsreferenzsystem Österreich** wird von der Graphenintegrations-Plattform GIP (vgl. *GIP 2020:online*) über Open Data Österreich (vgl. *DATA.GV.AT 2020:online*) unter der URL: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/intermodales->

verkehrsreferenzsystem-osterreich-gip-at-beta bereitgestellt und stellt das intermodale-amtliche Verkehrsreferenzsystem von Österreich. Der Datensatz besteht aus vier Teildatensätzen: „

- **A – Routingexport:** ein IDF Gesamtfile (wie bisher), ZIP Archiv mit den einzelnen IDF Tabellen aufgesplittet (wie bisher)
- **B - GIP Network = Basisnetz:** Abschnitte (neu), Knoten (neu), Links (wie bisher), Nutzungsstreifen (neu), Abbiegerelationen (neu)
- **C - Geopackage GIP Reference:** Objekte des Exports, die auf das GIP Basisnetz referenzieren: Layer "Brunnel" (wie bisher), Layer "Bezugspunkte" (wie bisher), Layer "Bikeroutes" (neu), Layer "Geoname" (neu)
- **D – Lookuptabellen** (IVÖ 2021:online);“

Für diese Masterarbeit wurde das **B - GIP Network = Basisnetz** (*gip_network_ogd.gpkg*) im Format Geopackage (.gpkg) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 verwendet. Dieser Datensatz besteht aus fünf Layern:

- Abschnitte (EDGE_OGD)
- Knoten (NODE_OGD)
- Links (GIP_LINKNETZ_OGD)
- **Nutzungsstreifen (LINEARUSE_OGD)**
- Abbiegerelationen (TURNUSE_OGD)

Daraus wurde der Layer zu den **Nutzungsstreifen** (LINEARUSE_OGD), der unter anderem auch *Parkstreifen* in Form von Liniensegmenten beinhaltet, gewählt. Der Geopackage-Datensatz **B - GIP Network = Basisnetz** ist unter der URL: http://open.gip.gv.at/ogd/B_gip_network_ogd.zip abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 09.12.2020 vorgenommen.

Der **Straßengraph der Stadt Wien** (STRASSENGRAPHOGD.zip) bezeichnet einen topologischen Graphen der Straßen von Wien und beinhaltet alle Straßenliniensegmente in Form von Linien entlang der Straßenachsen samt Attributangaben zu den Straßennamen und -kategorien, den Abschnittsnamen uvm. Der Datensatz wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen. Der verwendete Datensatz WFS GetFeature (SHP) ist unter der URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:STRASSENGRAPHOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 11.12.2013 vorgenommen.

Der Datensatz **Anrainerparkplätze Standorte Wien** (PARKENANRAINEROGD.zip) beinhaltet Anrainerparkplätze der Bezirke 1, 2, 3, 4, 6, 7 und 9 in Form von Liniensegmenten und wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen. Der verwendete Datensatz WFS GetFeature (SHP) ist unter der URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip&typeName=ogdwien:PARKENANRAINEROGD> abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 02.04.2013 vorgenommen.

Der Datensatz **Kurzparkstreifen der Stadt Wien** (KURZPARKSTREIFENOGD.zip) beinhaltet Kurzparkstreifen der Stadt Wien und wird in Form von Liniensegmenten im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bereitgestellt. Der Datensatz wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) über die URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:KURZPARKSTREIFENOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> bezogen. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 19.02.2014 vorgenommen.

Der Datensatz **Taxistandplätze Standorte Wien** (TAXIOGD.zip) beinhaltet die Taxistandplätze der Stadt Wien und wird in Form von Liniensegmenten im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bereitgestellt. Der Datensatz wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) über die URL: <https://data.wien.gv.at/daten/geo?service=WFS&request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=ogdwien:TAXIOGD&srsName=EPSG:4326&outputFormat=shape-zip> bezogen. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 15.04.2020 vorgenommen.

Der OGD-Datensatz zur **Realnutzungskartierung von 2018** (REALNUT2018OGD.zip) in Wien befindet sich im Datenverzeichnis zur Realnutzungskartierung ab 2007/08 Wien und beinhaltet ein generalisiertes Abbild der tatsächlichen Flächennutzung von Wien. Die Datenerstellung erfolgte durch die Magistratsabteilung 41 der Stadt Wien und basiert auf einer Luftbildinterpretation und der Hinzunahme von ergänzenden Sachdaten. Der Datensatz besteht aus drei Gliederungsebenen zu den Nutzungskategorien *NUTZUNG_L*, *NUTZUNG_L0* und *NUTZUNG_L1*. Die feinste Gliederung befindet sich in der Spalte *NUTZUNG_L1* und beinhaltet eine Unterscheidung von 32 verschiedenen Nutzungskategorien. In der Spalte *NUTZUNG_L0* wird zwischen 11 Klassen unterschieden und unter der Spalte *NUTZUNG_L* wurden alle Nutzungskategorien auf 3 Klassen – *Baulandnutzung*, *Verkehr* und *Grünlandnutzung* zusammengefasst. Die laufende Erweiterung und die Aktualisierung der Daten erfolgt im zwei Jahres Zyklus und wird in einer fortlaufenden Zeitreihe, beginnend mit 1981, bereitgestellt (vgl. MA 18 2010: 1).

Der Datensatz zur Realnutzungskartierung von 2018 WFS GetFeature (SHP) 2018 wurde im Dateiformat Shapefile (.shp) im Koordinatensystem WGS 84, EPSG:4326 bezogen und ist unter der URL: https://www.data.gv.at/katalog/dataset/stadt-wien_realnutzungskartierungab200708wien abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 04.06.2019 vorgenommen.

Das aktuelle **Orthofoto** (30cm) von Österreich wird vom Orthofotodienst (geoland.at) erstellt und im Rahmen von *basemap.at* als *Web-Map-Tile-Service* angeboten und unterliegt einer jährlichen Aktualisierung der Daten. Dabei werden vorgenerierte Kachel-Cache, in der Projektion *Web Mercator Auxiliary Sphere* zur Verfügung gestellt (vgl. *DATA.GV.AT: online*). Der Datensatz zum aktuellen Orthophoto von Österreich (Stand 09.09.2019) kann über die URL: <http://maps.wien.gv.at/basemap/1.0.0/WMTSCapabilities.xml> als *Web-Map-Tile-Service* (WMTS) direkt in ein GIS eingebunden werden. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 19.03.2020 vorgenommen.

4.3.2 Daten der MA 23 und der Statistik Austria

Die **Statistik Wien** – MA 23 – (Magistratsabteilung 23) veröffentlicht unter der Website – wien.gv.at/statistik/ – statistische Kennzahlen aus den Bereichen *Wirtschaft, Arbeit und Statistik*. Unter anderem werden von dieser Abteilung auch in vier bis fünf Jahresabständen, neue Bevölkerungsprognosen für die Stadt Wien erstellt (vgl. *MA 23 2020:online*).

„Ziel der kleinräumigen Bevölkerungsprognose Wien 2018 ist es, der Stadt eine Grundlage für bedarfsgerechte Planungen zur Verfügung zu stellen (*MA 23 2020:online*).“

Die weitere Nutzung und Verarbeitung der Daten durch die Bevölkerung, die Wirtschaft und die Forschung ist durch standardisierte und transparente Nutzungsbedingungen – *CC-BY 4.0* (<https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/>) – der Stadt Wien geregelt. Diese schreibt im Wesentlichen eine *Namensnennung* der Datenquellen vor (vgl. *MA 23 2020:online*; *DIGITALES WIEN 2020:online*; *CREATIVE COMMONS.ORG[a] 2020:online*).

Der Tabellendatensatz zur **Bevölkerungsprognose 2014 bis 2024 - Zählbezirke (1) Wien** (*vie_303.csv*) beinhaltet Prognosezahlen zur Wohnbevölkerung in den 250 Zählbezirken von Wien, für die jeweiligen Jahre von 2014 bis 2024 nach Altersgruppen und Geschlecht. Die Berechnung dieser Zahlen basiert auf einer Fortschreibung in die Zukunft des Bevölkerungsstandes vom 01.01.2014. Der Datensatz wurde auf Grundlage erhobener Daten der Statistik Austria von der MA 23 erstellt und ist im Tabellenformat CSV unter der URL: https://www.data.gv.at/katalog/dataset/stadt-wien_viebevölkerungsprognose2014bis2024wienerzählbezirke1/resource/f9a89944-c173-4745-8b64-4d4eb99cf36d abrufbar. Die letzten Änderungen am Datensatz wurden am 31.03.2016 vorgenommen.

Die Zahlen zum berechneten **Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken 2019** basieren auf Berechnungen der MA 23 aus dem KFZ-Bestand der Statistik Austria. Die berechneten Zahlen beinhalten Werte zur Anzahl der *PKW, Omnibusse, LKW, Zugmaschinen, sonstige Kraftfahrzeuge* und *Kraftfahräder* und können über den Link <https://www.wien.gv.at/statistik/verkehr-wohnen/tabellen/kfz-bestand-bez.html> abgerufen werden. Der letzte Zugriff auf diesen Link erfolgte am 20.04.2021.

4.3.3 Wien Energie GmbH Datensätze

Die Daten zu den **Elektro-Personenkraftfahrzeugen (E-PKW) – Neuzulassungen** werden seit Jänner 2000 von der Statistik Austria publiziert und zum freien Download über deren Homepage – www.statistik.at – bereitgestellt (vgl. STAT. AUSTRIA 2020:online) Für diese Masterarbeit wurden die Zulassungszahlen für den Zeitraum 2015 bis 2019 verwendet. Diese Daten wurden von der Wien Energie GmbH, die diese in monatlichen Abständen vom Bundesverband für Elektromobilität von Österreich (BEÖ) (vgl. BEÖ 2020:online) im Dateiformat Microsoft Excel-Arbeitsblatt (.xlsx) erhält, zur Verfügung gestellt

Die **Standortdaten zu den Stadt Wien E-Ladestationen** aus den Projektphasen 1 und 2 (Stand Dezember 2019) wurden von der Wien Energie GmbH in Form von zwei CSV-Tabellen und zwei daraus generierten Shapefile-Dateien im Koordinatensystem MGI Austria GK East bereitgestellt. Die Shapefile-Dateien sind Punktdatensätze der E-Ladestationen mit Angaben zu den genauen Standorten (x, y- Koordinaten), deren Adressen, den Postleitzahlen und der ID-Nummern (Abfragenummer) zur firmeninternen eindeutigen Identifikation der E-Ladestationen.

Die **Auslastungsdaten für die bereits betriebenen E-Ladestationen** (Stand Februar 2020) und deren Ladepunkte wurden ebenfalls von der Fa. Wien Energie GmbH in Form einer CSV-Tabelle mit Inhalten zur Ladedauer (Monat, Tag), zum durchschnittlichen Verbrauch in kWh pro Monat, Tag und Jahr, zur durchschnittlichen Belegung in Prozent etc. und zu den jeweiligen E-Ladestationen, den Adressangaben und die EVSEIDs dazu bereitgestellt.

Ein **Routingnetzwerk für Netzwerkanalysen** wurde über einen Zugang (Benutzer/Account) zur firmeninternen Geodatenbank der WienIT (zentrale und universelle IT & Business Partner des Wiener Stadtwerke Konzerns) zur Verfügung gestellt. Der Straßennetzwerkdatensatz und das daraus abgeleitete Routingnetzwerk beinhalten alle möglichen Straßen, Wege und öffentliche Verkehrsflächen von Österreich in Form von Liniensegmenten. Die Daten können über eine Enterprise-Datenbankverbindung in ein GIS eingebunden oder über einen Download auf einen lokalen Datenträger bezogen und zur weiteren Verwendung gespeichert werden.

Die **Stromnetzdaten** zu den freien Niederspannungsleitungen mit den benötigten Stromnetzkapazitäten wurden von der Wien Energie GmbH zur Verfügung gestellt. Die Shapefile-Datei (Liniendatensatz) in der Projektion MGI Austria GK East beinhaltet analyserelevante, freie Niederspannungsleitungen von Wien und Umgebung. Es ist auch darauf hinzuweisen, dass dieser Datensatz nur freie, nicht bereits vergebene Leitungen für andere Anschlüsse beinhaltet, es aber auch durchaus möglich wäre, neue E-Ladestationen an bereits vergebene Anschlussleitungen einzuspeisen, wenn diese über eine ausreichend hohe Netzleistung verfügen. Diese Leitungen können in dieser Standortanalyse nicht berücksichtigt werden, da hierzu keine Daten bereitgestellt wurden.

5 GIS-basierte Standort und Potenzialanalyse

In diesem Abschnitt erfolgt vorerst eine Beschreibung der praktischen Herangehensweise zur Datenaufbereitung, -strukturierung und den Teilanalysen. Weiters wird dazu ein schematischer Überblick zum Arbeitsablauf dargelegt. Im Speziellen wird dabei auf die Datenaufbereitungsschritte, die dazu verwendeten Softwareprodukte und die GIS-basierten Analysemethoden eingegangen. Im Anschluss daran erfolgt eine Beschreibung zu den einzelnen Arbeitsschritten in der praktischen Umsetzung. Dadurch sollen die verschiedenen Anforderungen zur Verarbeitung und der Strukturierung der unterschiedlichen Datensätzen in den einzelnen Analyseprozessen aufgezeigt werden. Die Zwischenergebnisse zu den einzelnen Datenverarbeitungsprozessen werden jeweils kurz präsentiert, um eine Übersicht zu den wesentlichen Inhalten zu geben. Auf die Inhalte, die daraus abgeleiteten Interpretationen und Ergebnisse wird im darauffolgenden Kapitel 6 zur Standort- und Potenzialanalyse für die Planungsoptimierung zur Erweiterung der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur genauer eingegangen.

5.1 Arbeitsablauf

Zur Ermittlung von geeigneten öffentlichen Parkflächen zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien mussten vorerst alle Datensätze analysekonform aufbereitet und dementsprechend weiterverarbeitet werden. Zu diesen Datenaufbereitungsprozessen zählten die Ausfilterungen von nicht benötigten Inhalten, Neustrukturierungen und Berechnungen zu benötigten Werten in Tabellendatensätzen. Die relevanten Tabellendatensätze für diese Untersuchung wurden im Zuge des Datenuntersuchungsprozesses bereits über **Microsoft Excel** gefiltert und als CSV-Tabellen abgespeichert, um bereits in bereinigter Form und vorstrukturiert in ein GIS überführt zu werden. Weiters wurden auch bereits bestehende Geodatensätze unter Anwendung der GIS-Software **Qgis** untersucht, auf deren Inhalt bzw. Vollständigkeit überprüft und für weitere Verarbeitungsschritte aufbereitet. Dazu wurde ein Qgis-Projekt für diese Standortanalyse angelegt.

Nach dieser ersten Datenaufbereitung mussten die technisch- und wirtschaftlichen Vorgaben samt weiterer wesentlicher Einflussfaktoren zur Erweiterung der Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur (vgl. Kap. 2.4) berücksichtigt werden. Dazu wurde ein weiteres Projekt für die benötigten Netzwerkanalysen in dieser Arbeit über die GIS-Software **ArcGis-PRO** angelegt und beginnend eine **Einzugsgebiete-Analyse** zu den bereits bestehenden öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien durchgeführt. Dadurch konnten Stadtgebiete, die bereits über eine Abdeckung an E-Ladeinfrastruktur verfügen, erhoben werden. Für die Generierung der Einzugsgebiete wurde eine Gehdistanz von 400 Meter zu bereits bestehenden E-Ladestationen durchgeführt. Diese Analyse diente vorerst zur Erhebung von potenziellen Standorten außerhalb der bereits abgedeckten Gebiete. Als weitere wesentliche Elemente in diesem Standort-Erhebungsprozess außerhalb der bereits

abgedeckten Stadtgebiete wurden alle verfügbaren Parkliniendatensätze herangezogen, um über eine Datenverarbeitungsprozesskette mit der Software **FME** verarbeitet zu werden. Der umfangreichste Parkstreifendatensatz (*B - GIP Network = Basisnetz*) wurde dazu als Basisdatensatz definiert und verwendet. Dieser Datensatz konnte mit den restlichen Parkstreifendatensätzen (*Kurzparkstreifen, Taxistandplätze und Anrainerparkplätze*) der Stadt Wien und mit den bereitgestellten *Stromnetzdaten* von der Fa. Wien Energie GmbH so verschnitten werden, dass alle öffentlichen Parkstreifen entlang von Straßen mit einer technisch- und wirtschaftlichen Eignung für die Positionierung von Stadt Wien E-Ladestationen übrigblieben. Des Weiteren wurden parallel dazu auch mögliche geeignete Parkflächen aus den Fahrbahnstreifen erhoben und als niedriger eingestufte Flächen für eine Eignung klassifiziert.

Aus den erhobenen Liniensegmenten zu den technisch- und wirtschaftlichen geeigneten Verkehrsflächen wurden im Anschluss daran Punkte generiert, um die technisch- und wirtschaftlich geeigneten Standorte punktuell zu verorten. Die generierten Punkte konnten wiederum über eine **Clustering**, in daraus abgeleiteten **Standortpools** bezüglich deren räumlichen Konzentrationen zusammengefasst werden. Abgeleitet aus der Anzahl an berechneten Clustern konnten anschließend sogenannte „ideale“ Standorte zur Positionierung von weiteren E-Ladestationen aus den generierten Standortpools ermittelt werden. Zur Erhebung dieser Standorte wurde eine weitere Analyse über ArcGis-PRO durchgeführt. Dazu musste beginnend ein *Location-Allocation-Analyse-Layer* erstellt werden, um eine **Location-Allocation-Analyse** mit dem vorgegebenen Richtwert von 400 Meter bis zur nächsten Stadt Wien E-Ladestation durchzuführen. Weiters erfolgte die Analyse unter Anwendung des Problemtyp **Maximierung der Flächendeckung** (vgl. Kap. 3.3.2.5). Für die Anzahl an Einrichtungen, über die diese Flächendeckung maximiert werden sollte, wurde vorerst die Anzahl von 181 E-Ladestellen zur Erreichung des forcierten Zieles von 500 E-Ladestandorten bis Ende 2020 (vgl. Kap. 2.4) angegeben und anschließend noch eine weitere Analyse mit der generierten Gesamtanzahl von 224 *Standortpools* (Cluster) durchgeführt.

Im Zuge der Erhebung zu technisch- und wirtschaftlich geeigneten öffentlichen Parkflächen wurde auch ein Gesamtdatensatz zur Berechnung von Potenzialwerten auf Ebene der 23 Wiener Gemeindebezirke erstellt. Dieser Datensatz beinhaltet Zahlen zu den *EinwohnerInnen*, den *Kraftfahrzeugbeständen*, den *Auslastungen* an den bereits betriebenen E-Ladestellen und der *Anzahl an technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen*. Im Zuge eines Finalisierungsprozess zu den Analysedatensätzen wurden auch Durchschnittswerte zu den bereits bestehenden E-Ladestationen, den E-PKW-Zahlen und den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Flächen berechnet.

Die Darstellung *Schematischer Arbeitsablauf der Standort- und Potenzialanalyse* (Abb. 19) dient zur grafischen Veranschaulichung der wesentlichen Inhalte und der Herangehensweise in dieser Standort- und Potenzialanalyse. Der erste Teil mit dem Titel *Theoretische Aufbereitung* repräsentiert im Wesentlichen die theoretischen Grundlagen und die Recherchen zu den benötigten Daten für diese Untersuchung. Diese Inhalte wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln in dieser Arbeit ausführlich beschrieben (vgl. Kap. 2 bis Kap. 4). Der gelbe Bereich unter dem Titel *Datenverarbeitung – Strukturierung*

– *Analysen* bezeichnet den Kernbereich zur praktischen Umsetzung und umfasst eine schematische Darstellung zu den Inhalten dieses Kapitels zur GIS-basierten Standort- und Potenzialanalyse. Einleitend wurde dazu schon ein zusammenfassender Überblick zu den wesentlichen Inhalten in der praktischen Umsetzung gegeben. Auf die einzelnen Bearbeitungsschritte, die dazu verwendeten Softwareprodukte und deren Anwendungen samt den daraus resultierenden Teilergebnissen wird in weiterer Folge genauer eingegangen. Interpretationen und Beschreibung zu den Gesamtergebnissen aus der praktischen Umsetzung erfolgen im darauffolgenden Kapitel 6 zur *Zusammenfassung und Ergebnisse*. Dieser Teil der Arbeit ist im schematischen Arbeitsablauf durch den grünen Bereich mit dem Titel Präsentation abgebildet.

Schematischer Arbeitsablauf zur Standort- und Potenzialanalyse

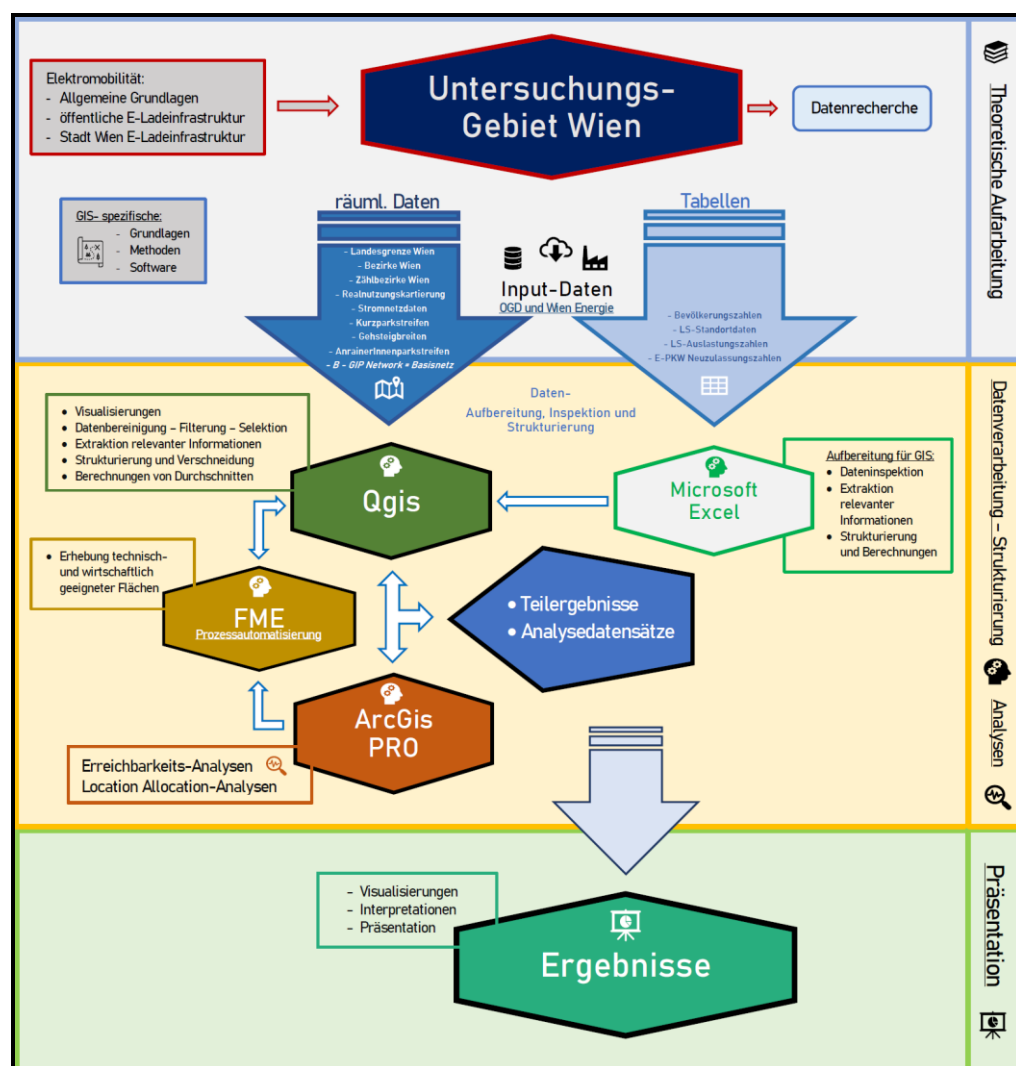


Abb. 19: Schematischer Arbeitsablauf zur grafischen Veranschaulichung der Arbeitsabläufe in dieser Standort- und Potenzialanalyse, eigene Darstellung, 2021;

5.2 Datenverarbeitung und -strukturierung

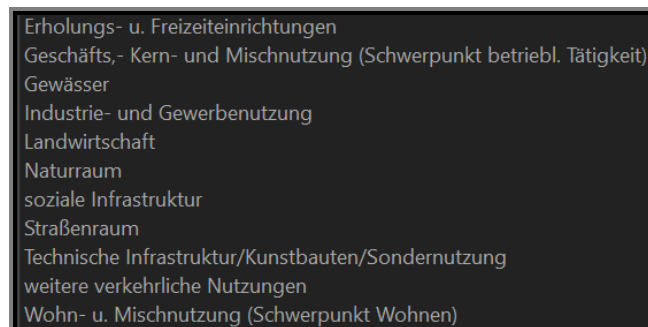
Die Aufbereitung der Realnutzungsdaten, der Bevölkerungsdaten, der Standortdaten und der Auslastungsdaten soll vordergründlich über die Software *Qgis* sowie durch den Einsatz des Tabellenverarbeitungsprogramm *Microsoft Excel* erfolgen. Der Einsatz von *Qgis* erschließt sich aus den einfach gehaltenen Werkzeugen zur Verarbeitung von Shapefile-Dateien, deren Attributtabelle und der Bearbeitung von CSV-Tabellen. Beispielsweise ist eine Encodierung von Sonderzeichen in den Attributwerten und die Transformation in diverse andere Unicode-Zeichensätze (ISO, UTF-8 etc.) für Schriftzeichen über *Qgis* sehr einfach möglich. Auch das Bearbeiten, Hinzufügen oder Entfernen von Spalten und Zeilen in Tabellen sowie Neuberechnungen von Durchschnitten, basierend auf unterschiedlichen Attributwerten ist durch sehr einfach gehaltene Funktionen unkompliziert und zeiteffizient möglich. Auf die einzelnen Datenaufbereitungsschritte, die Problemstellungen und die Erstellung der analyserelevanten Datensätze wird in weiterer Folge spezifischer eingegangen.

5.2.1 Aufbereitung der Realnutzungsdaten

Die Datenaufbereitung und Filterung der Realnutzungskartierung von Wien, erfolgte als einer der ersten Arbeitsschritte. Nach genauer Betrachtung aller Datensätze zu den Realnutzungskartierungen von Wien und einem inhaltlichen Abgleich der Daten mit dem aktuellen Orthophoto von Wien, wurde der Datensatz zur Realnutzungskartierung von 2018 für anschließende Analysezwecke ausgewählt. Die Shapefile-Datei beinhaltet eine sehr gute Differenzierung der einzelnen Flächennutzungskategorien. Besonders hervorzuheben sind die Aufsplittungen der einzelnen Kategorien auf kleinere Gliederungsebenen. Dadurch wird eine realitätsnahe Darstellung von bebauten- und für diese Analyse relevanten Flächen ermöglicht und es können beispielsweise sozioökonomische Daten zu themenspezifischen Inhalten genauer auf tatsächlich bewohnte Gebiete in einem Bezirk zugeordnet werden.

Beginnend in dieser Datenaufbereitung wurden vorerst die drei Gliederungsebenen *NUTZUNG_L*, *NUTZUNG_L0* und *NUTZUNG_L1* bezüglich der beinhaltenden Kategorien genauer betrachtet. Nach dieser ersten Betrachtung der Daten und den Erkenntnissen daraus wurde der Fokus zur weiteren Verarbeitung auf die mittlere Gliederung – *NUTZUNG_L0* – der Realnutzungsdaten gelegt. Die 11 Nutzungskategorien aus dieser Gliederungsebene wurden dabei bezüglich deren inhaltlichen Zusammenhänge und unter einer Mitbetrachtung der wesentlichen Einflussfaktoren zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (vgl. Kap. 2.3 und Kap 2.4) genauer betrachtet. Daraus abgeleitet konnten aus den beinhaltenden 11 Nutzungskategorien (Abb. 20) vorerst zwei Nutzungskategorien – ***Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebl. Tätigkeit)*** und ***Wohn- u. Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen)*** – als relevant identifiziert und für weitere Anwendungsschritte in dieser Standortanalyse zusammengefasst werden.

Screenshot zu den 11 Nutzungskategorien aus der Gliederung Nutzung L0



Erholungs- u. Freizeiteinrichtungen
Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebl. Tätigkeit)
Gewässer
Industrie- und Gewerbenutzung
Landwirtschaft
Naturraum
soziale Infrastruktur
Straßenraum
Technische Infrastruktur/Kunstabauten/Sondernutzung
weitere verkehrliche Nutzungen
Wohn- u. Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen)

Abb. 20: Screenshot zu den 11 Nutzungskategorien aus der Gliederungsebene Nutzung_L0 der Realnutzungskartierung 2018, eigene Darstellung, 2021;

Nach einer weiteren Untersuchung der ausgewählten zwei Themenschwerpunkte, bezüglich deren Differenzierung in der feinsten Gliederung – **NUTZUNG_L1** – und einem stichprobenartigen Abgleich der beinhaltenden Flächen mit dem Orthophoto, wurden aus der Kategorie *Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebl. Tätigkeit)* zwei der beinhaltenden Unterkategorien zu der feinsten Gliederungsebene NUTZUNG_L1, die *Büro- und Verwaltungsviertel* und die *solitäre Handelsstrukturen* als nicht relevant identifiziert und ausgefiltert. Die Tabelle zu den zwei ausgewählten Nutzungskategorien aus NUTZUNG_L0 (Tab. 4) zeigt eine Auflistung der relevanten Kategorien – *Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebl. Tätigkeit)* und *Wohn- u. Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen)* – in der linken Spalte unter NUTZUNG_L0 und die beinhaltenden Unterkategorien aus der feinsten Gliederungsebene dazu unter der Spalte NUTZUNG_L1. Die für weitere Analyseanwendungen relevanten Kategorien sind dabei in grüner Farbe dargestellt.

Tabelle zu den ausgewählten Nutzungskategorien aus NUTZUNG L0

NUTZUNG_L0	NUTZUNG_L1
Wohn- u. Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen)	<i>Wohn(misch)gebiet mittlerer Dichte; locker bebautes Wohn(misch)gebiet; dichtes Wohn(misch)gebiet; großvolumiger, solitärer Wohn(misch)bau;</i>
Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebliche Tätigkeit)	<i>Mischnutzung wenig dicht; Geschäfts-, Kern- u. Mischgebiete; Büro- und Verwaltungsviertel; solitäre Handelsstrukturen;</i>

Tab. 4: Tabelle zu den zwei ausgewählten Nutzungskategorien aus der Spalte zur NUTZUNG_L0 in der Realnutzungskartierung 2018 von Wien, eigene Tabelle, 2020;

Zur Zusammenfassung und Erstellung des benötigten Datensatz aus den beiden Kategorien wurde das Anwendungswerkzeug *Create-Virtual-Layer* der Software Qgis verwendet. Die Anwendung dieses Werkzeuges ermöglicht die Erstellung von vorerst virtuellen Layern, auf Basis von SQL-Abfragen und ermöglicht eine anschließende Speicherung des erstellten Datensatzes in diverse Ausgabeformate (Shapefile, CSV-Tabelle etc.). Die nachfolgende

Abbildung zeigt einen Screenshot zur SQL-Abfrage über die Anwendung Create-Virtual-Layer (Abb. 21) zu den benötigten Inhalten aus der Kategorie **NUTZUNG_L1**. Die benötigten Inhalte sind im Abfragebereich ersichtlich. Der virtuelle Layer wurde anschließend als eigenständige Shapefile-Datei exportiert und unter dem neudefinierten Namen **Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete** abgespeichert.

SQL-Abfrage über die Anwendung Create-Virtual-Layer

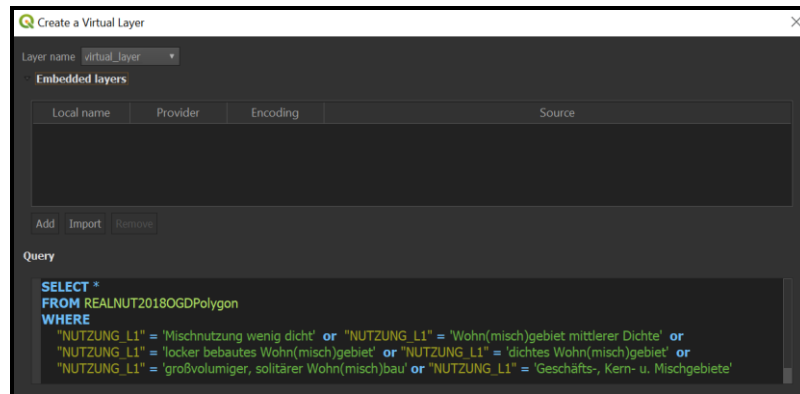


Abb. 21: Screenshot zur SQL-Abfrage der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete über die Anwendung Create-Virtual-Layer in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Selektion der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete aus der SQL-Abfrage (Create-Virtual-Layer)

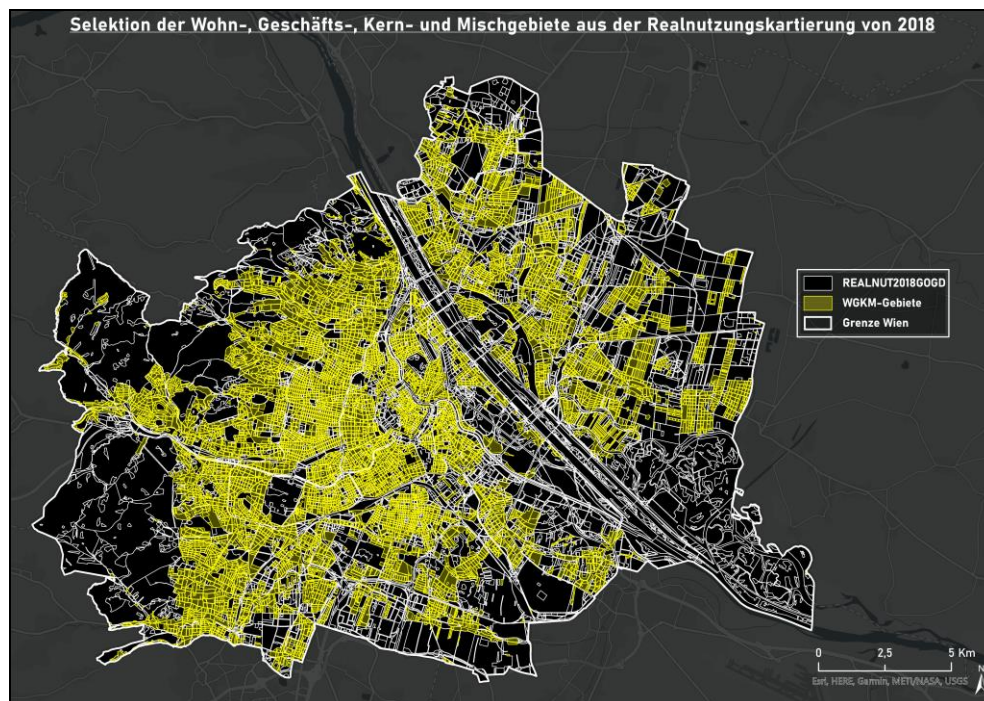


Abb. 22: Selektion der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete aus der SQL-Abfrage (Create-Virtual-Layer) zur Realnutzungskartierung von 2018, eigene Darstellung, 2020;

Die vorangegangene Abbildung zu den selektierten Flächen aus der SQL-Abfrage (Create-Virtual-Layer) (Abb. 22) zeigt eine Übersicht zur Selektion der *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* aus der Realnutzungskartierung von 2018 über die Anwendung *Create-Virtual-Layer* in Qgis. Die selektierten Flächen sind dabei in Form von gelb markierten Flächen ersichtlich und die restlichen nicht relevanten Flächen der Realnutzungskartierung 2018 sind in Form von schwarzen Flächen mit weißen Umrahmungslinien dargestellt.

Übersichtskarte zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten, klassifiziert nach der Nutzungskategorie L 1

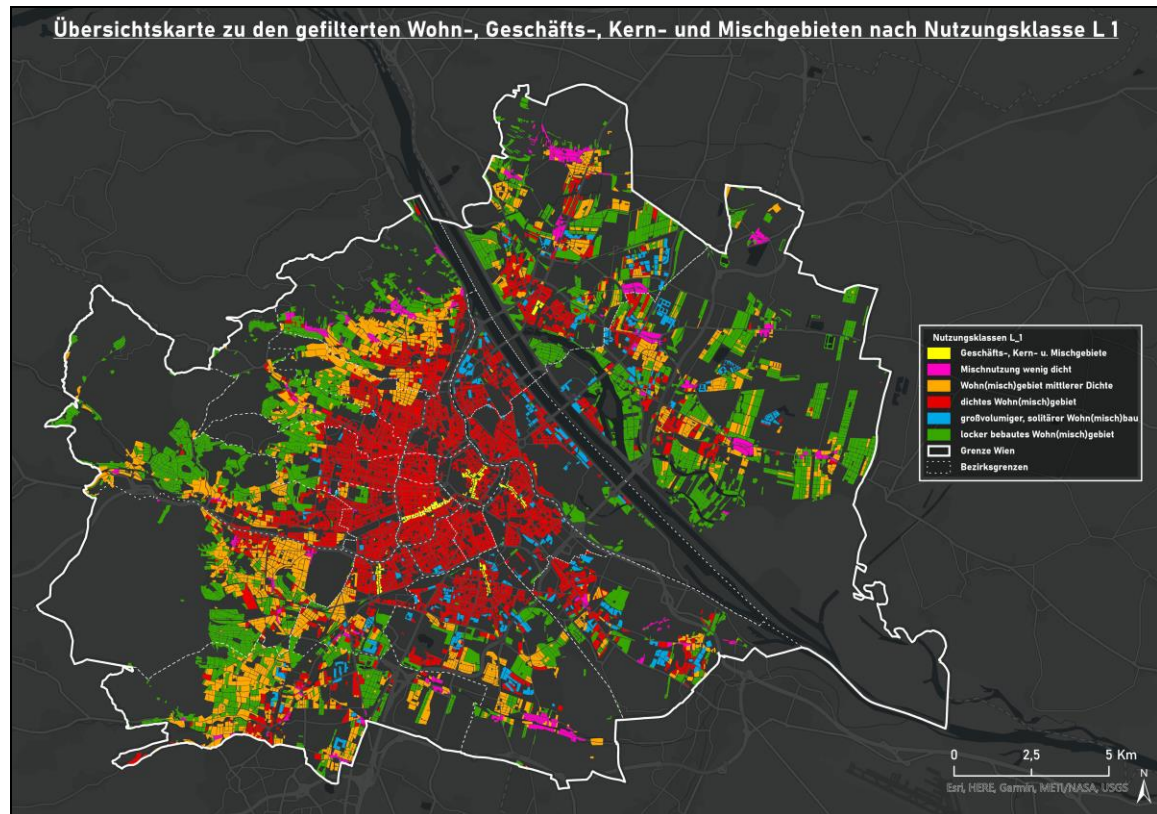


Abb. 23: Übersichtskarte zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten aus NUTZUNG_L1 der Realnutzungskartierung von 2018, eigene Darstellung, 2021;

Eine weitere *Übersichtskarte zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten, klassifiziert nach der Nutzungskategorie L_1* (Abb. 23) zeigt die zuvor gefilterten Kategorien aus den Inhalten der feinsten Gliederungsebene NUTZUNG_L1 und dient zur Veranschaulichung des Resultats des zuvor beschriebenen Datenaufbereitungsprozess. Der neu erstellte Datensatz enthält alle Wohngebäude sowie auch Gebäude, bei denen eine Mischnutzung zwischen Wohn- und Geschäftsflächen gegeben ist, oder auch Gebäudeflächen, die eine gemischte Nutzung aus betrieblichen Tätigkeiten und Wohnen aufweisen. Somit sind alle analyserelevanten bebauten Stadtgebiete, die eine wesentliche Rolle zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in der Stadt Wien entsprechen, in einem Datensatz zusammengefasst.

5.2.2 Aufbereitung der Bevölkerungsprognosezahlen

Die Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen von 2014 bis 2024 auf Zählbezirksebene nach Altersgruppen und Geschlecht der Stadt Wien, wurden im Datenformat CSV bezogen. Der Datensatz musste für weitere Arbeitsschritte vorerst bereinigt und für die Herstellung eines Raumbezugs in einem GIS vorbereitet werden. Die nachfolgende Darstellung zeigt einen *Tabellenauszug aus der CSV-Tabelle zu den Bevölkerungszahlen von 2014 bis 2024* (Tab. 5) und dient zur Veranschaulichung der Originalstrukturierung. Der Arbeitsschritt zur Vorbereitung der Bevölkerungsdaten erfolgte über die Tabellenverarbeitungs- und Kalkulations-Software **Microsoft Excel**.

Tabellenauszug aus den Bevölkerungsprognosezahlen von 2014 bis 2024

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Bevoelkerungsprognose nach Geschlecht und Altersgruppen für Wiener Zählbezirke 2014 bis 2024 Population projection by sex and age groups for sub-districts in Vienna 2014 to 2024																	
2	NUTS1	NUTS2	NUTS3	DISTRICT_CODE	SUB_DISTRICT_CODE	SEX	AGE_00_02	AGE_03_05	AGE_06_09	AGE_10_14	AGE_15_19	AGE_20_24	AGE_25_29	AGE_30_34	AGE_35_39	AGE_40_44	AGE_45_49	AGE_50_54
3	AT1	AT13	AT130	90100	90101	1	47	44	42	59	59	94	112	362	452	408	163	20140101
4	AT1	AT13	AT130	90100	90102	1	25	18	20	27	24	33	41	136	202	141	59	20140101
5	AT1	AT13	AT130	90100	90103	1	30	19	28	42	51	47	47	201	234	229	100	20140101
6	AT1	AT13	AT130	90100	90104	1	14	16	23	26	25	56	31	157	181	152	65	20140101
7	AT1	AT13	AT130	90100	90105	1	28	19	32	43	40	57	68	216	263	193	54	20140101
8	AT1	AT13	AT130	90100	90106	1	26	24	14	37	48	58	77	252	292	269	101	20140101
9	AT1	AT13	AT130	90100	90107	1	29	31	38	46	47	66	84	259	321	273	116	20140101

Tab. 5: Tabellenauszug aus der Bevölkerungsprognose von 2014 bis 2024 auf Zählbezirksebene nach Altersgruppen und Geschlecht, eigene Darstellung, 2021;

Die Tabelle besteht aus einer Kopfzeile und insgesamt 18 Spalten. Die ersten drei Spalten beinhalten Angaben zu den *NUTS-Regionen*. Diese drei Spalten und die Kopfzeile konnten vorerst vollständig entfernt werden, da diese für weitere Arbeitsschritte nicht benötigt wurden. Die Spalten zu den **District-Codes** (Bezirks-Codes) und den **Sub-District-Codes** (Zählbezirks-Codes) wurden hingegen für weitere Arbeitsschritte und zur räumlichen Differenzierung der Daten beibehalten. Die Angaben zum **Geschlecht** (SEX, 1=Mann und 2= Frau) und die Spalten für die jeweiligen **Altersgruppen** (AGE) von AGE_00_02 bis AGE_75+ wurden ebenfalls beibehalten. Die letzte Spalte beinhaltet das Referenzdatum (REF_DATE) zu den jeweiligen Prognosezahlen (Bsp. in der Tabelle Tab. 5 REF_DATE = 20140101). Über diese Spalte wurden alle Daten mit dem Referenzdatum 2020.01.01 für die jeweiligen Geschlechter zusammengefügt und nicht benötigte Zeilen entfernt. Dadurch konnte ein vorläufiger Tabellendatensatz zu den benötigten Prognosezahlen für das Jahr 2020 erstellt werden. Darauf aufbauend wurden zwei neue Spalten für die Berechnungen von Gesamtwerten in dieser Tabelle erstellt. Eine Spalte mit der Benennung **EW_GES** für die *Gesamtsumme aller Geschlechter und Altersgruppen*, um eine Gesamteinwohnerzahl zu generieren und eine weitere Spalte zur Summe aller weiblichen und männlichen BewohnerInnen der Altersgruppen AGE_15_19_mw bis AGE_75+_mw je Zählbezirk. Diese Berechnung erfolgte unter der neuerstellten Spalte **AGE_LB_mw** und erschließt sich aus der Annahme, dass diese Personengruppen aufgrund deren Alter (AGE) grundsätzlich bewilligt sind eine Lenkerberechtigung (LB) für Kraftfahrzeuge zu erhalten. Die Berechnungen wurden im Zuge dieses Datenverarbeitungsschritts durchgeführt, um diese Werte für spätere Analysen anzuwenden. Weiters erfolgte im Anschluss daran eine Bereinigung und Strukturierung der Tabelle. Der *Auszug aus der bereinigten Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020* (Tab. 6) zeigt einen Auszug aus der

Ergebnistabelle zum zuvor beschriebenen Datenverarbeitungsprozess. Die zwischenzeitlich erstellte CSV-Tabelle beinhaltet nun alle wesentlichen Gesamtwerte zu den prognostizierten Bevölkerungsanzahlen für das Jahr 2020 auf Zählbezirksebene.

Auszug aus der bereinigten Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020

	A	B	C	D
1	Bezirks_CODE	ZBEZ_CODE	EW_GES	AGE_LB_mw
2	90100	90101	3679	3282
3	90100	90102	1501	1313
4	90100	90103	2068	1835
5	90100	90104	1481	1307
6	90100	90105	2125	1856
7	90100	90106	2441	2191
8	90100	90107	2533	2270

Tab. 6: Auszug aus der bereinigten Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020 auf Zählbezirksebene, eigene Darstellung, 2021;

Nach diesem Verarbeitungsschritt musste die zwischenzeitliche Tabelle zu den Bevölkerungszahlen für eine anschließende Verknüpfung mit den erstellten Datensatz zu den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* (vgl. Kap. 5.1.1) weiter aufbereitet werden. Die Verknüpfung mit dieser Shapefile-Datei soll auf Basis der Zählbezirksnummern durchgeführt werden, da diese Nummern die kleinste gemeinsame Gliederungsebene der beiden Datensätze darstellt und eindeutig identifizierbare Nummern sind. Dafür mussten die Zählbezirkszahlen im Tabellendatensatz zu den Bevölkerungszahlen vorerst gekürzt werden, da diese Nummern aus fünfstelligen Nummern bestanden und die Zählbezirksnummern der *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* aus vierstelligen Nummern. Zur Abklärung der inhaltlichen Komponenten und dem Aufbau dieser Nummern, erfolgte eine zusätzliche Untersuchung zu den Zählbezirkskennzahlen. Über den *Katalog zu den Codes und Bezeichnungen der Zählbezirke* von Wien (vgl. DATA.GV.AT[a] 2020:online) konnte festgestellt werden, dass die vorangestellte Ziffer (9) zu den Zählbezirkskennzahlen der Bevölkerungszahlen, die Länderidentifikationsziffer für Wien darstellt. Um eine Verknüpfung mit den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* zu ermöglichen, mussten daher alle vorangestellten Ziffern (9), der Zählbezirkskennzahlen in der Tabelle zu den Bevölkerungszahlen, entfernt werden. Zur Generierung der benötigten Werte wurde über die Software Microsoft Excel vorerst eine neue Spalte mit der Bezeichnung **ZBEZ_NR** erstellt. Die benötigten vierstelligen Zählbezirkskennzahlen für die neue Spalte wurden durch eine Abfragefunktion für Spaltenwerte **=RECHTS(B2;LÄNGE(B2)-1)** zu den bestehenden fünfstelligen Werten aus der Spalte **B** (ZBEZ_NR) generiert. Die *finale CSV-Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen für das Jahr 2020* (Tab. 7) zeigt einen Auszug zu dieser neu erstellten Tabelle mit den erstellten Inhalten aus den zuvor beschriebenen Datenaufbereitungsschritten.

Finale CSV-Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen für das Jahr 2020

	A	B	C	D	E
1	Bezirks_CODE	ZBEZ_CODE	EW_GES	AGE_LB_mw	ZBEZ_NR
2	90100	90101	3679	3282	0101
3	90100	90102	1501	1313	0102
4	90100	90103	2068	1835	0103
5	90100	90104	1481	1307	0104
6	90100	90105	2125	1856	0105
7	90100	90106	2441	2191	0106
8	90100	90107	2533	2270	0107

Tab. 7: Finale Tabelle zu den Bevölkerungsprognosezahlen für 2020, eigene Darstellung, 2021;

Im Anschluss an diesen Datenaufbereitungsprozess wurde der erstellte Datensatz zu den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* und die Tabelle zu den *Bevölkerungsprognosezahlen für das Jahr 2020* in *Qgis* geladen, um eine Verknüpfung der beiden Datensätze zu erstellen. Die daraus resultierende Attributtabelle zu den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* wurde im Anschluss auf die wesentlichen Inhalte gekürzt und im Dateiformat ESRI-Shapefile unter der Bezeichnung **WGKM_GEB_Bev.shp** zwischengespeichert. Die Darstellung *Erweiterte Attributtabelle zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten (WGKM_GEB_Bev.shp)* (Abb. 24) zeigt einen Ausschnitt der neustrukturierten Attributtabelle des erweiterten Datensatz zu den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten*.

Erweiterte Attributtabelle zu den Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten
(WGKM_GEB_Bev.shp)

	OBJECTID	BEZ	ZBEZ	BLK	NUTZUNG_LE	NUTZUNG_L0	NUTZUNG_L1	FLAECH	20_Bezirks	20_ZBEZ_CO	20_EW_GES	20_AGE_LB
1	18823,0000...	01	0101	01013001	Baulandnutz...	Geschäfts-, K...	Geschäfts-, ...	8273,22...	90100	90101	3679	3282
2	21366,0000...	01	0101	01015002	Baulandnutz...	Geschäfts-, K...	Geschäfts-, ...	5002,55...	90100	90101	3679	3282
3	21449,0000...	01	0101	01015001	Baulandnutz...	Geschäfts-, K...	Geschäfts-, ...	3724,98...	90100	90101	3679	3282
4	25758,0000...	01	0101	01014002	Baulandnutz...	Geschäfts-, K...	Geschäfts-, ...	9020,34...	90100	90101	3679	3282
5	25631,0000...	01	0101	01013003	Baulandnutz...	Geschäfts-, K...	Geschäfts-, ...	2487,99...	90100	90101	3679	3282

Abb. 24: Ausschnitt zur erweiterten Attributtabelle der Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten (*WGKM_GEB_Bev.shp*) mit den Bevölkerungsprognosezahlen von 2020 in *Qgis*, 2021;

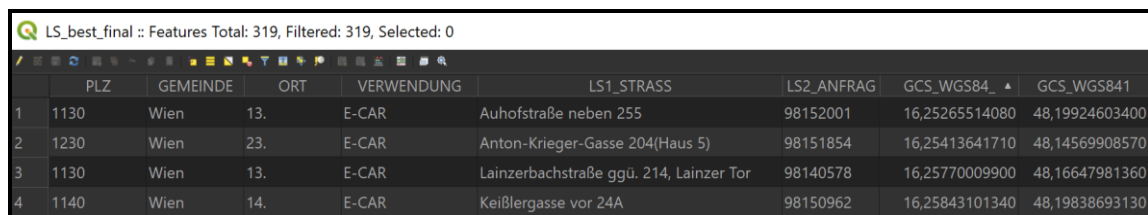
5.2.3 Aufbereitung der E-Ladestandorte- und Auslastungsdaten

Die Erstellung des Datensatzes zu den bereits bestehenden *E-Ladestandorten* erfolgte vorwiegend über die Software **Qgis**. Für die Datenaufbereitung zu den erhaltenen Standortdaten konnte auf die firmeninterne Access-Datenbank der Wien Energie GmbH zugegriffen werden, um die Vollständigkeit der Datensätze zu überprüfen. Im Zuge dieser

Überprüfung zu den erhaltenen zwei Tabellen und den zwei Shapefile-Dateien zu den E-Ladestandortdaten (vgl. Kap. 4.3.3) konnte festgestellt werden, dass die Datensätze unterschiedliche Angaben zu den Standorten und deren Anzahlen beinhalteten. Eine der erhaltenen Shapefile-Dateien bestand aus 284 Objekten und eine weitere aus 326 Objekten. Durch einen Abgleich der inhaltlichen Angaben in den Shapefile-Dateien mit den Angaben zu den Stadt Wien E-Ladestationsdaten in der firmeninternen Datenbank konnte festgestellt werden, dass in einem Datensatz sieben Adresspunkte doppelt vorhanden waren und im zweiten Datensatz 25 Adresspunkte fehlten. Durch den Abgleich mit den Daten in der Datenbank konnte die tatsächliche Anzahl von 319 bereits umgesetzten öffentlichen E-Ladestellen der Stadt Wien, aus den Projektphasen 1 und 2 (Stand Dezember 2019), in Erfahrung gebracht werden. Um einen Datensatz zu den tatsächlich umgesetzten 319 öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien zu erhalten, wurde die Shapefile-Datei mit den 326 Objekten zur weiteren Verarbeitung zu diesen Daten ausgewählt. In diesem Datensatz wurden beginnend die fehlerhaften Objekte selektiert und entfernt. Dadurch konnte ein Datensatz mit der korrekten Anzahl von 319 E-Ladestationen erstellt werden. Weiters wurde im Zuge dessen auch die Attributtabelle auf die wesentlichen Inhalte gekürzt und für weitere Verarbeitungsschritte strukturiert.

Die Darstellung *Bereinigte Attributtabelle zu den bereits bestehenden 319 E-Ladestationen* (Abb. 24) zeigt einen Ausschnitt der Attributtabelle zur Shapefile-Datei der 319 E-Ladestationen in Qgis. Darin sind Informationen zu den Postleitzahlen, den Gemeinden, dem Verwendungszweck, den Adressen, den Abfragenummern und den Koordinaten zu den einzelnen E-Ladestandorten enthalten. Die *Abfragenummern* repräsentieren *firmeninterne Identifikationsnummern* zur eindeutigen Identifikation von Objekten in der Access-Datenbank der Fa. Wien Energie.

Bereinigte Attributtabelle zu den bereits bestehenden 319 E-Ladestationen



	PLZ	GEMEINDE	ORT	VERWENDUNG	LS1_STRASS	LS2_ANFRAG	GCS_WGS84_	GCS_WGS84_
1	1130	Wien	13.	E-CAR	Auhofstraße neben 255	98152001	16,25265514080	48,19924603400
2	1230	Wien	23.	E-CAR	Anton-Krieger-Gasse 204(Haus 5)	98151854	16,25413641710	48,14569908570
3	1130	Wien	13.	E-CAR	Lainzerbachstraße ggü. 214, Lainzer Tor	98140578	16,25770009900	48,16647981360
4	1140	Wien	14.	E-CAR	Keißlergasse vor 24A	98150962	16,25843101340	48,19838693130

Abb. 25: Attributtabelle der bereinigten Shapefile-Datei zu den 319 E-Ladestationen in Qgis, 2020;

Für die weitere Verarbeitung und zur Vorbereitung für eine Verknüpfung der E-Ladestandortdaten mit den Auslastungsdaten zu den jeweiligen E-Ladestationen, musste der erstellte Datensatz mit den 319 E-Ladestandorten, um die benötigte Attributspalte der *EVSE-IDs* erweitert werden. Dafür wurden die Spalten zu den *Abfragenummern* und den *EVSE-IDs* zu den jeweiligen E-Ladestationen in der Datenbank gefiltert und anschließend als eigenständige CSV-Tabelle exportiert. Diese CSV-Tabelle mit den *EVSE-IDs* konnte somit über die gemeinsame Spalte zu den *Abfragenummern* mit der Shapefile-Datei der 319 E-Ladestationen verknüpft werden.

Die erweiterte Attributtabelle des erstellten Datensatzes zu den 319 E-Ladestationen (Abb. 26) zeigt einen Auszug aus der finalen Attributtabelle zur zuvor beschriebenen Datenaufbereitung der E-Ladestationsdaten in Qgis.

Erweiterte Attributtabelle des erstellten Datensatz zu den 319 E-Ladestationen

LS_best_final : Features Total: 319, Filtered: 319, Selected: 0

	PLZ	GEMEINDE	ORT	VERWENDUNG	LS1_STRASS	LS2_ANFRAG	GCS_WGS84_	GCS_WGS841	Anfragenu	_EVSE-ID	_Modellreq	_Phase (St
1	1130	Wien	13.	E-CAR	Auhofstraße neben 255	98152001	16,25265514080	48,19924603400	98152001 AT"VNA"E1130570006	Stadt Wien	2_1	
2	1230	Wien	23.	E-CAR	Anton-Krieger-Gasse 204(Haus 5)	98151854	16,25413641710	48,14569908570	98151854 AT"VNA"E1230570010	Stadt Wien	2_1	
3	1130	Wien	13.	E-CAR	Lainzerbachstraße ggü. 214, Lainzer Tor	98140578	16,25770009900	48,16647981360	98140578 AT"VNA"E1130570004	Stadt Wien	1	
4	1140	Wien	14.	E-CAR	Keißergasse vor 24A	98150962	16,25843101340	48,19838693130	98150962 AT"VNA"E1140570007	Stadt Wien	2_1	

Abb. 26: Erweiterte Attributtabelle des erstellten Datensatz zu den 319 E-Ladestationen in Qgis, 2020;

Die Übersichtskarte zu den 319 bereits bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dezember 2019) (Abb. 27) zeigt die bereits umgesetzten 319 E-Ladestandorte (rote Punktsignaturen) der Stadt Wien mit Stand Dezember 2019 auf Basis der weltweiten grauen Referenzkarte von Esri.

Übersichtskarte zu den 319 bereits bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dezember 2019)

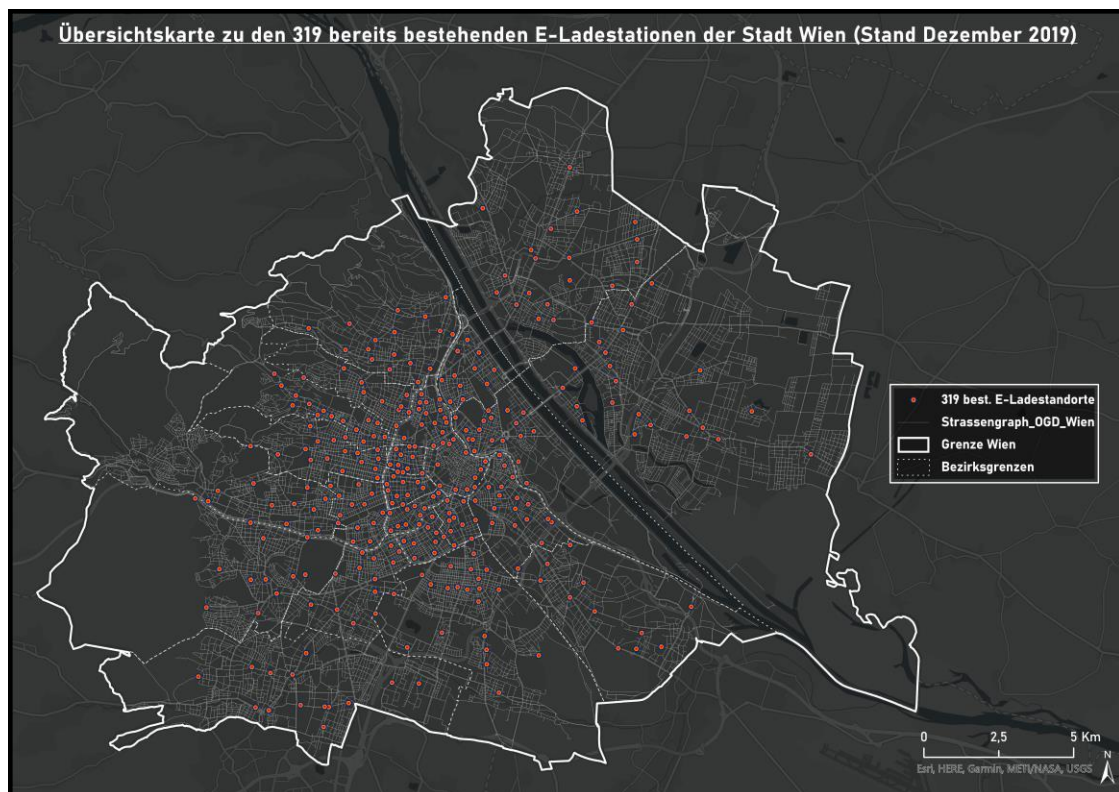


Abb. 27: Übersichtskarte zu den 319 E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dezember 2019), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro 2021;

Die **Auslastungsdaten** (Stand Februar 2020) zu den einzelnen E-Ladestationen wurden in Form einer CSV-Tabelle zur Verfügung gestellt. Die Daten mussten zu Beginn auf deren Inhalt und Vollständigkeit überprüft werden. Dazu wurde die Tabelle vorerst in Qgis importiert. Beginnend konnte festgestellt werden, dass die Tabelle aus Informationen zu den *E-Ladestationen*, den *EVSE-IDs* und den *Auslastungsdaten* bestand. Anschließend an diese erste Inspizierung der Tabelle konnten die Auslastungsdaten mit dem bereits erstellten Punktedatensatz zu den E-Ladestandorten über eine gemeinsame Attributspalte zu den *EVSEIDs* verknüpft werden. Daraus ergab sich ein finaler Punktedatensatz mit der Benennung **LS_best_final**. Der Datensatz wurde anschließend neustrukturiert und vorhandene, längere Spaltenüberschriften durch abgekürzte Bezeichnungen ersetzt. Abschließend wurde der finale Punktedatensatz als eigenständige Shapefile-Datei abgespeichert.

Die *Beispielzeile aus der Attributtabelle zu den Standort- und Auslastungsdaten (LS_best_final)* (Tab. 8) zeigt eine beispielhafte Zeile aus der finalen Attributtabelle des zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozess zur Erstellung der Shapefile-Datei *LS_best_final*. Zur übersichtlicheren Veranschaulichung der Inhalte wurde die Tabelle in aufgesplitteter Form und untereinander dargestellt. Die Attributwerte in den Spalten zu den Auslastungszahlen repräsentieren durchschnittliche Werte zum Verbrauch in kWh pro Monat (*kWh_Monat*), kWh pro Tag (*kWh_Tag*) und kWh pro Jahr (*A_Verbr_kWh*) zu den jeweiligen E-Ladestandorten.

**Beispielzeile aus der Attributtabelle zu den Standort- und Auslastungsdaten
(LS_best_final)**

PLZ	GEM	BEZ	STRASSE	ANFRAGE-NR.	EVSE-ID
1170	Wien	17	Alszeile vor 117	98138285	AT*VNA*E1220570001

PHASE	kWh_Monat	kWh_Tag	A_Verbr_kWh	Belegung%
1	236,742	7,783	2840,904	0,13

Tab. 8: Beispielzeile aus der Attributtabelle zur Verknüpfung der E-Ladestandorte und der Auslastungszahlen, eigene Tabelle, 2020;

5.2.4 Aufbereitung des Kraftfahrzeugbestands (E-PKW und PKW)

Die Neuzulassungszahlen wurden im Dateiformat *Microsoft-Excel-Arbeitsmappe* (.xlsx) mit mehreren Registerblättern innerhalb einer Arbeitsmappe zur Verfügung gestellt. Für die Aufbereitung der Neuzulassungszahlen an rein elektrisch betriebenen E-PKW und Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) für Wien wurde das Registerblatt mit der Benennung *Datenbank* (= Rohdatenstrukturierung zu allen österreichischen Bezirken) verwendet. Die Zahlen aus diesem Auszug zu den Neuzulassungszahlen starten mit 1. Jänner 2015 und reichen bis zum 31. Dezember 2019. Die Strukturierung der Rohdaten ist in der Abbildung zur *Rohdatenstrukturierung der Neuzulassungszahlen 2015-2019* (Abb. 28) zu sehen.

Die Originalstrukturierung beinhaltet eine Überkategorie **Personenkraftwagen Kl. M1** und drei Unterebenen – **Elektro**, **Benzin/Elektro plug-in (hybrid)** und **Diesel/Elektro plug-in (hybrid)**. Diese Unterebenen weisen wiederum eine Aufsplittung zu unterschiedlichen Spalten (*Monat, Jahr, Bundesland, Bezirk, E 0 or less, E More or less, Summe Elektro, etc.*) zur Zählung auf. Für diese Datenaufbereitung wurden die Spalten **Monat, Jahr, Bundesland, Bezirk, Summe Elektro, Summe Benzin/Elektro (hybrid)** und **Summe Diesel/Elektro (hybrid)** verwendet. Für die benötigten Daten von 2015 bis 2019 musste zunächst eine Umstrukturierung erfolgen, um eine Verknüpfung mit der Shapefile-Datei zu den Bezirksgrenzen von Wien zu ermöglichen. Dazu mussten vorerst alle Spalten zu den Jahrgängen 2015 bis 2019 in eine Spaltenstruktur, nebeneinander (von links nach rechts) gebracht werden, um einen anschließenden Kopiervorgang in eine neue Excel-Arbeitsmappe durchzuführen. Die Berechnungen zu allen benötigten Summen aus den Zulassungszahlen konnten im Anschluss daran in dieser neuen Arbeitsmappe durchgeführt werden. Im Zuge dieses Prozesses wurde auch eine zusätzliche Spalte zu den Bezirksnummern in dieser neuen Tabelle erstellt, um eine spätere Verknüpfung mit der Shapefile-Datei zu den Wiener Bezirken zu ermöglichen.

Rohdatenstrukturierung der Neuzulassungszahlen 2015-2019

		Personenkraftwagen Kl. M1									

Abb. 28: Screenshot zur Veranschaulichung der Rohdatenstrukturierung aus dem Datensatz zu den Neuzulassungszahlen von 2015-2020, eigene Darstellung, 2020;

In der nachfolgenden Tabelle zu den *Neuzulassungszahlen an rein elektrisch betriebenen PKWs und der Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) auf Bezirksebene von Wien (2015 bis 2019)* (Tab. 9) ist das Ergebnis zu den berechneten Neuzulassungszahlen an rein elektrisch betriebenen PKWs und der Plug-in Hybride (Diesel sowie Benzin) auf Bezirksebene in Wien von 2015 bis 2019 ersichtlich.

Im Anschluss an diese Aufbereitung zu den Zulassungszahlen an elektrisch betriebenen PKWs in Wien, wurden auch die Gesamtanzahlen aller zugelassenen und konventionell betriebenen PKWs auf Bezirksebene von Wien bearbeitet.

Die Tabelle zum *Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken in Wien 2019* (Tab. 10) zeigt den Inhalt aus dem statistisch aufbereiteten Kraftfahrzeugbestand der 23 Wiener Bezirke mit Stand 31.12.2019, berechnet von der MA 23 2020: *online*.

Neuzulassungszahlen an rein elektrisch betriebenen PKWs und der Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) auf Bezirksebene von Wien (2015 bis 2019)

BEZ_Nr	Bezirk	PKW Elektro KL. M1	PKW Benzin Hybrid (plug-in) KL. M1	PKW Diesel Hybrid (plug-in) KL. M1	Summe
1	Innere Stadt	697	210	6	913
10	Favoriten	597	115	10	722
23	Liesing	487	429	7	923
3	Landstraße	397	171	5	573
22	Donaustadt	356	230	5	591
11	Simmering	323	52	1	376
19	Doebling	202	147	2	351
21	Floridsdorf	171	104	3	278
2	Leopoldstadt	148	114	1	263
20	Brigittenau	116	77	0	193
13	Hietzing	106	60	1	167
14	Penzing	105	31	1	137
6	Mariahilf	92	43	0	135
18	Währing	83	26	0	109
12	Meidling	80	65	3	148
4	Wieden	77	33	2	112
5	Margareten	76	23	0	99
9	Alsergrund	71	31	1	103
15	Rudolfsheim-Fünfhaus	70	26	0	96
7	Neubau	63	28	0	91
17	Hernals	61	19	0	80
16	Ottakring	55	27	2	84
8	Josefstadt	25	12	1	38

Tab. 9: Ergebnisstabelle zur Berechnung der Neuzulassungszahlen (2015-2019) an rein elektrisch betriebenen PKWs und Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) pro Bezirk in Wien, eigene Tabelle, 2020;

Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken in Wien 2019

Gemeindebezirk *	Insgesamt	Kraftfahrzeuge zum Stichtag 31. 12.					Kraftträder ****
		Pkw	Omnibusse	Lkw	Zugmaschinen **	sonstige Kraftfahrzeuge ***	
Wien	892.807	714.960	3.909	71.236	5.936	5.443	91.323
1. Innere Stadt	19.066	16.044	20	1.353	77	221	1.351
2. Leopoldstadt	40.364	32.832	10	3.198	116	310	3.898
3. Landstraße	49.359	38.896	455	4.878	285	690	4.155
4. Wieden	15.242	12.379	3	1.301	62	119	1.378
5. Margareten	19.578	15.326	6	1.747	294	113	2.092
6. Mariahilf	12.633	10.120	1	860	38	85	1.529
7. Neubau	12.536	9.939	–	879	46	56	1.616
8. Josefstadt	9.285	7.548	–	491	24	43	1.179
9. Alsergrund	16.690	13.599	–	1.084	58	76	1.873
10. Favoriten	85.642	71.551	11	5.937	328	377	7.438
11. Simmering	48.485	38.538	75	4.145	275	430	5.022
12. Meidling	42.018	33.215	4	2.785	2.020	126	3.868
13. Hietzing	27.896	23.441	3	938	103	160	3.251
14. Penzing	42.609	35.217	3	1.962	88	236	5.103
15. Rudolfsheim-Fünfhaus	26.317	21.148	12	2.234	69	126	2.728
16. Ottakring	39.430	31.950	18	2.744	87	182	4.449
17. Hernals	22.788	18.365	1	1.388	58	104	2.872
18. Währing	21.904	18.227	8	877	51	93	2.648
19. Döbling	36.993	30.752	1	1.950	273	149	3.868
20. Brigittenau	29.421	24.456	442	1.675	91	103	2.654
21. Floridsdorf	79.015	64.556	146	4.530	383	371	9.029
22. Donaustadt	103.093	84.005	10	6.373	611	576	11.518
23. Liesing	70.608	54.543	230	8.438	445	543	6.409

<https://www.wien.gv.at/statistik/verkehr-wohnen/tabellen/kfz-bestand-bez.html>

Tab. 10: Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken in Wien 2019 in Microsoft Excel nach MA 23 2020: *online*;

Aus der erstellten Arbeitsmappe zum Kraftfahrzeugbestand nach Gemeindebezirken in Wien 2019 wurden die Spalte mit der Benennung **Pkw** kopiert und als weitere Spalte in der Ergebnistabelle zu den zuvor berechneten Neuzulassungszahlen an rein elektrisch

betriebenen PKW und der Plug-in Hybride (Diesel und Benzin) auf Bezirksebene von Wien (2015 bis 2019) hinzugefügt. Daraus ergab sich eine abschließende *Gesamttabelle zu den E-PKWs- und PKW Anzahlen nach Bezirken in Wien 2019* (Tab. 11). Diese Tabelle wurde abschließend als eigenständige Arbeitsmappe (.xlsx) unter der Bezeichnung *NZ_2019_BEZ_Wien* für eine spätere Weiterverwendung in der Analyse abgespeichert.

Gesamttabelle zu den E-PKWs- und PKW Anzahlen nach Bezirken in Wien 2019

BEZ_Nr	Bezirk	PKW Elektro KL. M1	PKW Benzin Hybrid (plug-in) KL. M1	PKW Diesel Hybrid (plug-in) KL. M1	Summe EPKW_Plug-in	Pkw
1	Innere Stadt	697	210	6	913	16.044
2	Leopoldstadt	148	114	1	263	32.832
3	Landstraße	397	171	5	573	38.896
4	Wieden	77	33	2	112	12.379
5	Margareten	76	23	0	99	15.326
6	Mariahilf	92	43	0	135	10.120
7	Neubau	63	28	0	91	9.939
8	Josefstadt	25	12	1	38	7.548
9	Alsergrund	71	31	1	103	13.599
10	Favoriten	597	115	10	722	71.551
11	Simmering	323	52	1	376	38.538
12	Meidling	80	65	3	148	33.215
13	Hietzing	106	60	1	167	23.441
14	Penzing	105	31	1	137	35.217
15	Rudolfsheim-Fünfhaus	70	26	0	96	21.148
16	Ottakring	55	27	2	84	31.950
17	Hernals	61	19	0	80	18.365
18	Währing	83	26	0	109	18.227
19	Doebling	202	147	2	351	30.752
20	Brigittenau	116	77	0	193	24.456
21	Floridsdorf	171	104	3	278	64.556
22	Donaustadt	356	230	5	591	84.005
23	Liesing	487	429	7	923	54.543

Tab. 11: Gesamttabelle zu den E-PKW- und PKW Anzahlen nach Bezirken in Wien 2019, eigene Darstellung in Microsoft Excel, 2020;

5.3 Erhebung von technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von E-Ladestationen in der Stadt Wien

Zur Erhebung technisch und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen zur Positionierung von weiteren E-Ladestationen in der Stadt Wien wurde beginnend ein *Einzugsgebiets-Analyse-Layer* über die Software **ArcGis-PRO** erstellt. Dadurch konnten die bereits durch die bestehende E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Stadtgebiete erhoben werden. Darauf aufbauend konnten *technisch- und wirtschaftlich geeignete öffentliche Verkehrsflächen* außerhalb dieser Gebiete ermittelt werden. Zur Ermittlung dieser Flächen wurde eine Prozesskette über die Software **FME** erstellt und weiterführende Verarbeitungsschritte dazu, über die Software **Qgis** vorgenommen. Die einzelnen Arbeitsschritte zur Erhebung der technisch und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen werden in den folgenden Unterkapitel genauer beschrieben.

5.3.1 Erreichbarkeitsanalyse

Zur Umsetzung der Erreichbarkeitsanalyse zu den bereits bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien, wurde über das Geoprocessing-Tool *Make-Service-Area-Analysis-Layer* im *Network Analyst* von ArcGis-Pro (vgl. Kap. 3.3.2.4) ein sogenannter *Einzugsgebiet-*

Analyse-Layer erstellt. Zur Erstellung dieses Gruppen-Layers wurde das gehostete Routingnetzwerk der Wien IT GmbH (vgl. Kap. 4.3.3), über eine Enterprise Datenbankverbindung eingebunden. Nach der Erstellung des *Einzugsgebiet-Analyse-Layer* konnte der bereits erstellte Punktdatensatz zu den 319 E-Ladestationen als Einrichtungsstandorte (Facilities) in den erstellten *Einzugsgebiet-Analyse-Layer* importiert werden. Als Distanzeigenschaft für die Einzugsgebiete wurde *Gehstrecke zu den Stationen* gewählt und für die Visualisierung der Einzugsgebiete wurde die Darstellungsform *Liniensegmente und Polygone auf dem Netzwerkdatsatz* ausgewählt. Bei dem Distanzparameter für die Gehstrecken, wurden die von der Stadt Wien forcierten, maximal 400 Meter bis zur nächsten Stadt Wien E-Ladestation in dichter bebauten Stadtgebieten (vgl. Kap. 2.4), als maximale Distanzwerte verwendet. Durch diese Herangehensweise konnten alle bereits abgedeckten Straßennetzwerkbereiche, die innerhalb dieser vorgegebenen Distanzen liegen, erhoben werden. Die Einzugsgebiete in Form von Liniensegmenten und Polygonen konnten danach für weitere Verarbeitungsschritte als eigenständige Shapefile-Dateien exportiert und zwischengespeichert werden.

Übersichtskarte zu den Erreichbarkeiten der Stadt Wien E-Ladestationen (Dez. 2019)

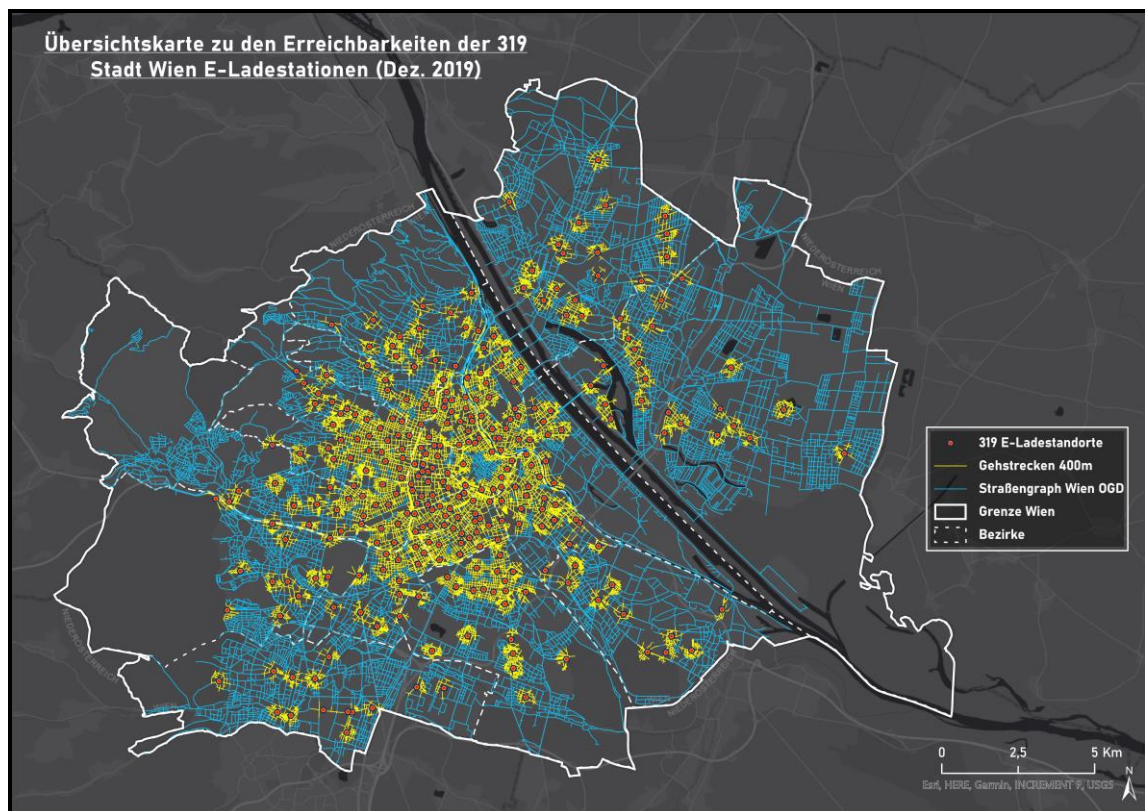


Abb. 29: Übersichtskarte zu den Erreichbarkeiten (400 Meter) aller E-Ladestationen der Stadt Wien (Stand Dez. 2019), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Die *Übersichtskarte zu den Erreichbarkeiten der bereits bestehenden 319 E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019)* (Abb. 29) zeigt das Ergebnis der Einzugsgebiete-Analyse. Die Gehstrecken, 400 Meter zu den E-Ladestationen sind dabei in Form von gelben

Liniensegmenten dargestellt und die nicht abgedeckten Gebiete in Form von blauen Liniensegmenten. Die Gehstrecken von 400 Meter beziehen sich dabei auf Längen von den äußeren Enden der gelben Liniensegmente bis hin zur jeweiligen roten Punktsignatur einer E-Ladestation. Die Linien zu den Stationen, die eine geringere Distanz als 400 Meter bis zur nächstgelegenen E-Ladestation aufweisen, wurden dabei in verschmelzender Form von zusammenhängenden Einzugsgebieten dargestellt. Als Hintergrundkarte für diese Übersichtskarte wurde die weltweite graue Referenzkarte von Esri verwendet.

Detailausschnitte zur Erreichbarkeitsanalyse (Linien und Polygone) von bereits bestehenden E-Ladestationen



Abb. 30: Detailausschnitte zur Erreichbarkeitsanalyse von bereits bestehenden E-Ladestationen in Form Liniensegmenten (ober Abbildung) und Polygonen (untere Abbildung), eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Die Abbildung *Detailausschnitte zur Erreichbarkeitsanalyse (Linien und Polygone)* von bereits bestehenden E-Ladestationen (Abb. 30) zeigt einen Kartenausschnitt (obere Abbildung) zu den Gehstrecken von 400 Metern in Form von Liniensegmenten und denselben Kartenausschnitt in Form von Polygonen (untere Abbildung). Die Kartenausschnitte zu den zwei Einzugsgebieten dienen zur vergrößerten Veranschaulichung der berechneten Erreichbarkeiten. Als Kartenbasis für diese vergrößerte Darstellung wurde das Orthophoto von Österreich verwendet.

5.3.2 Erhebung geeigneter Verkehrsflächen

Beginnend in der Eingrenzung bezüglich der technisch- und wirtschaftlichen Anforderungen an öffentliche Verkehrsflächen für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen in der Stadt Wien, wurden vorerst alle geeigneten Datensätze dazu in Qgis importiert und genauer untersucht. Die verwendeten Datensätze zur Erhebung geeigneter Verkehrsflächen werden nachfolgend, stichpunktartig aufgelistet. Auf den umfangreichsten Basisdatensatz für diese Erhebung, den *LINEAREUSE_OGD-Datensatz*, wird aufgrund dessen Relevanz im nachfolgenden Erhebungsprozess zur Generierung von geeigneten öffentlichen Verkehrsflächen, expliziter Stellung bezogen.

5.3.2.1 Verwendete Datensätze zur Erhebung geeigneter Verkehrsflächen

➤ **OGD- Daten (vgl. Kap. 4.3.1):**

- *LINEAREUSE_OGD (Linien)*
- *LANDESGRENZE_OGD.shp (Polygon)*
- *PARKENANRAINER_OGD.shp (Linien)*
- *KURZPARKSTREIFEN_OGD.shp (Linien)*
- *TAXI_OGD.shp (Linien)*
- *REALNUT2018_OGD.shp (Polygon)*

➤ **Wien Energie- Daten (vgl. Kap. 4.3.3):**

- *Stromnetzdaten.shp (freie Kapazitäten) (Linien)*

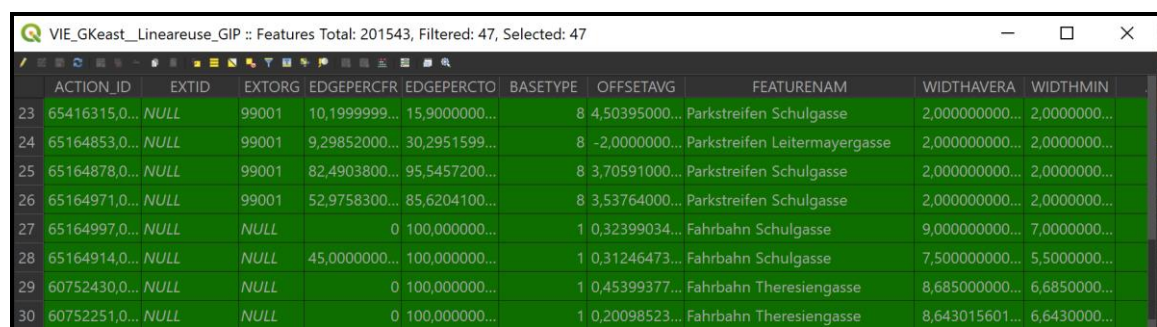
➤ **Bereits aufbereitete Daten:**

- *WGKM_GEB_Bev.shp* - Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete (vgl. Kap. 5.2.1);
- *EZGB_POLY.shp* - Erreichbarkeiten 400 Meter Gehstrecken zu den E-Ladestationen (vgl. Kap. 5.3.1)

Aus dem umfangreichsten Datensatz in dieser Erhebung, dem *B-GIP Network = Basisnetz* (vgl. Kap. 4.2.1) wurde der beinhaltende Liniendatensatz **LINEAREUSE_OGD** zur weiteren Verarbeitung ausgewählt. Dieser Datensatz konnte im Zuge der Datenrecherchen aufgrund dessen beinhaltenden Parkstreifen, als der umfangreichste Liniendatensatz zu öffentlichen Parkstreifen für den Untersuchungsbereich von Wien gefunden werden. Der österreichweite Datensatz wurde beginnend auf dessen Inhalte in der Attributtabelle untersucht. Anhand dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass über die Spalte „**BASETYPE**“ eine Klassifizierung zur Nutzungsform der Verkehrsflächenfeatures vorhanden ist. Diese Spalte enthält 52 Kategorien zu Nutzungsformen der beinhaltenden Liniensegmente. Für diesen Erhebungsprozess waren vor allem die Inhalte zu den **Parkstreifen** (**BASETYPE** = 8) und die Inhalte zu den **Fahrbahnstreifen** ohne höherrangige Straßen und ohne Autobahnen (**BASETYPE** = 1) von Bedeutung. Weiters beinhaltet die Attributtabelle auch Angaben zu den durchschnittlichen- und minimalen Breiten der unterschiedlich genutzten Verkehrslinienfeatures. Die Werte zu den Angaben der Breiten waren dabei in zwei unterschiedlichen Spalten zu finden. In der Spalte „**WIDTHAVERA**“ für Angaben zu den durchschnittlichen Breiten und in der Spalte „**WIDTHMIN**“ für Angaben zu minimalen Breiten der Verkehrslinienfeatures.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen *Auszug aus der Attributtabelle des LINEAREUSE_OGD-Datensatz* (Abb. 31) in Qgis. Darin sind alle relevanten Attributspalten – **BASETYPE**, **FEATURENAM**, **WIDTHAVERA** und **WIDTHMIN** – für weitere Verarbeitungsschritte ersichtlich.

Auszug aus der Attributtabelle des LINEAREUSE_OGD Datensatz



	ACTION_ID	EXTID	EXTORG	EDGEPERCFR	EDGEPERCTO	BASETYPE	OFFSETAVG	FEATURENAM	WIDTHAVERA	WIDTHMIN
23	65416315,0...	NULL	99001	10,1999999...	15,9000000...	8	4,50395000...	Parkstreifen Schulgasse	2,000000000...	2,0000000...
24	65164853,0...	NULL	99001	9,29852000...	30,2951599...	8	-2,00000000...	Parkstreifen Leitermayergasse	2,000000000...	2,0000000...
25	65164878,0...	NULL	99001	82,4903800...	95,5457200...	8	3,70591000...	Parkstreifen Schulgasse	2,000000000...	2,0000000...
26	65164971,0...	NULL	99001	52,9758300...	85,6204100...	8	3,53764000...	Parkstreifen Schulgasse	2,000000000...	2,0000000...
27	65164997,0...	NULL	NULL	0	100,000000...	1	0,32399034...	Fahrbahn Schulgasse	9,000000000...	7,0000000...
28	65164914,0...	NULL	NULL	45,0000000...	100,000000...	1	0,31246473...	Fahrbahn Schulgasse	7,500000000...	5,5000000...
29	60752430,0...	NULL	NULL	0	100,000000...	1	0,45399377...	Fahrbahn Theresiengasse	8,685000000...	6,6850000...
30	60752251,0...	NULL	NULL	0	100,000000...	1	0,20098523...	Fahrbahn Theresiengasse	8,643015601...	6,6430000...

Abb. 31: Auszug der Attributtabelle des *LINEAREUSE_OGD* Datensatz, eigene Darstellung der Attributtabelle über Qgis, 2021;

Die *Übersichtskarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz* (Abb. 32) zeigt alle Parkstreifen und Fahrbahnstreifen ohne höherrangige Straßen und Autobahnen für den Untersuchungsbereich von Wien, die in diesem Datensatz enthalten sind. Die Fahrbahnstreifen wurden dabei in blauer Farbe dargestellt und die Parkstreifen wurden in oranger Farbe visualisiert. Als Kartenbasis wurde hierfür die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet und zur Abgrenzung des Untersuchungsgebiets wurde zusätzlich auch die Landesgrenze von Wien abgebildet.

**Übersichtskarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem
LINEAREUSE_OGD-Datensatz**

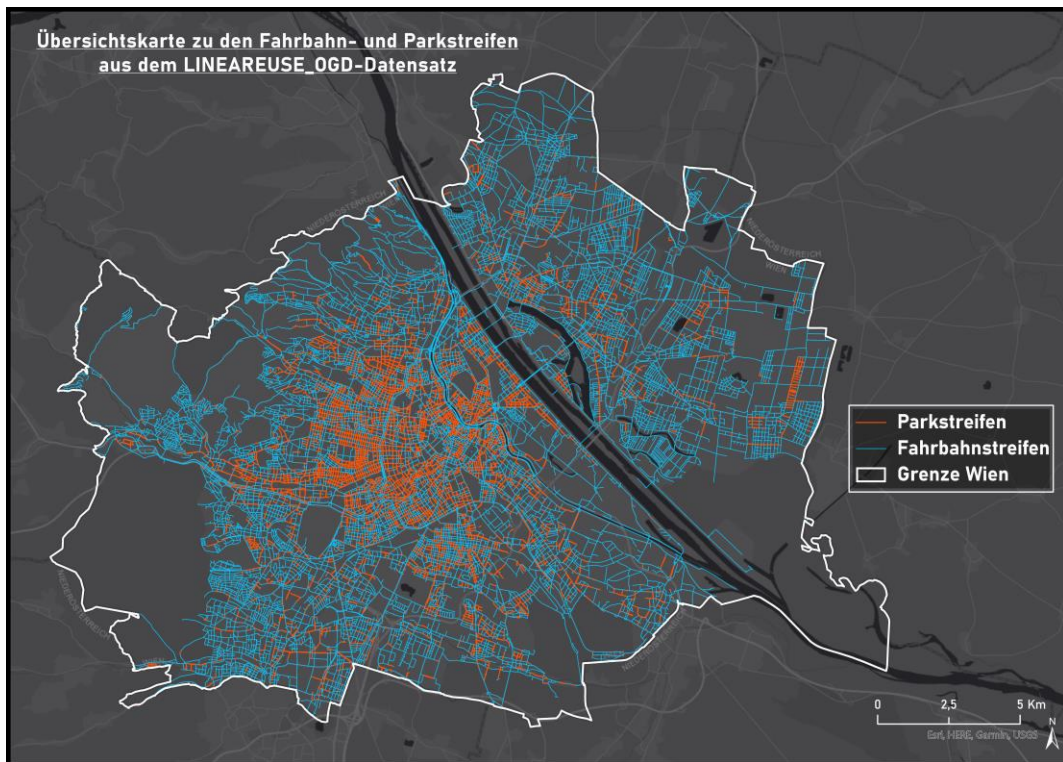


Abb. 32: Übersichtskarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;

**Detailkarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem
LINEAREUSE_OGD-Datensatz**

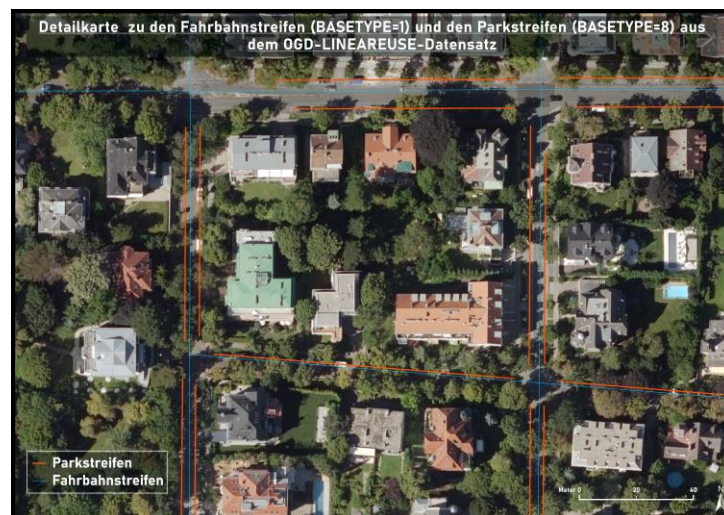


Abb. 33: Detailkarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Die *Detaillkarte zu den Fahrbahnstreifen und den Parkstreifen aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz* (Abb. 33) zeigt einen willkürlich gewählten Kartenausschnitt zu den Parkstreifen und Fahrbahnstreifen ohne höherrangige Straßen und Autobahnen aus der vorangegangenen Übersichtskarte. Zur besseren Veranschaulichung der erfassten Parkstreifen wurde hierfür das Orthophoto von Österreich verwendet.

Nach der Untersuchung zum Inhalt des *LINEAREUSE_OGD*-Datensatz wurden die **Parkflächen** (BASETYPE=8) und die **Fahrbahnstreifen** (BASETYPE=1) ohne Autobahnen und höherrangige Straßen als Basisdatensatz für die weitere Verwendung festgelegt, um gemeinsam mit den zu Beginn aufgezählten Daten zur Erhebung von geeigneten Verkehrsflächen verarbeitet zu werden.

5.3.2.2 *Herangehensweise und Erhebungsmethode*

Bevor die genaue Herangehensweise zur Erhebung der geeigneten Verkehrsflächen bestimmt werden konnte, wurde das Ziel dieser Untersuchung bestimmt. Dazu wurden vorerst die technisch- und wirtschaftlichen Vorgaben zur Errichtung von E-Ladestationen auf öffentlichen Parkflächen in der Stadt Wien (vgl. Kap. 2.4) zusammengefasst und folgende Bedingungen für diese Erhebung zu den relevanten Verkehrsflächen definiert:

- die Verkehrsflächen müssen öffentliche Parkplätze entlang von Straßen (keine Autobahnen oder höherrangige Straßen) sein (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen dürfen nicht als Anrainerparkplätze oder Taxistandflächen ausgewiesen sein (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen sollen außerhalb der bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Gebiete (400 Meter Gehdistanz) liegen (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen sollen innerhalb bebauter Stadtgebiete mit einer vorwiegenden Wohnnutzung liegen (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen müssen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von ca. fünf bis sechs Meter zu ausreichend Stromnetzkapazitäten (freie Leitungen) liegen (vgl. Kap. 2.4);

Im Anschluss an die Definition dieser Bedingungen wurde die Herangehensweise zur Erhebung dieser Flächen bestimmt. Nach genauer Untersuchung der vorhandenen Datensätze zu den Parkstreifen, konnte festgestellt werden, dass über die enthaltenen Liniensegmente dazu, ein Großteil an real vorhandenen Parkstreifen in Wien abgebildet werden können. Weiters wurde auch festgestellt, dass darin nicht alle Parkstreifen von Wien vorhanden waren. Daher wurde eine Erhebungsmethode zu zwei Klassen (*Klasse 1* und *Klasse 2*) an geeigneten Verkehrsflächen festgelegt. Die Klassifizierung erschließt sich aus der Zusammensetzung der vorhandenen Daten und den daraus abgeleiteten Flächen.

Die Verkehrsflächen zur höher gewichteten **Klasse 1** wurden auf Basis einer Kombination aus den **Parkstreifenlinien** des *LINEAREUSE_OGD*-Datensatz (*BASETYPE=8*) mit den vorhandenen **Kurzparkstreifen** der Stadt Wien (*KURZPARKSTREIFENOGD.shp*) erstellt. Für die Erhebung der Verkehrsflächen zur niedriger gewichteten **Klasse 2** wurden die Linienfeatures zu den **Fahrbahnstreifen** (*BASETYPE=1*) im *LINEAREUSE_OGD* und die beinhaltenden Informationen zu den **durchschnittlichen Fahrbahnbreiten** (*WIDTHAVERAGE*) als Basisdaten verwendet. Die daraus generierten Verkehrsflächen zur **Klasse 2** können somit in einem späteren Entscheidungsfindungsprozess in der Planung als Erweiterung zu den Verkehrsflächen der **Klasse 1** herangezogen werden. Basierend auf dieser Erhebungsmethode zu zwei Klassen wurde die Erstellung einer zusätzlichen Attributspalte zur Kennzeichnung der Linienfeatures gewählt. Für die Benennung der neuen Spalte wurde der Name – **LS_TECH_PARK_KL** – definiert. Die Zahlenwerte **1** und **2** für diese Spalte dienen vordergründlich zur Identifizierung der angewandten Grunddaten in der Erhebung und der Differenzierung zur Gewichtung der jeweiligen Liniensegmente für weitere Verarbeitungsschritte zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen.

Alle Verkehrsflächen, die auf Grundlage der Kombination aus den tatsächlich ausgewiesenen Parkstreifen (*KURZPARKSTREIFEN_OGD* und *LINEAREUSE_OGD = BASETYPE 8*) in den Datensätzen ermittelt wurden, fallen dabei unter den Wert **1**. und die zusätzlich erhobenen Flächen, die auf Grundlage der Fahrestreifen (*LINEAREUSE_OGD = BASETYPE 1*) ermittelt wurden, unter den Wert **2**. Wobei die erhobenen Liniensegmente mit dem Wert **1**, die Verkehrsflächen mit einer höheren Gewichtung bezüglich einer realen Parkfläche darstellen und die Verkehrsflächen mit dem Wert **2** als zusätzlich mögliche Standorte mit einem Unsicherheitsfaktor bezüglich der realen Nutzung gesehen werden können.

Als Ziel bzw. Ergebnis dieses Datenverarbeitungsprozess wurde die Ausgabe von Liniensegmenten, die sich innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von sechs Meter zu freien Stromnetzkapazitäten befinden, die im näheren Umkreis zu bewohnten Stadtgebieten liegen und öffentliche Parkstreifen entlang von Straßen sind **LS_TECH_PARK_KL = 1** oder Fahrbahnbegrenzungslinien, die denselben Bedingungen unterliegen, jedoch nicht in **LS_TECH_PARK_KL = 1** enthalten sind und einer Hinzunahme einer zusätzlichen Stütze (Bsp. Orthophoto etc.) zur tatsächlichen Interpretation bezüglich der genauen Nutzung dieser Flächen bedürfen **LS_TECH_PARK_KL = 2**, definiert.

Zur Erhebung der **LS_TECH_PARK_KL = 1** und **LS_TECH_PARK_KL = 2** wurde die Erstellung einer Datenverarbeitungsprozesskette über die Software FME (vgl. Kap. 3.1.3) gewählt. Die Verwendung dieser Software erschließt sich aus der Vielzahl an unterschiedlichen Arbeitsschritten, die zur finalen Eingrenzung der technisch und baulich geeigneten öffentlichen Verkehrsflächen notwendig waren. Diese Herangehensweise zur Erhebung der benötigten Linienfeatures wurde als effizienteste Herangehensweise erachtet. Ein wesentlicher Vorteil ergibt sich dabei aus der unkomplizierten Möglichkeit zur Veränderung von Einstellungen und Parametern in den einzelnen Werkzeugen (Transformern) in einer Prozesskette. Beispielsweise können Distanzparameter von

einzelnen Werkzeugen oder Projektionen zwischen diversen Koordinatensystemen beliebig oft verändert werden, ohne darauf aufbauende Arbeitsschritte wiederholt durchführen zu müssen. Weiters besteht auch die Möglichkeit zur visuellen Betrachtung und zum einfachen Export von Zwischenergebnissen aus den einzelnen angewendeten Werkzeugen in der Prozesskette. Auch Einstellungen zu den gewünschten Ausgabeformaten (Esri-Shapefile, GEO-JSON, CSV-Tabellen etc.) sind beliebig veränderbar. Hervorzuheben ist hierbei auch das überwiegende Angebot an ausreichend Tutorials, Dokumentationen und Hilfestellungen, die über die softwarebezogene Knowledge Base auf deren Homepage von Safe-Software zur Verfügung gestellt werden (vgl. Kap. 3.1.3).

5.3.2.3 Erhebung geeigneter Verkehrsflächen

Zur Erstellung der Prozesskette über die Software FME wurden insgesamt 53 *Transformer*-Werkzeuge und acht *Reader* zum Einlesen unterschiedlicher Daten verwendet. Weiters wurde die Prozesskette über 19 sogenannte *Bookmarks* zur besseren Übersicht strukturiert. Die Darstellung zur *FME-Prozesskette zur Erhebung der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen* (Abb. 34) zeigt ein Abbild der gesamten FME-Prozesskette, die für die Erhebung aller geeigneten Verkehrsflächen erstellt wurde.

FME-Prozesskette zur Erhebung der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen

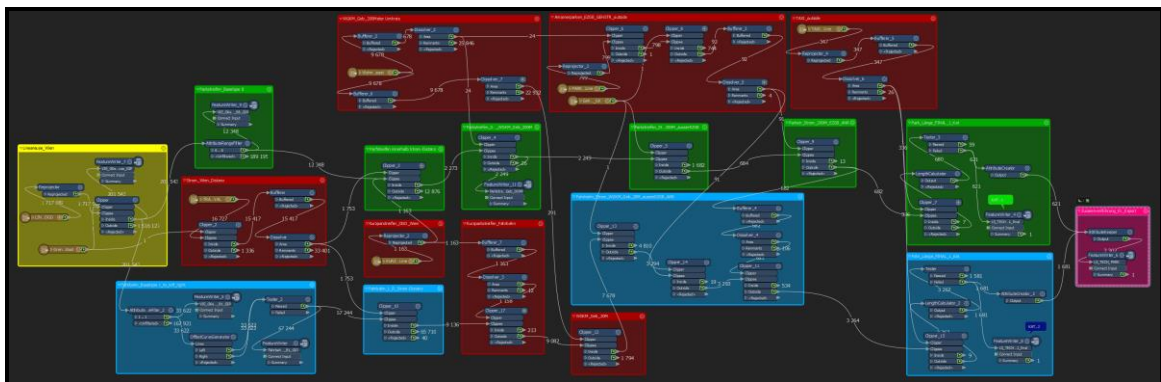


Abb. 34: Übersicht der gesamten FME-Prozesskette zur Erhebung der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von Stadt Wien E-Ladestationen, eigene Darstellung über FME, 2021;

Der gelbe Bookmark stellt den Beginn der von links nach rechts laufenden Prozesskette und beinhaltet erste Bearbeitungsschritte zum Basisdatensatz *LINEAREUSE_OGD*. Die grünen Bookmarks repräsentieren die Verarbeitungsschritte zu den **Parkstreifen** (BASETYPE=8) aus dem *LINEAREUSE_OGD*-Datensatz zur Erhebung der **LS_TECH_PARK_KL = 1**. Die blauen Bookmarks beinhalten die wesentlichen Verarbeitungsschritte, die auf Grundlage der **Fahrbahnstreifen** (BASETYPE=1) durchgeführt wurden, um die **LS_TECH_PARK_KL = 2** zu erheben. Die roten Bookmarks umfassen jeweilige Verarbeitungsschritte zur Integration der neu eingelesenen

Daten (Anrainerparken, Kurzparkstreifen, EZGB, WGKM etc.) in die Prozesskette. Der letzte Bookmark (pink) beinhaltet eine abschließende Finalisierung zu den erstellten Klassen **LS_TECH_PARK_KL 1** und **LS_TECH_PARK_KL 2**. Die einzelnen Verarbeitungsschritte in dieser Prozesskette werden nachfolgend genauer beschrieben. Zur übersichtlicheren Darlegung der einzelnen Verarbeitungsschritte wurde die Prozesskette für diese Beschreibung in zwei Teile geteilt.

Die Darstellung zur *FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und baulich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 1)* (Abb. 35) beinhaltet den ersten Teil der gesamten Prozesskette. Dieser erste Teil beinhaltet 26 *Transformer-Werkzeuge* und 5 *Reader*, die aufgeteilt in 11 *Bookmarks* ersichtlich sind. Innerhalb des ersten *Bookmark* mit dem Titel *Lineareuse_Wien* (gelb) wurden drei *Transformer-Werkzeuge* angewendet. Beginnend wurden die beiden Datensätze *LINEAREUSE_OGD.shp* und *LANDESGRENZEOGD.shp* über jeweils einen *Reader* eingelesen. Das *LANDESGRENZEOGD.shp* musste vorerst über einen *Transformer-Reprojector* vom globalen Referenzsystem WGS84, in dieselbe Projektion (MGI Austria GK East) wie die des *LINEAREUSE_OGD.shp* projiziert werden. Anschließend konnten die benötigten Daten für das Gebiet von Wien, aus dem österreichweiten Datensatz *LINEAREUSE_OGD.shp* ausgeschnitten werden. Der Ausschnitt zu den benötigten Daten erfolgte über einen *Transformer-Clipper* und der Einbindung des *LANDESGRENZEOGD.shp* zur Begrenzung des benötigten Gebietes innerhalb dieser Fläche.

FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 1)

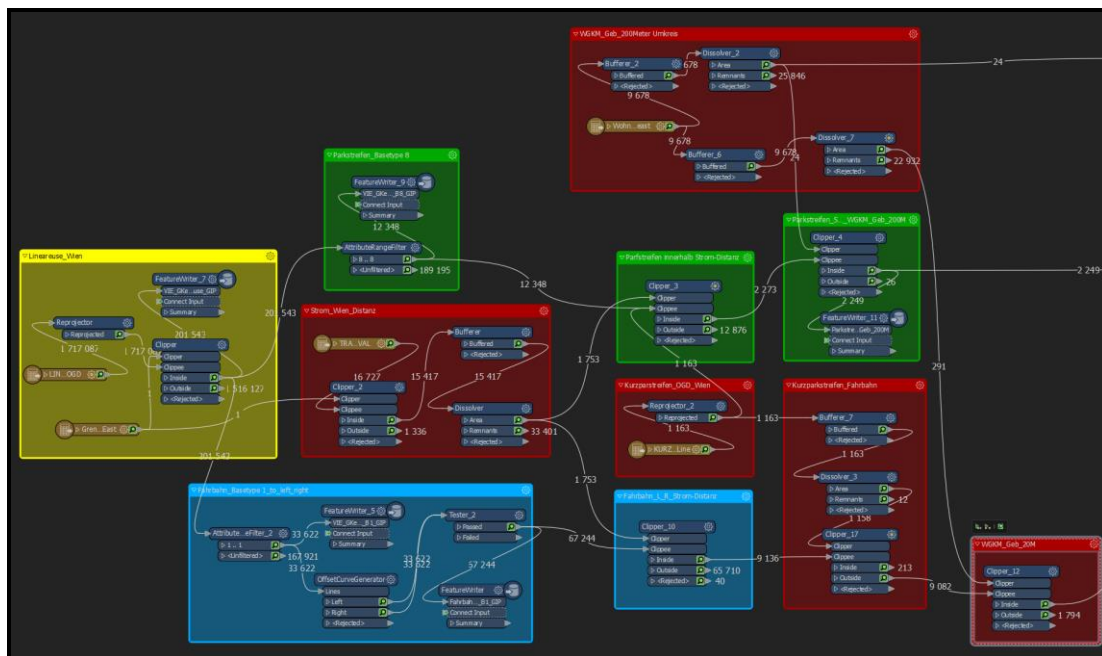
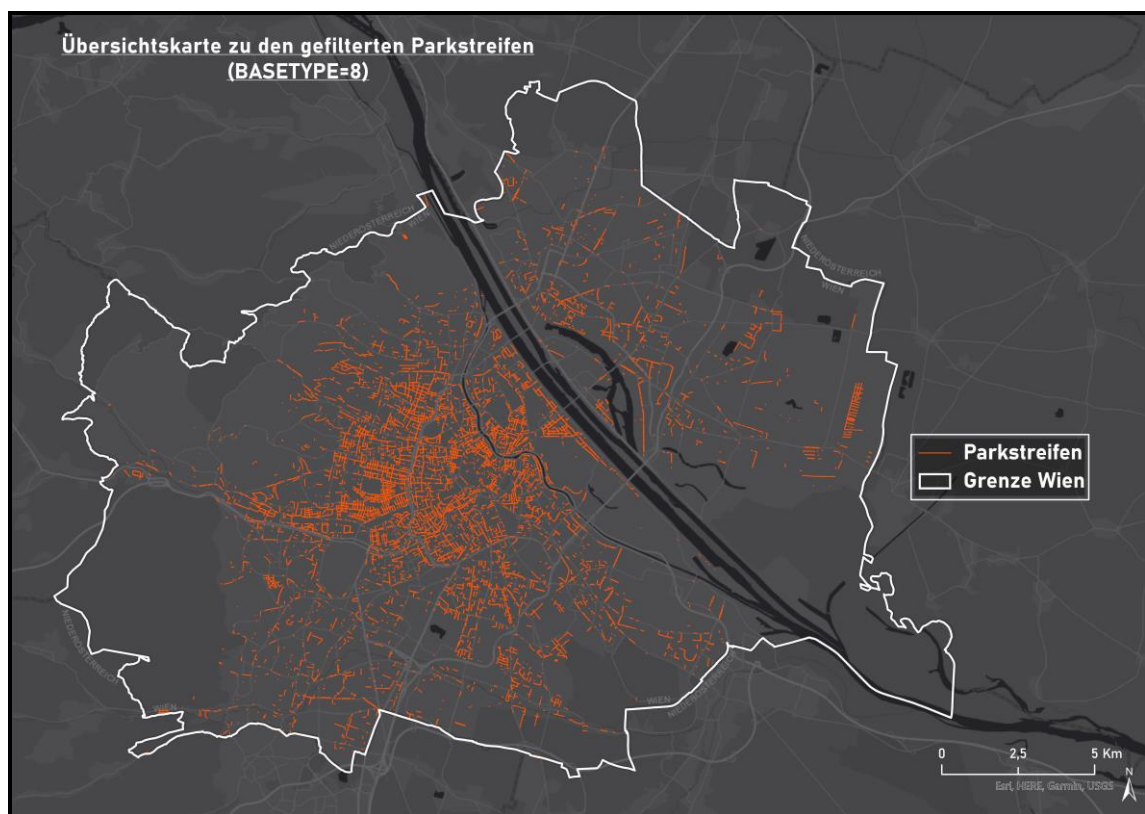


Abb. 35: FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 1), eigene Darstellung über FME, 2021;

Anschließend wurden Filterungen zu den jeweils benötigten Linienfeatures der Parkstreifen (BASETYPE=8) und der Fahrbahnstreifen (BASETYPE=1) aus dem bereits beschnittenen LINEAREUSE_OGD.shp vorgenommen. Die Filterungen erfolgten einmal im ersten grünen Bookmark mit der Benennung *Parkstreifen_Basetype 8*, dem Ausgangspunkt zur Erhebung der LS_TECH_PARK_KL 1 und einmal innerhalb des ersten blauen Bookmark mit der Benennung *Fahrbahn_Basetype_1_to_left_right*, der den Start für die Erhebung der LS_TECH_PARK_KL 2 stellt. Die Filterungen zu den benötigten Liniensegmente wurde jeweils über einen *Transformer-AttributeRangeFilter* vorgenommen. Dieser Transformer ermöglicht eine Aufsplittung von Objekten in Datensätzen, auf Basis von ausgewählten Attributspalten und deren inhaltlichen Angaben. In diesem Fall wurden die Filterungen auf Basis der Attributspalte **BASETYPE** und den benötigten Werten **8** für die *Parkstreifen* und **2** für die *Fahrbahnstreifen* (ohne höherrangige Straßen und Autobahnen) durchgeführt.

Die zwei *Übersichtskarten zu den gefilterten Parkstreifen und den gefilterten Fahrbahnstreifen von Wien* (Abb. 36) zeigen das Zwischenergebnis aus der zuvor beschriebenen Filterung in der FME-Prozesskette. Die Parkstreifen (BASETYPE=8) sind dabei in Form von orangenen Liniensegmenten in der oberen Übersichtskarte dargestellt und die Fahrbahnstreifen (BASETYPE=1) sind in Form von blauen Liniensegmenten in der unteren Übersichtskarte ersichtlich. Als Kartenbasis wurde hierbei die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet.

Übersichtskarten zu den gefilterten Parkstreifen und den gefilterten Fahrbahnstreifen von Wien



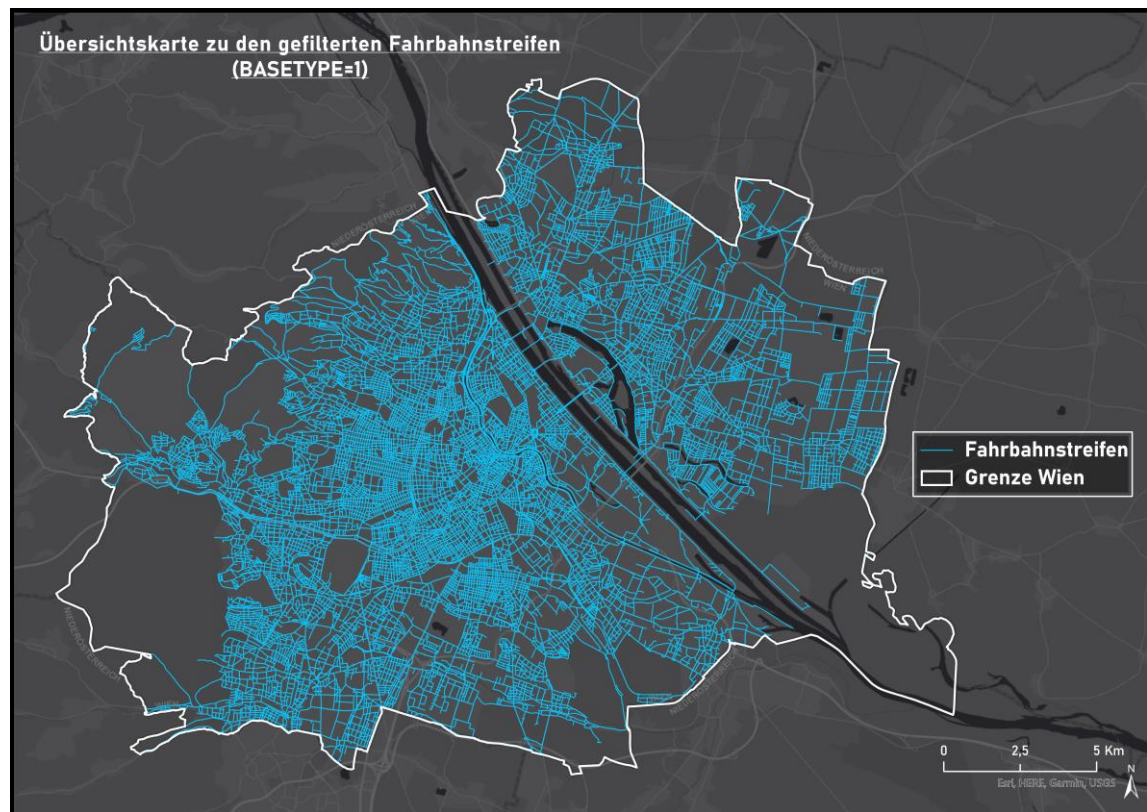


Abb. 36: Übersichtskarten zu den erhobenen Parkstreifen und Fahrbahnstreifen von Wien aus dem LINEAREUSE_OGD-Datensatz, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Für die Liniensegmente zu den Fahrbahnstreifen (BASETYPE=1) mussten zusätzlich noch die Fahrbahnrandlinien generiert werden, um anstatt der vorliegenden Mittellinien zu den Fahrbahnstreifen, die Begrenzungslinien (links und rechts) zu erhalten. Die Generierung der benötigten *Fahrbahnbegrenzungslinien* erfolgte über den *Transformer-OffsetCurveGenerator*. Dieser *Transformer* ermöglicht die Generierung von Linien (links und rechts) entlang einer vorgegebenen Ausgangslinie über die Angabe eines sogenannten *Offset-Parameters*. Der *Offset-Parameter* bezeichnet die Angabe eines Zahlenwertes, auf Basis dessen die Linien generiert werden sollen. Dieser kann entweder manuell eingegeben werden oder über eine ausgewählte Attributspalte definiert werden. Weiters besteht auch die Möglichkeit, Berechnungen zu den ausgewählten Werten vorzunehmen. In diesem Fall wurde die Spalte *WIDTHAVEAR* zu den mittleren Breitenangaben der Fahrbahnen gewählt und eine Berechnung dazu durchgeführt. Die Berechnung erfolgte durch eine Division mit dem Wert zwei ($@valueWIDTHAVEAR/2$). Diese Berechnung war notwendig, da die Breitenangaben, Gesamtbreiten der Fahrbahnen waren und die Generierung der Linien über den *OffsetCurveGenerator*, ausgehend von den Mittellinien erfolgen. Somit werden diese Breitenangaben einmal für die linke Seite und einmal für die rechte Seite angewendet und die Linien separat für jede Seite ausgegeben. Im Anschluss an diese Berechnung mussten die separat ausgegebenen Linien (links und rechts) erneut zu einem gemeinsamen Datensatz zusammengeführt werden. Die Zusammenführung erfolgte durch die Anwendung eines *Transformer-Tester* und der Eingabe der linken und rechten Linien.

Detailausschnitt zu den generierten linken und rechten Fahrbahnbegrenzungslinien

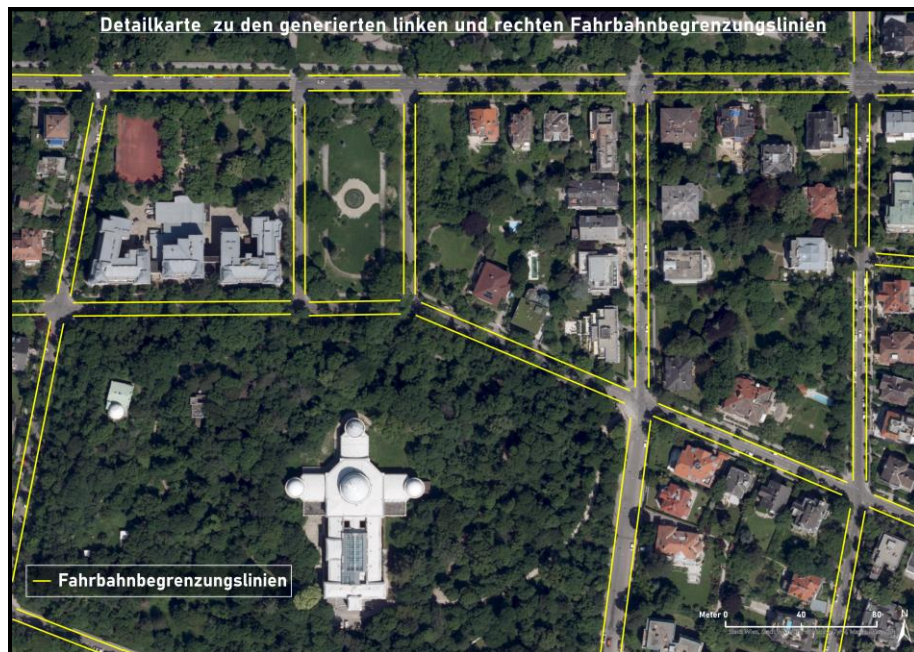


Abb. 37: Detailausschnitt zu den generierten linken und rechten Fahrbahnbegrenzungslinien, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Der *Detailausschnitt zu den generierten linken und rechten Fahrbahnbegrenzungslinien* (Abb. 37) zeigt einen vergrößerten Ausschnitt zu den generierten linken und rechten Fahrbahnbegrenzungslinien in gelber Farbe. Als Referenzkarte wurde hierbei das Orthophoto von Österreich verwendet.

Nach der Vorbereitung der Ausgangsdatensätze für die weitere Erhebung der **LS_TECH_PARK_KL 1** und **LS_TECH_PARK_KL 2** wurden die Liniensegmente der jeweiligen Datensätze mit dem Liniendatensatz zu den Stromnetzkapazitäten verschnitten, um bezüglich einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz eingegrenzt zu werden. Dieser Prozess ist im ersten roten Bookmark mit der Benennung *Strom_Wien_Distanz* ersichtlich. Die Liniensegmente zu den Stromnetzkapazitäten wurden über einen *Reader* dazu eingelesen und mit dem *Transformer-Clipper_2* verbunden. Der bereits eingelesene Datensatz zur LANDESGRENZEOGD.shp wurde ebenfalls mit diesem *Transformer-Clipper_2* verbunden, um die Stromnetzdaten von Wien und Teilen von Niederösterreich, auf die Fläche von Wien zu beschränken. Im Anschluss daran wurden vorerst Pufferzonen, um die eben eingegrenzten Linien zu den Stromnetzdaten generiert. Die Generierung der Pufferzonen erfolgte über einen *Transformer-Bufferer* und der Angabe einer Distanz für die zu generierenden Pufferzonen. Als Distanzparameter wurden sechs Meter für eine wirtschaftliche Stromnetzanbindung einer Stadt Wien Ladestation verwendet. Anschließend wurden die generierten Pufferzonen zu zusammenhängenden Polygonflächen verschmolzen, um großflächigere Zonen zu erhalten. Diese Verschmelzung erfolgte durch einen *Transformer-Dissolver*. Durch die generierten Pufferzonen von sechs Meter wurde die wirtschaftliche Grabungsdistanz zur

Stromnetzanbindung berücksichtigt. Der Distanzparameter für wirtschaftlich vertretbare Grabungsarbeiten wurde hierfür von fünf- auf sechs Meter ausgeweitet. Aus der E-Mail-Anfrage zu diesem Parameter an die Wien Energie GmbH (vgl. Kap. 2.4) geht zwar ein wirtschaftlicher Distanzparameter von fünf Meter hervor, aufgrund der abweichenden Lage der digitalisierten Liniensegmenten, die auf Basis unterschiedlicher Grundlagen erstellt wurden und daher geringe Unterschiede bezüglich deren Lage aufweisen können, wurde dieser Parameter um einen Meter ausgedehnt.

Die vereinten Pufferzonen wurden anschließend zur Erhebung der Parkstreifen und der Fahrbahnstreifen, die sich innerhalb dieser Zonen befinden angewendet. Dazu wurden die Zonen einmal zur Eingrenzung der Parkstreifen in den zweiten grünen Bookmark mit der Benennung *Parkstreifen innerhalb Strom-Distanz* überführt und einmal in den zweiten blauen Bookmark mit der Benennung *Fahrbahn_L_R-Strom-Distanz* weitergeleitet. Die jeweiligen Ausstanzungen zu den benötigten Liniensegmenten erfolgten über den *Transformer-Clipper_3* innerhalb des grünen Bookmark und über den *Transformer-Clipper_10* innerhalb des blauen Bookmark. Somit konnten alle Liniensegmente, die innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von sechs Meter zu ausreichend Stromnetzkapazitäten liegen, erfasst und über die generierten Pufferzonen ausgeschnitten werden. Die Liniensegmente zu den Kurzparkstreifen von Wien (KURZPARKSTREIFEN_OGD.shp) wurden parallel dazu miteingelesen, um einmal über den *Transformer-Clipper_3* mit den Parkstreifendaten (BASETYPE=8) mitverschnitten und zusammengeführt zu werden.

Zusätzlich wurde das KURZPARKSTREIFEN_OGD.shp auch zur Verarbeitung mit den Fahrbahnrandern in den blauen Bookmark überführt. Davor mussten für die Liniensegmente in diesem Datensatz wiederum Pufferzonen generiert werden, um über die generierten Polygone daraus, aus den Fahrbahnstreifen entfernt zu werden. Diese Pufferung erfolgte über den *Transformer-Buffer_7*. In den Parametereinstellungen wurden zwei Meter, links und rechts von den Liniensegmente gewählt, um Digitalisierungsabweichungen der Linien zu berücksichtigen. Weiters wurden für diese Pufferzonen geradlinige Begrenzungen an den Start und Endpunkten der jeweiligen Linien gewählt, um die bestehenden Linienlängen beizubehalten. Diese Pufferbereiche wurden anschließend über den *Transformer-Dissolver_3* vereinigt und konnten somit wiederum als Ausstanzformen für die Fahrbahnstreifen über den *Transformer-Clipper_17* verwendet werden.

Die *Grafik zur Eingrenzung der Parkstreifen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz zu freien Stromnetzkapazitäten* (Abb. 38) dient zur Veranschaulichung des Erhebungsprozesses zu den Liniensegmenten innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von sechs Meter zu freien Stromnetzkapazitäten. Die freien Stromleitungen sind darin in Form von gelben Linien gekennzeichnet und die Pufferzonen zur wirtschaftlichen Grabungsdistanz von sechs Meter um diese Leitungen sind in Form einer leicht transparent roten Zone eingezeichnet. Die blauen Liniensegmente innerhalb dieser Zone zeigen die beibehaltenen und relevanten Parkstreifen zur weiteren Verarbeitung in der Prozesskette und die orangen Linien repräsentieren die Parkstreifen außerhalb dieser Zonen, die dadurch entfernt werden konnten.

Grafik zur Eingrenzung der Parkstreifen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz zu freien Stromnetzkapazitäten



Abb. 38: Grafik zur Eingrenzung von Parkstreifen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz zu freien Stromnetzkapazitäten, eigene Darstellung über Qgis, 2021;

Nach dieser vorläufigen Eingrenzung wurden die verbliebenen, relevanten Liniensegmente zur weiteren Verarbeitung in den nächsten roten Bookmark mit der Benennung *WGKM_GEB_20M* übergeführt. Darin wurden die bereits eingegrenzten Fahrbahnrandlinien in den *Transformer-Clipper_12* überführt und die generierten Pufferzonen mit einem Distanzparameter von 20 Meter um bewohnte Stadtgebiete (*WGKM_GEB.shp*) konnten auf Bereiche innerhalb dieser Zonen beschränkt werden. Parallel dazu wurden auch die bereits eingegrenzten Liniensegmente zu den Parkstreifen in einem weiteren roten Bookmark mit der Benennung *WGKM_GEB_200Meter Umkreis* überführt, um diese Daten ebenfalls einen Eingrenzungsprozess bezüglich der bewohnten Stadtgebiete zu unterziehen. Die unterschiedlichen Distanzen von 20 Meter für die Pufferzonen zur Eingrenzung der Fahrstreifen und die 200 Meter Pufferzonen zur Eingrenzung der Parkstreifen ergaben sich aus Überlegungen zur Zusammensetzung der Ausgangsdaten. Der größere Distanzparameter von 200 Meter zur Eingrenzung der Parkstreifendaten erschließt sich aus den exakteren Längen der Parklinien, die grundsätzlich in vollem Umfang erhalten bleiben sollten. Der kleine Distanzparameter von 20 Meter basiert auf Überlegungen zur Vermeidung längerer Liniensegmente zwischen weiter gestreuten Stadtgebieten.

Ergebnis aus der Erhebung zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen aus der FME-Prozesskette, aufgeteilt (Teil 1)

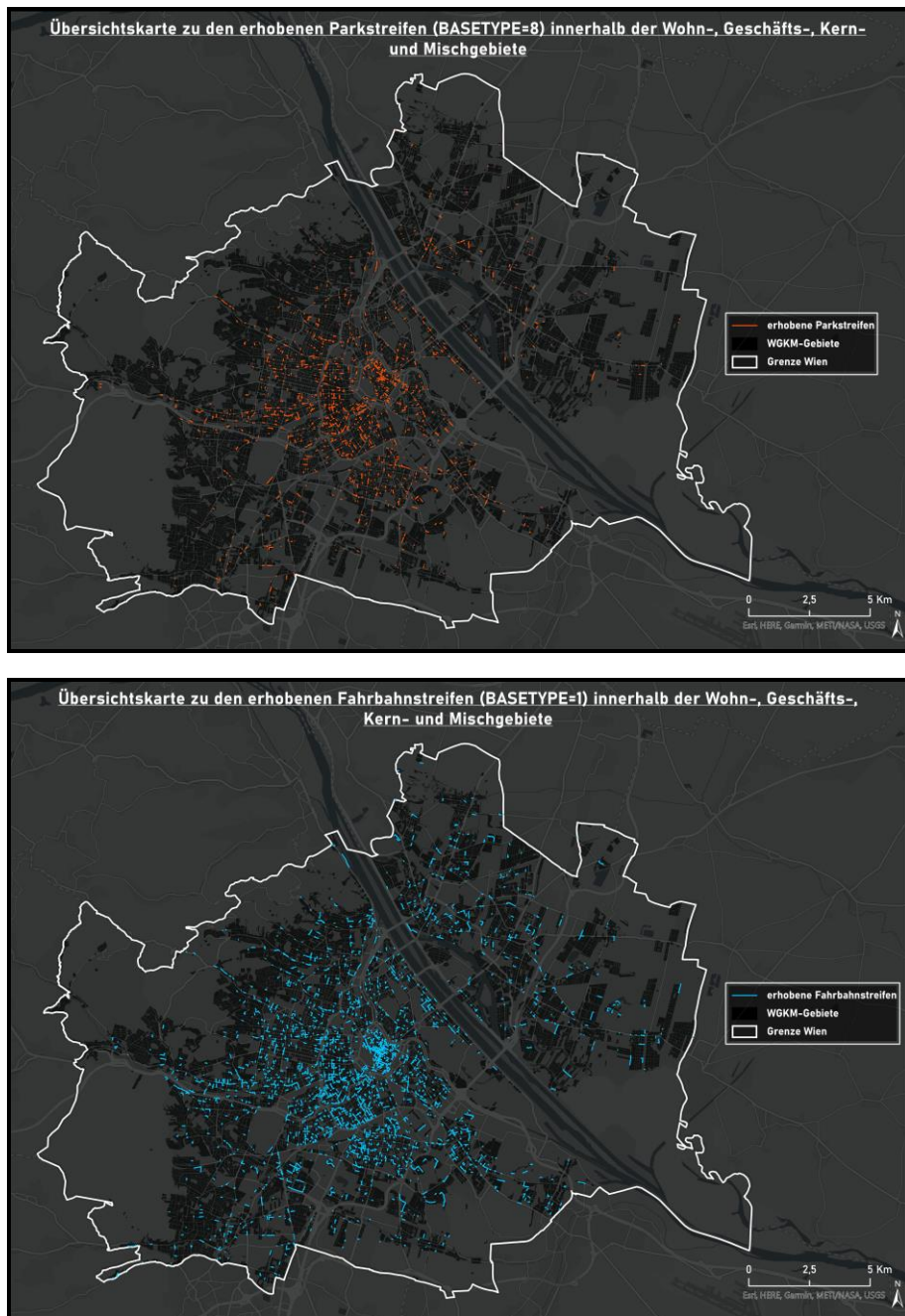


Abb. 39: Ergebnis zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen aus dem ersten Teil der FME-Prozesskette, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Die Darstellung zum *Ergebnis aus der Erhebung zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen aus der FME-Prozesskette, aufgeteilt (Teil 1)* (Abb. 39) beinhaltet zwei Übersichtskarten zu den bisher generierten Liniensegmenten. Die obere Übersichtskarte zeigt die auf Basis der **Parkstreifen** (BASETYPE=8) erhobenen und über die *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete* eingegrenzten Liniensegmente in oranger

Farbe. Die untere Übersichtskarte zeigt die auf Basis der **Fahrbahnstreifen** (BASETYPE=1) erhobenen und ebenfalls über die *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete* eingegrenzten Liniensegmente in blauer Farbe. Weiters wurden in den Übersichtskarten auch die *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete* (WGKM-Gebiete) (vgl. Kap. 5.2.1) in Form von schwarzen Polygonflächen abgebildet. Als Hintergrundkarte wurde die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet.

FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 2)

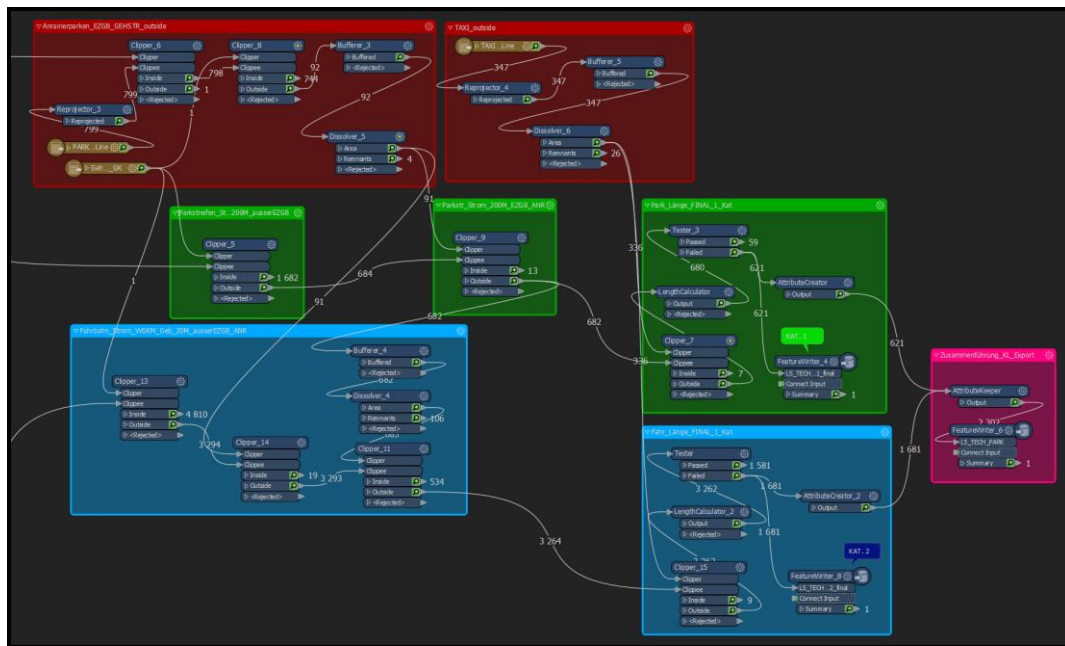


Abb. 40: FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 2), eigene Darstellung über FME, 2021;

Die Abbildung *FME-Prozesskette zur Erhebung technisch- und wirtschaftlich geeigneter Verkehrsflächen, aufgeteilt (Teil 2)* (Abb. 40) zeigt den zweiten Teil der Prozesskette. Dieser Teil beinhaltet weitere 27 *Transformer-Werkzeuge*, strukturiert über 8 *Bookmarks*. In diesem Teil der Prozesskette wurden die bereits generierten Zwischenergebnisse (vgl. Abb. 42) aus den ersten Teils der Prozesskette mit den *Taxistandplätzen*, den *Anrainerparkplätzen* und den bereits mit *E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Gebieten* (EZGB_POLY.shp) nach demselben Eingrenzungs- und Verschneidungsprinzip wie im ersten Teil der Prozesskette verarbeitet. Die nicht relevanten Verkehrsflächen wurden fortlaufend aus den bereits generierten Liniensegmenten zu den Parkstreifen und Fahrbahnstreifen entfernt. Die Prozesse dazu sind in den Bookmarks mit den Benennungen *Parkstreifen_Strom200M_ausser_EZGB*, *Anrainerparken_EZGB_GEH STR_outside*, *TAXI_outside*, *Fahrbahn_Strom_WGKM_Geb_20M_ausser_EZGB_ANR* und *Parkstr_Strom200M_EZGB_ANR* ersichtlich. Anzumerken ist hierbei, dass innerhalb des vorletzten, blauen Bookmark mit der Benennung *Fahrbahn_Strom_WGKM_Geb_20M_ausserEZGB_ANR*, die bis dahin parallel generierten Liniensegmente zu den Parkstreifen aus den grünen Bookmarks, durch den *Transformer-Clipper_15* auch von den bereits

eingegrenzten Fahrbahnrändern ausgestanzt wurden, um keine doppelt erhobenen Verkehrsflächen zu den jeweiligen Klassen zu erhalten. In den jeweils letzten Bookmarks mit den Benennungen *Park_Länge_FINAL_Kat* (grün) und *Fahr_Länge_FINAL_Kat* (blau) wurden vorerst die Längen zu den jeweils erhobenen Liniensegmente berechnet und anschließend eine zusätzliche Attributspalte mit dem Namen **LS_TECH_PARK_KL** für die Klassifizierung erstellt. Die Berechnungen zu den Längen der einzelnen Liniensegmenten erfolgte dabei über einen *Transformer-LenghtCalculator* für die Parkstreifen und einen *Transformer-LenghtCalculator_2* für die Fahrbahnrandstreifen. Im Anschluss daran wurde die neue Attributspalte zur Klassifizierung über einen *Transformer-AttributeCreator* erstellt. Für die auf Grundlage der Parkstreifen erhobenen Liniensegmente wurde in dieser Spalte der Wert **1** eingetragen und für die auf Grundlage der Fahrbahnrandstreifen erhobenen Liniensegmente wurde der Wert **2** eingetragen. Abschließend wurden die erhobenen und klassifizierten Linien jeweils einzeln unter **LS_TECH_PARK_KL_1** und **LS_TECH_PARK_KL_2** im Dateiformat *ESRI-Shapefile* separat abgespeichert und zusätzlich auch als zusammengeführten Datensatz **LS_TECH_PARK_KL_1_2** ebenfalls im Dateiformat *ESRI-Shapefile* abgespeichert. Die Zusammenführung zu einem gemeinsamen Datensatz erfolgte durch den *Transformer-AttributeKeeper*, über den auch parallel dazu eine Ausfilterung zu nicht benötigten Attributspalten vorgenommen werden konnte.

Übersichtskarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL 1 2)

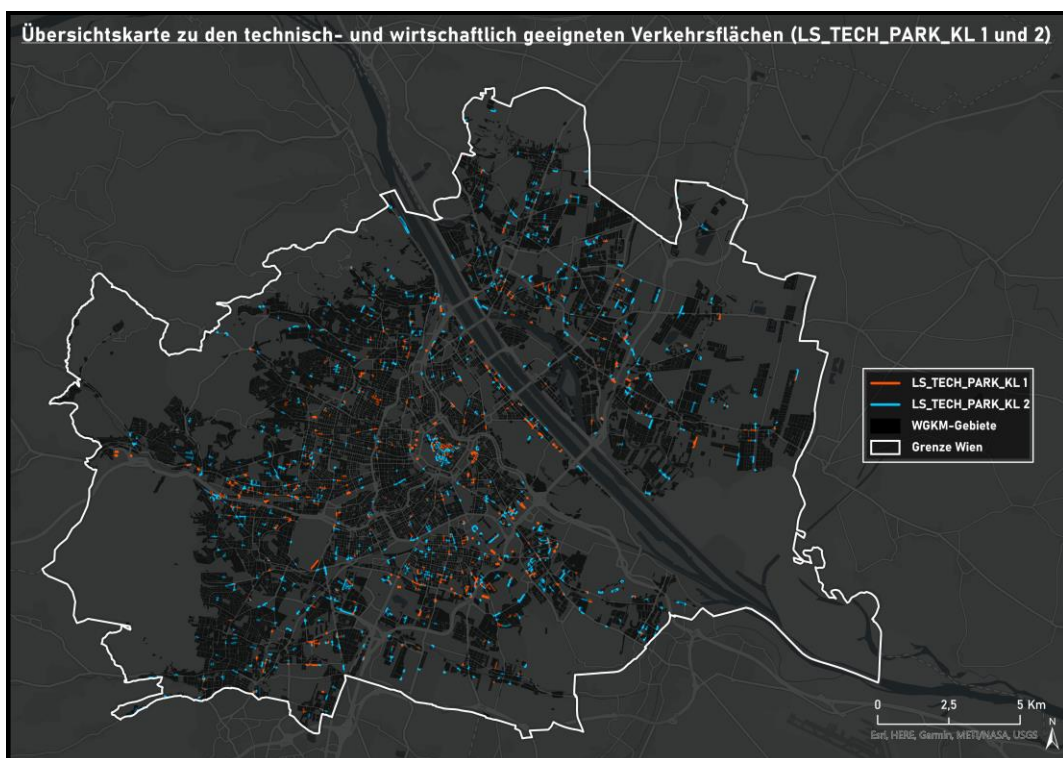


Abb. 41: Übersichtskarte zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL_1_2), eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Die *Übersichtskarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL_1_2)* (Abb. 41) zeigt das Gesamtergebnis aus der erstellten FME-Prozesskette. Die erhobenen Parkstreifen **LS_TECH_PARK_KL 1** sind dabei in Form von orangen Linienelementen eingezeichnet und die Fahrbahnrandstreifen **LS_TECH_PARK_KL 2** in Form von blauen Liniensegmenten. Weiters sind in dieser Übersichtskarte auch die *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete* (vgl. Kap.5.2.1) in Form von schwarzen Polygonflächen abgebildet. Als Hintergrundkarte wurde die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet.

Detailkarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS TECH PARK KL 1 und 2)

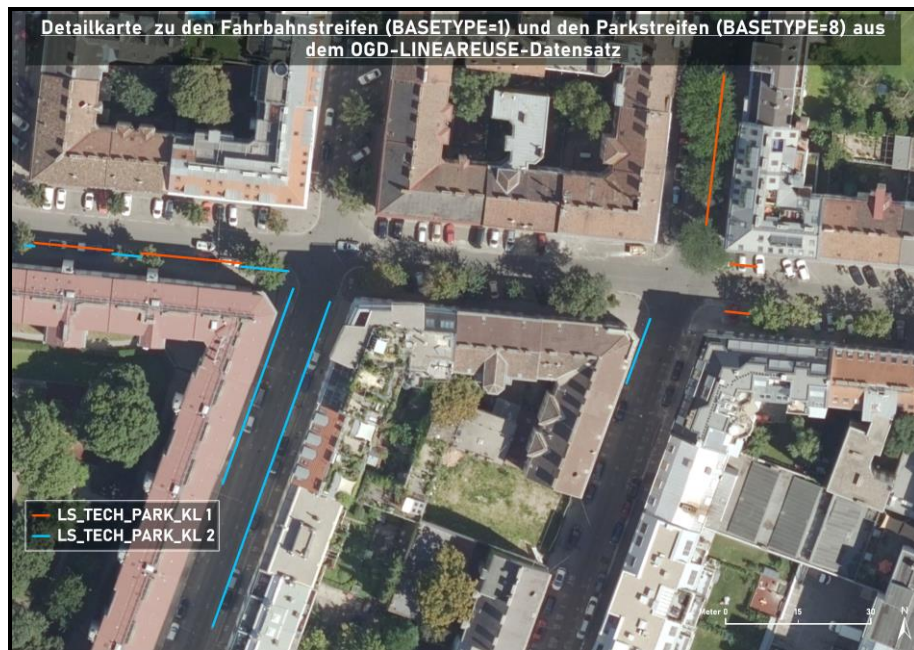


Abb. 42: Detailkartekarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL 1 und 2) über die erstellte FME-Prozesskette, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;

Die *Detailkarte zu den erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen (LS_TECH_PARK_KL 1 und 2)* (Abb. 42) zeigt einen Ausschnitt zu den erhobenen, technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von weiteren Stadt Wien E-Ladestationen. Als Grundkarte wurde hierfür das Orthophoto von Österreich verwendet. Die LS_TECH_PARK_KL 1 sind darin in Form von orangen Liniensegmenten dargestellt und die LS_TECH_PARK_KL 2 in blau.

Die Ergebnisdatensätze **LS_TECH_PARK_KL 1** und **LS_TECH_PARK_KL 2** aus der FME-Prozesskette konnten somit als Grundlage für weitere Verarbeitungsschritte in dieser Standortanalyse angewendet werden

5.3.3 Strukturierung geeigneter Verkehrsflächen

In diesem Abschnitt werden zu den bereits erstellten Liniendatensätzen LS_TECH_PARK_KL = 1 und LS_TECH_PARK_KL = 2 vorerst Punkte generiert, um anschließend zu Standortpools zusammengefasst zu werden. Die Gruppen werden dabei anhand von räumlichen Konzentrationen der Punkte (Cluster) gebildet und die Parkflächen (Punkte), die innerhalb eines Umkreises von 200 Meter zueinander liegen, zu Standortpools zusammengefasst. Abschließend werden die erstellten Datensätze um wesentliche räumliche Informationen in der Attributtabelle vervollständigt, erweitert und abschließend strukturiert, um in der anschließenden Potenzialanalyse verwendet zu werden.

5.3.3.1 Verwendete Datensätze zur Strukturierung der geeigneten Verkehrsflächen

➤ **OGD- Daten** (vgl. Kap. 4.3.1):

- **BEZIRKSGRENZENOGD.shp** (Polygon)

➤ **Bereits aufbereitete Daten:**

- **LS_TECH_PARK_KL_1.shp** (vgl. Kap. 5.3.2);
- **LS_TECH_PARK_KL_2.shp** (vgl. Kap. 5.3.2)

5.3.3.2 Eingrenzung der geeigneten Verkehrsflächen

Beginnend in der Eingrenzung und Zusammenfassung der bereits generierten Shapefile-Datensätze LS_TECH_PARK_KL_1 und LS_TECH_PARK_KL_2 wurden die benötigten Datensätze vorerst in Qgis importiert, um aus den beinhaltenden Liniensegmente, Punkte zu generieren. Die erhobenen Liniensegmente aus der FME-Prozesskette wurden dazu vorerst überprüft und genauer untersucht. Daraus abgeleitet konnten zwei unterschiedliche Parametereigenschaften zur Generierung der benötigten Punkte bestimmt werden. Die Umsetzung dazu erfolgte über das Anwendungswerkzeug *Points Along Geometry* in Qgis. Dieses Anwendungswerkzeug ermöglicht die Generierung von Punkten entlang von eingegebenen geometrischen Objekten. Für die Generierung der Punkte können Parametereigenschaften für die Entfernungen zwischen den Punkten sowie Start- und Endoffsets angegeben werden. Für den Liniendatensatz LS_TECH_PARK_KL_1 wurde eine Distanz von fünf Metern zwischen den Punkten, ohne Start- und Endoffset bestimmt, da diese Linien auf Grundlage der tatsächlich als Parkstreifen ausgewiesenen Linien generiert wurden und die Ausprägung dieser Liniensegmente ein sehr genaues Abbild der tatsächlichen Parkflächen vor Ort darstellen. Zur Generierung der Punkte, entlang der Linien aus dem LS_TECH_PARK_KL_2 Datensatz wurde eine Distanz von zehn Meter zwischen den einzelnen Punkten gewählt und ein Start- und Endoffsetparameter von fünf

Meter bestimmt. Diese Parameter erschließen sich aus der Datenerhebungsgrundlage (Fahrbahnrandstreifen) und der daraus resultierenden längeren Liniensegmenten, die zumeist über Kreuzungsbereiche hinausragen. Durch die genannten Parameter-einstellungen für die Verarbeitung der LS_TECH_PARK_KL_2 konnte somit gewährleistet werden, dass in jedem Fall und unabhängig von den Längen der beinhaltenden Linien mindestens ein Punkt zu allen Liniensegmenten generiert werden konnte und die Linien an den Starts und Enden, dementsprechend gekürzt wurden. Dadurch konnten beispielsweise Liniensegmente, die in Kreuzungsbereichen hineinragten, beschnitten und genauer abgebildet werden.

Anwendung des *Points Along Geometry*-Werkzeug zu den jeweiligen Datensätzen LS_TECH_PARK_KL_1 und LS_TECH_PARK_KL_2 in Qgis

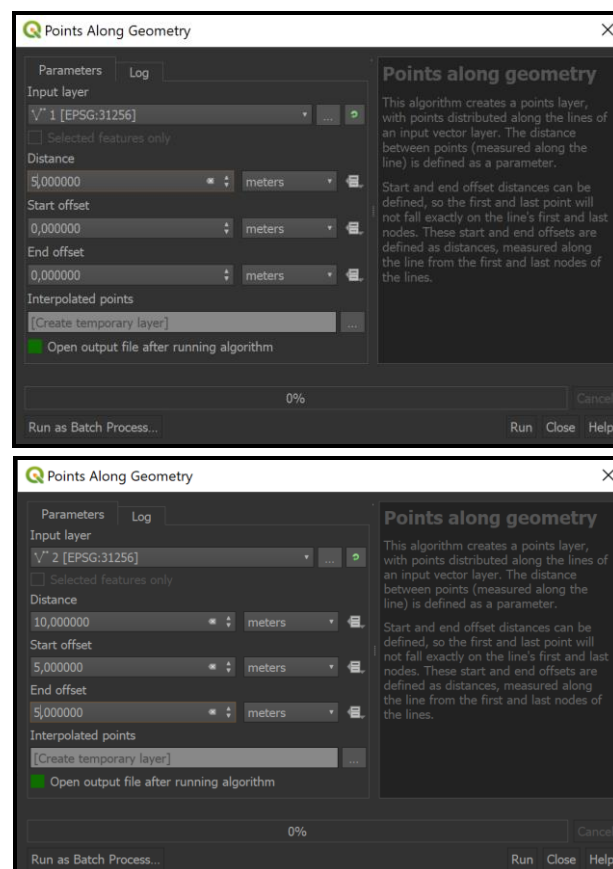


Abb. 43: Anwendung des *Points Along Geometry*-Werkzeug zu den jeweiligen Datensätzen LS_TECH_PARK_KL_1 (obere Abbildung) und LS_TECH_PARK_KL_2 (untere Abbildung), eigene Darstellung über Qgis, 2021;

Die vorangegangene Darstellung zeigt die Anwendung des *Points Along Geometry*-Werkzeug zu den jeweiligen Datensätzen LS_TECH_PARK_KL_1 und LS_TECH_PARK_KL_2 in Qgis (Abb. 43) mit den gewählten Parametereinstellungen aus den zuvor beschriebenen Anwendungsprozess.

Die *Übersichtskarte zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS)* aus der Anwendung des *Points Along Geometry Werkzeug* (Abb. 44) zeigt die generierten Punkte **LS_PARK_1_POINTS** und **LS_PARK_2_POINTS** auf Basis der dunkelgrauen Referenzkarte von ESRI. Die erhobenen Punkte zu den **Parkstreifen** (LS_PARK_1_POINTS) wurden dabei in oranger Farbe dargestellt und die Punkte zu den erhobenen **Fahrbahnstreifen** (LS_PARK_2_POINTS) in Form von blauen Punkten.

Übersichtskarte zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des Points Along Geometry Werkzeug

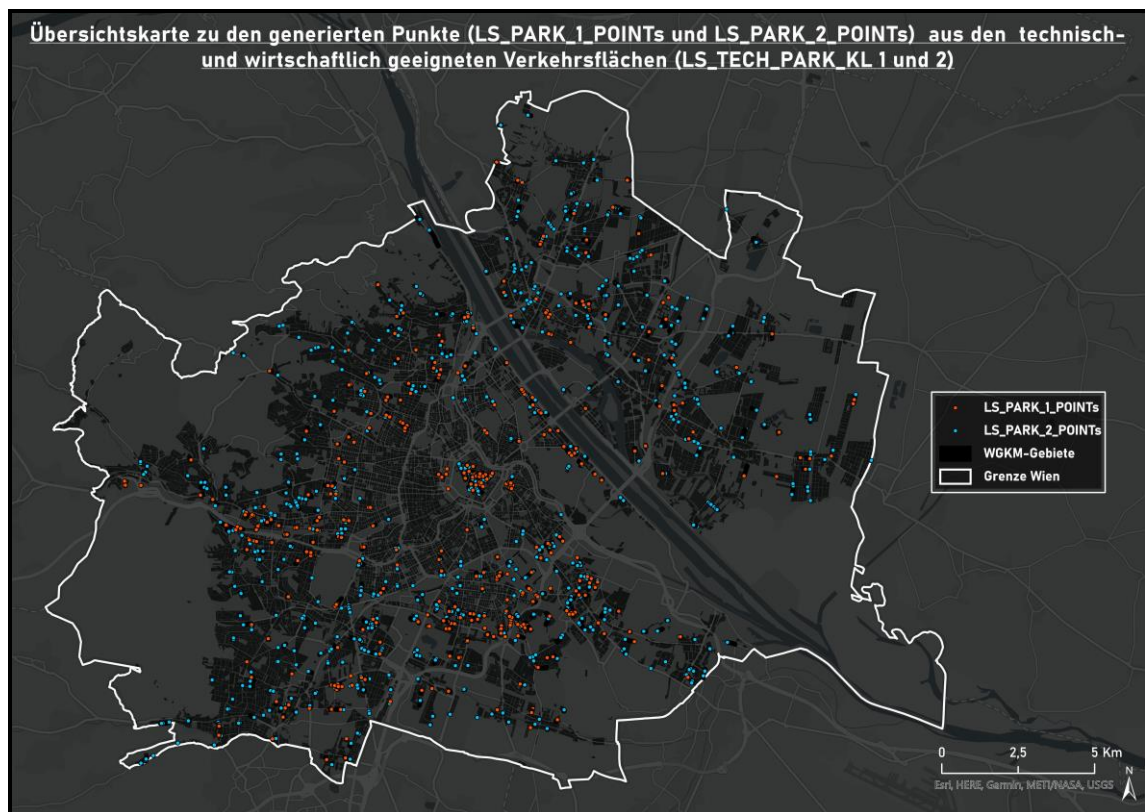


Abb. 44: Übersichtskarte zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des *Points Along Geometry Werkzeug*, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Die *Detailansicht zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS)* aus der Anwendung des *Points Along Geometry Werkzeug* (Abb. 45) zeigt einen Detailausschnitt zum Ergebnis aus der Anwendung des *Points Along Geometry-Werkzeug* in Qgis. Dieser Ausschnitt beinhaltet die generierten Punkte der Datensätze **LS_PARK_1_POINTS** und **LS_PARK_2_POINTS** auf Basis des Orthophotos von Österreich. Des Weiteren wurden in dieser Ansicht auch die Liniensegmente aus den Datensätzen **LS_TECH_PARK_KL_1** und **LS_TECH_PARK_KL_2** abgebildet, um die verwendeten Parameter und deren Auswirkung, im Bereich einer Kreuzung zu veranschaulichen.

Detailansicht zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des *Points Along Geometry Werkzeug*



Abb. 45: Detailansicht zu den generierten Punkten (LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS) aus der Anwendung des Points Along Geometry Werkzeug, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Nachdem die Punkte zu den erhobenen Linien generiert wurden, erfolgte eine weitere Eingrenzung der niedriger gewichteten Punkte des LS_PARK_2_POINTS.shp. Für diese weitere Eingrenzung mussten vorerst Pufferzonen von 400 Meter um die LS_PARK_1_POINTS erstellt werden. Die Erstellung dieser Zonen erfolgte über das Anwendungswerkzeug *Create Buffer* in Qgis. Über diese Pufferzonen konnten anschließend alle Punkte im LS_PARK_2_POINTS, die sich innerhalb dieser Umkreise befunden haben, selektiert und entfernt werden. Die Herangehensweise erschließt sich einerseits aus dem Hintergrund, dass dadurch die Punkte mit einer niedrigeren Gewichtung weiter reduziert werden konnten und andererseits, dass diese Bereiche bereits durch generierte Punkte im LS_PARK_1_POINTS abgedeckt werden können.

Die *Übersichtskarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS* (Abb. 46) zeigt die wesentlichen Elemente aus dem zuvor beschriebenen Eingrenzungsprozess zu den LS_PARK_2_POINTS. In der Karte sind die LS_PARK_1_POINTS und die dazugehörigen 400 Meter Pufferzonen in oranger Farbe ersichtlich. Die LS_PARK_2_POINTS wurden in Form blauen Punkte eingezeichnet und die selektierten Punkte des LS_PARK_2_POINTS.shp, die anschließend entfernt wurden, sind dabei in Form von gelb markierten Punktsignaturen ersichtlich. Um die wesentlichen Inhalte besser hervorzuheben, wurde hierfür wiederum die weltweite graue Referenzkarte von als Hintergrundkarte verwendet.

Übersichtskarte zur Selektion der LS PARK 2 POINTs innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS PARK 1 POINTs

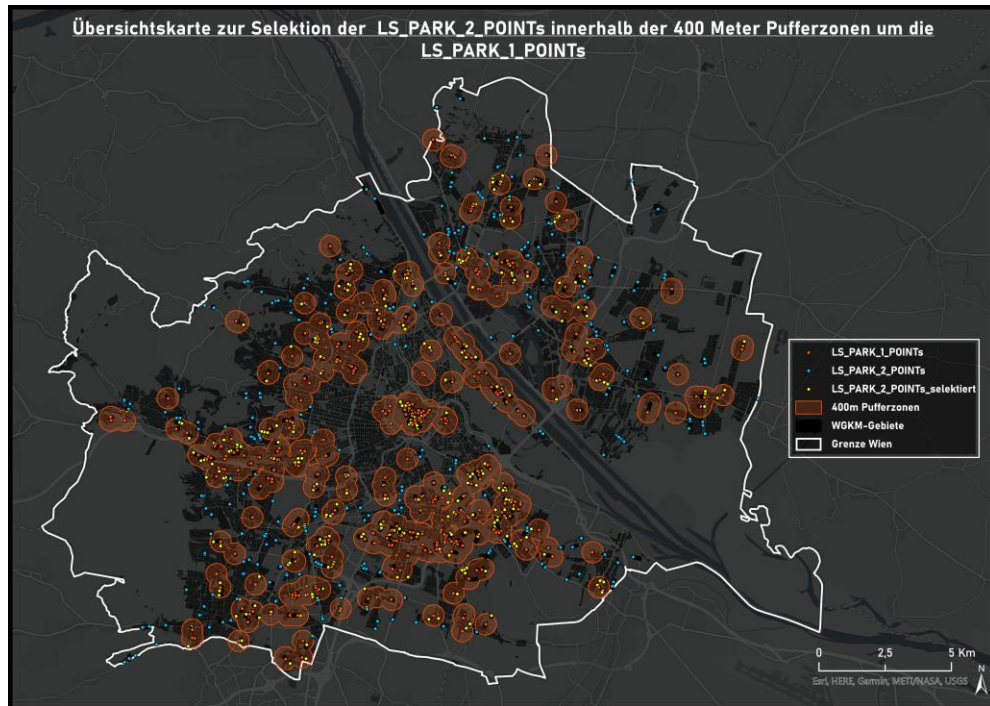


Abb. 46: Übersichtskarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS, eigene Darstellung mit ArcGis-Pro, 2021;

Detailkarte zur Selektion der LS PARK 2 POINTs innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS PARK 1 POINTs

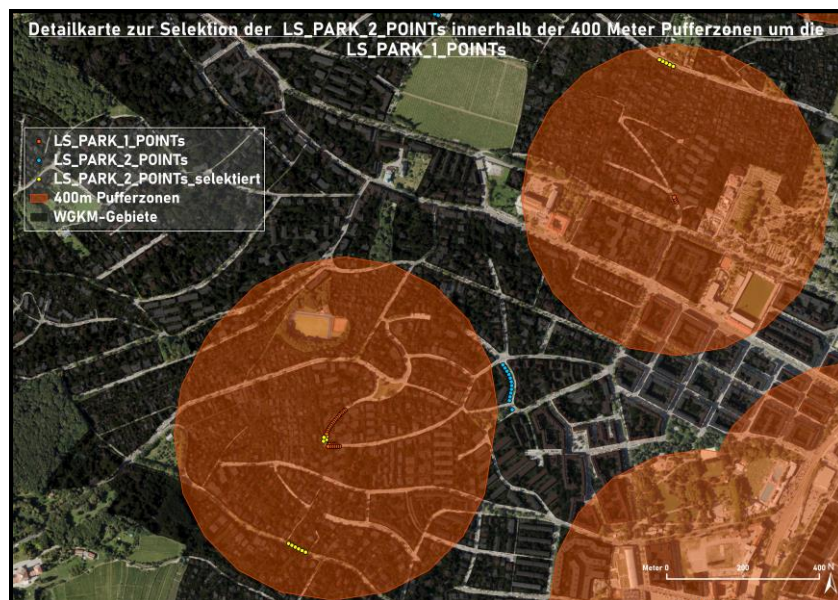


Abb. 47: Detailkarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;

Die *Detaillkarte zur Selektion der LS_PARK_2_POINTS innerhalb der 400 Meter Pufferzonen um die LS_PARK_1_POINTS* (Abb. 47) dient zur besseren Veranschaulichung der wesentlichen Elemente aus diesem Eingrenzungsprozess. Für diese Darstellung wurde wiederum das Orthophoto von Österreich als Grundkarte verwendet.

Eine weitere *Übersichtskarte zu den finalen Punkten des LS_PARK_1_POINTS.shp und im LS_PARK_2_POINTS.shp* (Abb. 48) beinhaltet die finalen Punkte aus dem LS_PARK_1_POINTS.shp in Form von orangen Punktsignaturen. Die final eingegrenzten Punkte des LS_PARK_2_POINTS.shp sind darin in Form von blauen Punktsignaturen ersichtlich. Diese Darstellung dient zur Visualisierung des resultierenden Ergebnisses aus dem zuvor beschriebenen Eingrenzungsprozess.

Übersichtskarte zu den finalen Punkten des LS_PARK_1_POINTS.shp und im LS_PARK_2_POINTS.shp

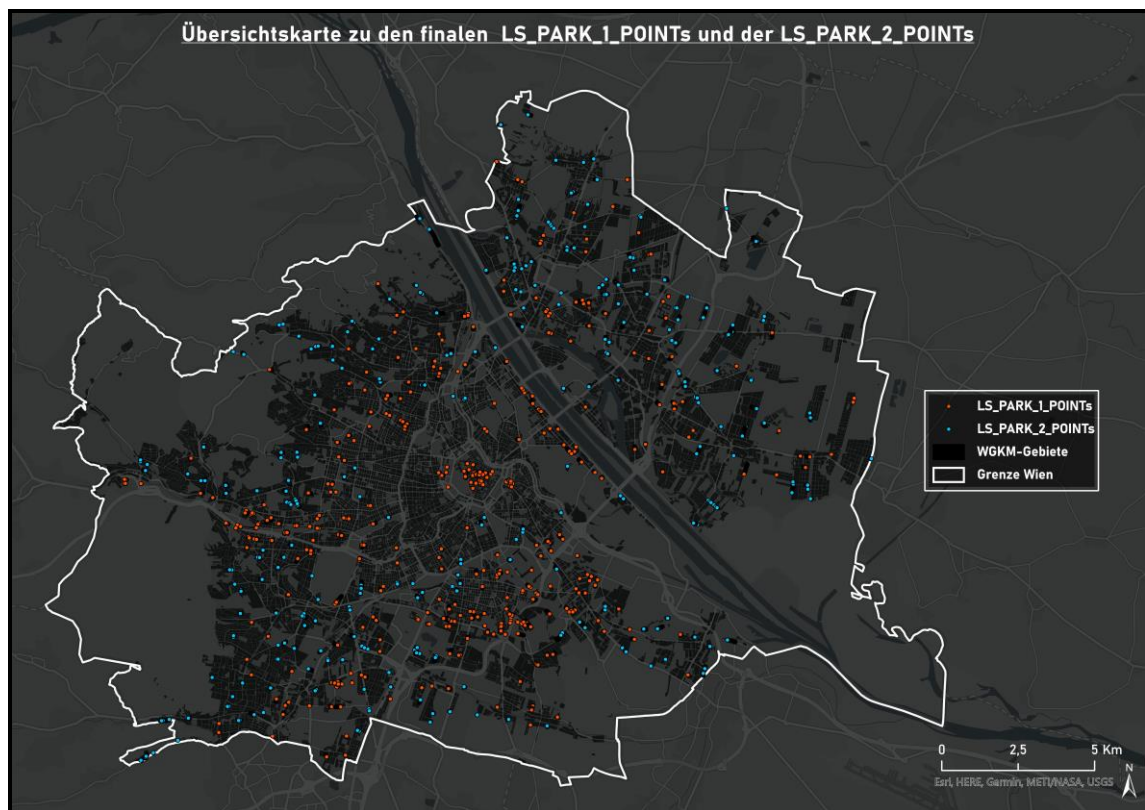


Abb. 48: Übersichtskarte zu den finalen Punkten des LS_PARK_1_POINTS.shp und im LS_PARK_2_POINTS.shp, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;

5.3.3.3 Identifizierung von räumlichen Konzentrationen der geeigneten Flächen

Für die zuvor erstellten Punktedatensätze LS_PARK_1_POINTS.shp und LS_PARK_2_POINTS.shp wurde jeweils eine Gruppierung der beinhaltenden Punkte, auf Basis deren räumlichen Konzentrationen (Clustering) durchgeführt. Die Clustering zu den Punkten diente im Wesentlichen zur Zusammenfassung von mehreren geeigneten

Standorten innerhalb eines bestimmten Bereiches zu sogenannten *Standortpools*. Durch die Zusammenfassung zu Standortpools konnte auch eine Abschätzung zur Anzahl an „effizient möglichen“ Standorten zur Erreichung einer maximalen Abdeckung bezüglich der 400 Meter Gehstrecken bis zur nächsten E-Ladestation abgeleitet werden.

Für die Erstellung der Cluster wurde das Geodatenverarbeitungswerkzeug *DBSCAN-Clustering* in Qgis angewendet. Dieses Werkzeug ermöglicht die Generierung von Clustern aus eingelesenen Punkten aus Punktedatensätzen. Für die Zusammenfassung der Punkte in Cluster muss dabei eine Angabe zur Mindestgröße der zu erstellenden Cluster erfolgen. Weiters muss dazu eine Distanz angegeben werden, innerhalb der die eingegebenen Punkte zu einem Cluster zugewiesen werden sollen. Als Ergebnis des Werkzeuges *DBSCAN-Clustering* in Qgis wird eine zusätzliche Spalte mit generierten Identifikationsnummern für die erkannten Cluster erstellt und ein erweiterter Datensatz dazu ausgegeben. Allen Punkten, die sich in einem Cluster X befinden, werden dabei dieselben Identifikationsnummern X zugeordnet.

Anwendung des DBSCAN-Clustering-Werkzeugs zur Zusammenfassung der LS_PARK_1_POINTS und LS_PARK_2_POINTS in Qgis

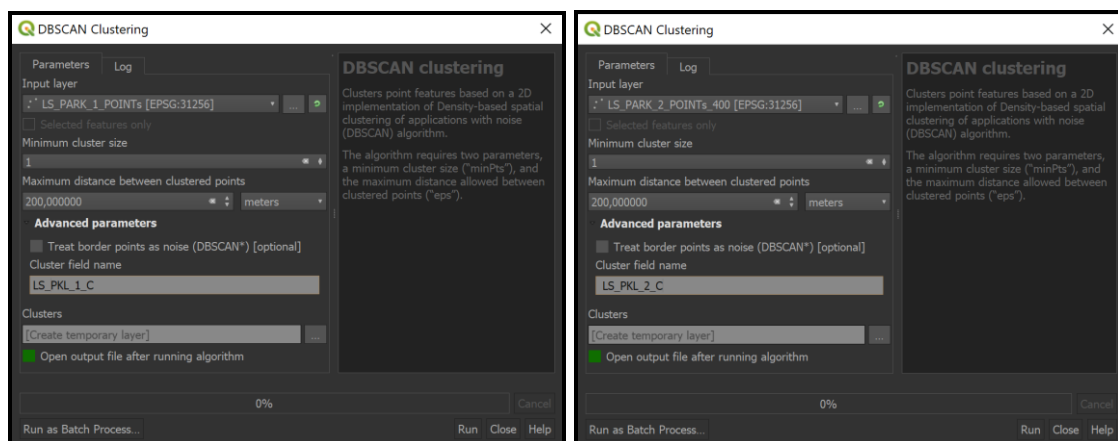


Abb. 49: Anwendung des *DBSCAN-Clustering*-Werkzeugs zur Zusammenfassung der *LS_PARK_1_POINTS* (linke Abbildung) und *LS_PARK_2_POINTS* (rechte Abbildung) in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

In der Abbildung zur Anwendung des *DBSCAN-Clustering*-Werkzeuges zur Zusammenfassung der *LS_PARK_1_POINTS* und *LS_PARK_2_POINTS* in Qgis (Abb. 49) sind die angewendeten Parametereinstellungen aus der nachfolgend beschriebenen Anwendung des *DBSCAN-Clustering*-Werkzeuges ersichtlich. Die linke Abbildung zeigt die Anwendung für die Punkte im *LS_PARK_1_POINTS.shp* und die rechte Abbildung für die Punkte im *LS_PARK_2_POINTS.shp*.

Für die Clusterung der beiden Datensätze *LS_PARK_1_POINTS.shp* und *LS_PARK_2_POINTS.shp* wurde jeweils der Wert **1** für die minimale Gruppengröße (minimale Anzahl an Punkten, durch die ein Cluster gebildet werden soll) bestimmt. Ein einzelner Punkt ist zwar keine Gruppe und somit auch kein Cluster, in diesem Fall diente

diese Anwendung aber primär der Zählung von möglichen Standorten innerhalb der gewählten Distanz. Durch die Festlegung einer minimalen Gruppengröße mit dem Wert 1, konnten auch einzeln verstreute Punkte, die außerhalb des eingegebenen Distanzparameter lagen, erfasst werden und eine Zuweisung von eigenen Nummern zu diesen Punkten erfolgen. Durch die Clusterung ergab sich ein geordneter Überblick über die große Menge der geeigneten Standorte. Als maximale Distanz zwischen den Punkten, die zu einem Cluster zusammengefasst werden sollte, wurde für diese Clusterung eine Entfernung von 200 Meter definiert. Die 200 Meter erschließen sich aus der Hälfte zur maximalen Distanz zur nächsten Stadt Wien E-Ladestation (vgl. Kap. 2.4). Dadurch konnte eine Verteilung bezüglich der forcierten Entfernung von 400 Meter bis zur nächsten Stadt Wien E-Ladestation sehr gut angenähert werden. Die Zuordnung der Identifikationsnummern erfolgte über jeweils eine eigens definierte Spalte **LS_PKL_1_C** im **LS_PARK_1_POINTS.shp** und **LS_PKL_2_C** im **LS_PARK_2_POINTS.shp**.

Auszüge aus den erweiterten Attributtabeln der neu benannten Datensätze LS_PA_1_POINTSCLU.shp und LS_PA_2_POINTSCLU.shp

	LS_TECH_PA	BEZIRK	STRNAM	GELTUNGSBE	BASETYPE	FEATURENAM	WIDTHAVERA	WIDTHMIN	_length	distance	angle	LS_PKL_1_C
1	1	4,000...	Wiedner...	38 bis 44	NULL	NULL	NULL	NULL	10,057...	0	182,34...	224
2	1	22,000...	Steigent...	13	NULL	NULL	NULL	NULL	27,707...	0	115,28...	223
3	1	22,000...	Schütta...	4 bis 40	NULL	NULL	NULL	NULL	13,253...	0	124,99...	222
4	1	23,000...	Perchtol...	23	NULL	NULL	NULL	NULL	4,0417...	0	102,92...	221
5	1	23,000...	Willerga...	23	NULL	NULL	NULL	NULL	18,626...	0	176,85...	220
6	1	5,000...	Reinprec...	19 bis 27	NULL	NULL	NULL	NULL	5,4191...	0	144,68...	219
7	1	12,000...	Kirchfel...	2 bis 20	NULL	NULL	NULL	NULL	113,59...	0	110,51...	218
8	1	3,000...	Döblerh...	11	NULL	NULL	NULL	NULL	21,998...	0	317,76...	217
9	1	13,000...	Tuersga...	2	NULL	NULL	NULL	NULL	27,928...	0	14,886...	216
10	1	13,000...	Auhofstr...	136 bis 138	NULL	NULL	NULL	NULL	18,747...	0	278,93...	216

	LS_TECH_PA	BEZIRK	STRNAM	GELTUNGSBE	BASETYPE	FEATURENAM	WIDTHAVERA	WIDTHMIN	_length	distance	angle	LS_PKL_2_C
1	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Exelbergstraße	7,303825021...	5,94457679...	17,2725717...	5,000000...	122,1312...	198
2	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Wlassakstraße	6,000000000...	6,000000000...	27,0695849...	5,000000...	74,17607...	197
3	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Wlassakstraße	6,000000000...	6,000000000...	27,0695849...	15,0000...	74,17607...	197
4	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Trabrennstraße	11,500000000...	7,03550779...	15,5079357...	5,000000...	218,3817...	196
5	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Unbenannt	6,500000000...	6,500000000...	18,1027509...	5,000000...	162,1660...	195
6	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Unbenannt	6,000000000...	6,000000000...	28,7803553...	5,000000...	217,7459...	194
7	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Unbenannt	6,000000000...	6,000000000...	28,7803553...	15,0000...	217,5346...	194
8	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Bettelheimstraße	7,120000000...	7,120000000...	11,5341467...	5,000000...	113,1448...	193
9	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Exelbergstraße	7,303825021...	5,94457679...	73,7213600...	15,0000...	114,8245...	192
10	2	NULL	NULL	NULL	1	Fahrbahn Exelbergstraße	7,303825021...	5,94457679...	73,7213600...	25,0000...	127,8962...	192

Abb. 50: Auszüge aus den Attributtabeln der neu benannten Datensätze *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* und *LS_PA_2_POINTSCLU.shp* in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Die Auszüge aus den erweiterten Attributinhalt zu den neu benannten Datensätze *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* und *LS_PA_2_POINTSCLU.shp* in Qgis (Abb. 50) zeigt das Ergebnis aus der zuvor beschriebenen Anwendung des *DBSCAN-Clustering*-Werkzeugs in Qgis. Für die Punkte im *LS_PARK_1_POINTS.shp* ergab sich eine Anzahl von **224** Cluster und aus den Punkten im *LS_PARK_2_POINTS.shp* eine Anzahl von **198** Cluster.

5.3.3.4 Strukturierung der Attributinformationen

Zur weiteren Aufbereitung der bisher erstellten Datensätze *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* und *LS_PA_2_POINTSCLU.shp* wurden die jeweiligen Attributtabellen bereinigt, neustrukturiert und um weitere Inhalte für anschließende Analysezwecke erweitert. Beispielsweise bestanden die bisherigen Adressinformationen zu den Punkten in den Attributtabellen aus drei separaten Spalten. Weiters waren für die meisten Punkte keine Bezirksnummern in den Attributtabellen enthalten. Daher wurde beginnend eine neue Spalte mit der Benennung **ADRESSEN** erstellt, um alle Adressangaben in einer Spalte zu vereinen. In dieser Spalte konnten die bisherigen drei Spalten – **STRNAM**, **GELTUNGSBE** und **FEATURENAM** – anschließend vereinigt werden. Die Befüllung mit den benötigten Inhalten erfolgte über eine Editiersession zu den Attributtabellen in Qgis. Mit dem eingegebenen Abfragedialog **ADRESSEN = CONCAT("STRNAM" , ' ', "GELTUNGSBE", "FEATURENAM")** über das Berechnungsfeld für Attributspalten konnten die benötigten Inhalte aus den drei separaten Spalten, in der neu erstellten Spalte mit der Benennung **ADRESSEN** vereinigt werden. Der *Auszug aus der zwischenzeitlichen Attributtabelle des LS_PA_1_POINTSCLU.shp* (Abb. 51) dient zur Veranschaulichung der Zusammensetzung zu den zwischenzeitlichen Inhalten der beiden Attributtabellen.

Auszug aus der zwischenzeitlichen Attributtabelle des LS_PA_1_POINTSCLU.shp

LS_TECH_PA	BEZIRK	STRNAM	GELTUNGSBE	BASETYPE	FEATURENAM	WIDTHAVERA	WIDTHMIN	length	distance	angle	LS_PKL_1_C	ADRESSEN
169	1	NULL NULL	NULL	8	Parkstreifen Rußbergstraße	2,00000000...	2,000000...	55,2...	0	15,00...		54 Parkstreifen Rußbergstraße
170	1	NULL NULL	NULL	8	Parkstreifen Ameisgasse	2,00000000...	2,000000...	5,35...	0	15,51...		82 Parkstreifen Ameisgasse
171	1	NULL NULL	NULL	8	Parkstreifen Ameisgasse	2,00000000...	2,000000...	5,35...	5,0000...	15,51...		82 Parkstreifen Ameisgasse
172	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	50,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
173	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	55,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
174	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	60,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
175	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	65,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
176	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	70,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
177	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	75,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
178	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	80,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
179	1	19,00... Doblinger Hauptstraße	S2A bis 60	NULL NULL	NULL	NULL	NULL	89,9...	85,000...	15,62...		195 Doblinger Hauptstraße S2A bis 60
180	1	NULL NULL	NULL	8	Parkstreifen Wolfgang-Pauli-Gasse	4,20000000...	2,000000...	4,75...	0	15,69...		20 Parkstreifen Wolfgang-Pauli-Gasse

Abb. 51: Auszug der zwischenzeitlichen Attributtabelle der *LS_PA_1_POINTSCLU* in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Nachdem dieser Arbeitsschritt für beide Datensätze *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* und *LS_PA_2_POINTSCLU.shp* durchgeführt wurde, mussten die Attributtabellen noch um die Bezirksnummern erweitert werden. Für diese Erweiterung wurde das Anwendungswerkzeug *Join Attribute by Location* in Qgis verwendet. Diese Anwendung ermöglicht eine Zuordnung von Informationen auf Basis eines sogenannten *Base-Layers*, dem die Informationen zugeordnet werden und einem sogenannten *Join-Layer*, über dem die benötigten Informationen bezogen werden. Der resultierende Datensatz aus dieser Anwendung beinhaltet anschließend alle bisherigen Inhalte des *Base-Layers* und eine Erweiterung durch die ausgewählten Inhalte des *Join-Layers*. Die Zuordnung der benötigten Informationen erfolgt dabei über Lageeigenschaften zu den beinhaltenden Objekten. In diesem Fall wurde das Anwendungswerkzeug jeweils für das *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* und das *LS_PA_1_POINTSCLU.shp* angewendet. Als *Join-Layer*, durch den der Ausgangsdatsatz (*Base-Layer*) erweitert werden sollte, wurde die

Shapefiledatei zu den Bezirksgrenzen von Wien (BEZIRKSGRENZENOGD.shp) verwendet. Als Zuordnungseigenschaft für die benötigten Informationen wurde die Auswahl „*within*“ für innerhalb ausgewählt. Somit konnte allen Punkten in den eingegebenen *Base-Layern* (LS_PA_1_POINTSCLU.shp und LS_PA_1_POINTSCLU.shp), die innerhalb eines bestimmten Bezirkes liegen, die Bezirksnummern, die Bezirksnamen und weitere Informationen über deren Lage zugeordnet werden.

Die Abbildung zur Anwendung des Join Attributes by Location-Werkzeug für das LS_PA_1_POINTSCLU.shp und das LS_PA_1_POINTSCLU.shp in Qgis (Abb. 52) zeigt die wesentlichen Einstellungsparameter zur Zuordnung der benötigten Informationen aus dem zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozess.

Anwendung des Join Attributes by Location-Werkzeug zu den LS_PA_1_POINTSCLU und den LS_PA_2_POINTSCLU

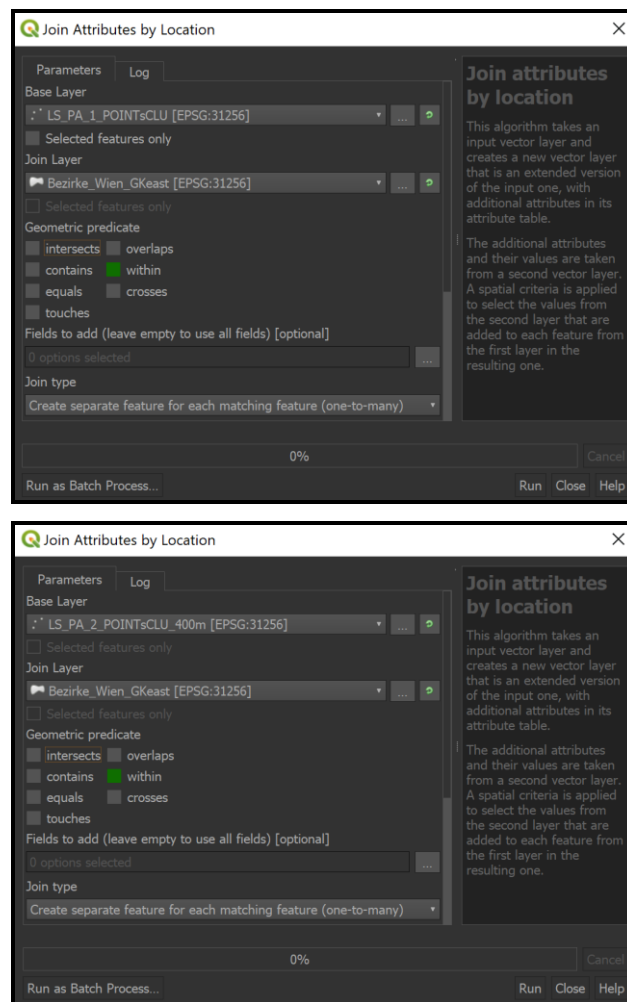


Abb. 52: Anwendung des Join Attributes by Location Werkzeug zu den LS_PA_1_POINTSCLU und den LS_PA_2_POINTSCLU in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Die weitere Darstellung beinhaltet die Ergebnisse zu den zuvor beschriebenen Verarbeitungsschritten und zeigt zwei *Auszüge aus den neu strukturierten und bereinigten Attributtabeln der neubenannten Datensätze LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und zum LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp* (Abb. 53).

Auszüge aus den neu strukturierten Attributtabeln LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp

	LS_TECH_PA	length	distance	LS_PKL_1_C	ADRESSEN	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECH	UMFANG
1	1	24,904...	0	1	Parkstreifen Kimmerlgasse	Simmering	11,0000000...	SIMMERING	11	1110,00000...	23256373,7...	23928,0699...
2	1	24,904...	5,0000...	1	Parkstreifen Kimmerlgasse	Simmering	11,0000000...	SIMMERING	11	1110,00000...	23256373,7...	23928,0699...
3	1	24,904...	10,000...	1	Parkstreifen Kimmerlgasse	Simmering	11,0000000...	SIMMERING	11	1110,00000...	23256373,7...	23928,0699...
4	1	24,904...	15,000...	1	Parkstreifen Kimmerlgasse	Simmering	11,0000000...	SIMMERING	11	1110,00000...	23256373,7...	23928,0699...
5	1	24,904...	20,000...	1	Parkstreifen Kimmerlgasse	Simmering	11,0000000...	SIMMERING	11	1110,00000...	23256373,7...	23928,0699...
6	1	20,055...	0	10	Parkstreifen Am Schöpfwerk	Meidling	12,0000000...	MEIDLING	12	1120,00000...	8103253,57...	15819,4400...
7	1	20,055...	5,0000...	10	Parkstreifen Am Schöpfwerk	Meidling	12,0000000...	MEIDLING	12	1120,00000...	8103253,57...	15819,4400...
8	1	20,055...	10,000...	10	Parkstreifen Am Schöpfwerk	Meidling	12,0000000...	MEIDLING	12	1120,00000...	8103253,57...	15819,4400...
9	1	20,055...	15,000...	10	Parkstreifen Am Schöpfwerk	Meidling	12,0000000...	MEIDLING	12	1120,00000...	8103253,57...	15819,4400...
10	1	20,055...	20,000...	10	Parkstreifen Am Schöpfwerk	Meidling	12,0000000...	MEIDLING	12	1120,00000...	8103253,57...	15819,4400...

	LS_TECH_PA	BASETYPE	length	distance	LS_PKL_2_C	ADRESSEN	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECH	UMFANG
1	2		1	10,02...	5,0000...	115 Fahrbahn Auf der Schmelz	Rudolfshei...	15,0000...	RUDOLFSHEI...	15	1150,00000...	3918463,2...	9713,170...
2	2		1	10,09...	5,0000...	42 Fahrbahn Stadlergasse	Hietzing	13,0000...	HIETZING	13	1130,00000...	37712618...	29667,06...
3	2		1	10,10...	5,0000...	44 Fahrbahn Kramer-Glökner-Straße	Hietzing	13,0000...	HIETZING	13	1130,00000...	37712618...	29667,06...
4	2		1	10,12...	5,0000...	120 Fahrbahn Felix-Slavik-Straße	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSDFORF	21	1210,00000...	44443367...	33646,80...
5	2		1	10,16...	5,0000...	183 Fahrbahn Odenburger Straße	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSDFORF	21	1210,00000...	44443367...	33646,80...
6	2		1	10,17...	5,0000...	3 Fahrbahn Autokaderstraße	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSDFORF	21	1210,00000...	44443367...	33646,80...
7	2		1	10,19...	5,0000...	3 Fahrbahn Autokaderstraße	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSDFORF	21	1210,00000...	44443367...	33646,80...
8	2		1	10,23...	5,0000...	42 Fahrbahn Münchreiterstraße	Hietzing	13,0000...	HIETZING	13	1130,00000...	37712618...	29667,06...
9	2		1	10,39...	5,0000...	59 Fahrbahn Scheunenstraße	Favoriten	10,0000...	FAVORITEN	10	1100,00000...	31828556...	28708,59...
10	2		1	10,40...	5,0000...	3 Fahrbahn Autokaderstraße	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSDFORF	21	1210,00000...	44443367...	33646,80...

Abb. 53: Auszüge aus den neu strukturierten Attributtabeln des LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und des LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

5.4 Ermittlung „idealer“ Standorte

Für die Berechnungen der benötigten Werte und die Ermittlung von „idealen“ Standorten zur Positionierung von weiteren E-Ladestationen in der Stadt Wien wurden zu Beginn alle dazu benötigten Datensätze in Qgis importiert, um vorerst dementsprechend verschnitten und verknüpft zu werden. Anschließend konnten benötigte Werte und Durchschnitte dazu berechnet werden. Als erweiterter Prozess zum bereits erhobenen und strukturierten Punktedatensatz LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp wurde eine *Location Allocation Analyse* mit ArcGis-PRO (vgl. Kap. 3.3.2.5), außerhalb der bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Stadtgebiete durchgeführt. Dadurch konnten sogenannte „ideale“ Standorte für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen bezüglich der vorgegebenen 400 Meter bis zur nächsten Stadt Wien E-Ladestation (vgl. Kap. 2.4) in den bereits ermittelten *Standortpools* zu den *technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen* identifiziert werden. Für die *Location-Allocation-Analyse* musste vorerst ein *Location-Allocation-Analyse-Layer* erstellt werden und ein Problemtyp definiert werden. Für diese Analyse wurde der Problemtyp „Maximierung der Flächendeckung“ als geeignet identifiziert. Im

Anschluss an diese Analyse konnten die daraus generierten „idealen“ Standorte über eine neu hinzugefügte Spalte im LS_PA_1_PsCLU_BEZ gekennzeichnet werden. Diese Ergebnisse konnten somit gemeinsam mit den bereits zusammengestellten Datensätzen aus den vorangegangenen Bearbeitungsschritten in einem Gesamtdatensatz für die Analyse zur weiteren Planung vereinigt werden. Ausgehend von den ermittelten Standorten aus den *Location-Allocation-Analysen* wurden zusätzlich noch Erreichbarkeitsanalysen zu den resultierenden Punkten daraus durchgeführt, um eine mögliche Ladeinfrastruktur-Abdeckung durch die Positionierung von E-Ladestationen an diesen Standorten zu visualisieren.

5.4.1 Verwendete Datensätze zur Ermittlung „idealer“ Standorte

➤ **OGD- Daten (vgl. Kap. 4.3.1):**

- **BEZIRKSGRENZEOGD.shp** (Polygon)

➤ **Bereits aufbereitete Daten:**

- **LS_best_final.shp** (Punkt) – bereits bestehende E-Ladestationen und Auslastungszahlen (vgl. Kap. 5.3.2)
- **WGKM_GEB_Bev.shp** (Polygon) – Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten (vgl. Kap. 5.2.1);
- **EZGB_POLY.shp** (Polygon) – Erreichbarkeiten 400 Meter Gehstrecken zu den E-Ladestationen (vgl. Kap. 5.3.1)
- **LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp** (Punkt) – technisch- und wirtschaftlich geeignete Verkehrsflächen Klasse 1 geclustert (vgl. Kap. 5.3.3)
- **LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp** (Punkt) – technisch- und wirtschaftlich geeignete Verkehrsflächen Klasse 2 geclustert (vgl. Kap. 5.3.3)
- **NZ_2019_BEZ_Wien.csv** (Tabelle) – berechnete Anzahlen an E-PKWs und PKWs in den Bezirken von Wien 2019 (vgl. Kap. 5.2.4)

5.4.2 Erweiterung der benötigten Datensätze

Um einen analysegerechten Datensatz für die Berechnungen von unterschiedlichen Potenzialen zu erhalten wurden beginnend die Datensätze LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp dementsprechend vorbereitet. Dazu wurde in einem ersten

Schritt das Anwendungswerkzeug *Count Points in Polygon* in Qgis verwendet, um die Anzahl zu den erhobenen Punkten in den einzelnen Bezirken zu erhalten. Das Anwendungswerkzeug *Count Points in Polygon* ermöglicht die Zählung von Punkten innerhalb einer angegebenen Polygonfläche samt der Möglichkeit zur Sortierung oder Zuordnung der Punkte auf Basis von ausgewählten Eigenschaften zu den Punkten. In diesem Anwendungsfall wurde vorerst die Anzahl der bereits generierten Cluster auf Ebene der Bezirke gezählt. Dazu wurde der Datensatz zu den Bezirksgrenzen (BEZIRKSGRENZEOGD.shp) als Polygonfläche gewählt und zuerst der Datensatz zu den Clustern (LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp), als die zu zählenden Punkte ausgewählt. Für die Zählungsart wurde die Spalte der bereits generierten *Cluster-Identifikationsnummern* im Eingabefeld *Class field* des Anwendungswerkzeuges angegeben, um die Punkte auf Basis dieser Nummer zu zählen und zuzuordnen. Dieselben Parametereinstellungen wurden auch für die anschließend durchgeführte Zählung zu den Punkten im LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp angewendet. Anzumerken ist hierbei, dass diese Zählung auf Basis der resultierenden Polygonflächen zu den Bezirken mit der beinhaltenden vorangegangenen Zählung verwendet wurde.

Die nachfolgende Darstellung zur *Anwendung des Count Points in Polygon Werkzeug zur Zählung der LS_PA_1_POINTSCLU und die LS_PA_1_POINTSCLU pro Bezirk* (Abb. 54) dient zur Veranschaulichung der zuvor beschriebenen Anwendung des *Count Point in Polygon* Werkzeuges und die dazu eingegebenen Parametereigenschaften für die Zählung der Cluster auf Ebene der Bezirke.

Anwendung des Count Points in Polygon Werkzeug zur Zählung der LS_PA_1_POINTSCLU und die LS_PA_1_POINTSCLU pro Bezirk

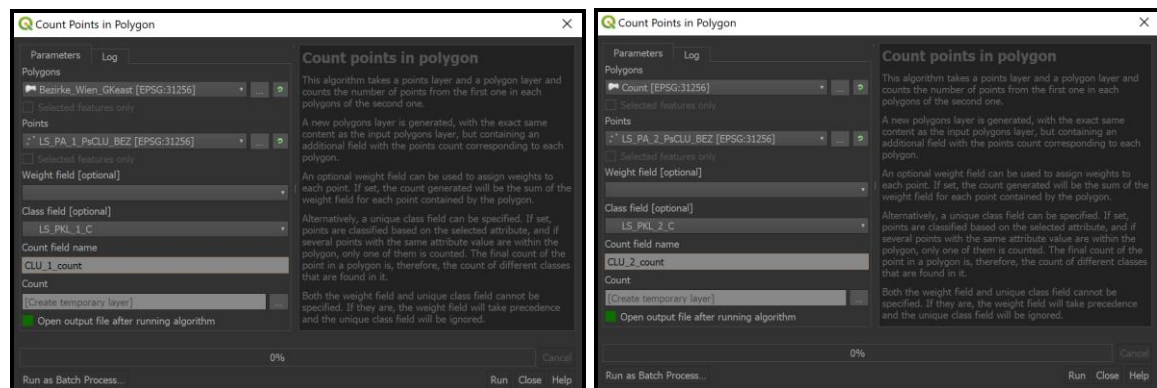
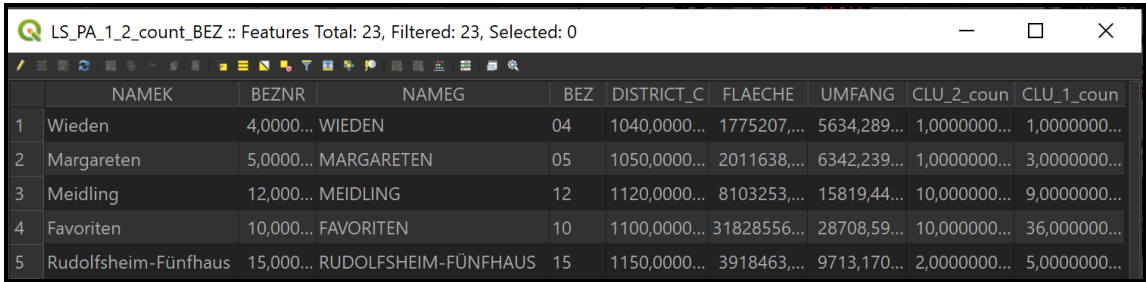


Abb. 54: Anwendung des *Count Points in Polygon* Werkzeug zur Zählung der Punkte im LS_PA_1_POINTSCLU.shp und die LS_PA_1_POINTSCLU.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021

Eine weitere Abbildung zu dieser Anwendung zeigt die *Ergebnisattributtabelle zum neu benannten und erstellten Datensatz LS_PA_1_2count_BEZ.shp* (Abb. 54) aus der Zählung der Cluster im LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp und LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp auf Ebene der Bezirke.

Ergebnisattributtabelle zum neu benannten und erstellten Datensatz LS_PA_1_2count_BEZ.shp



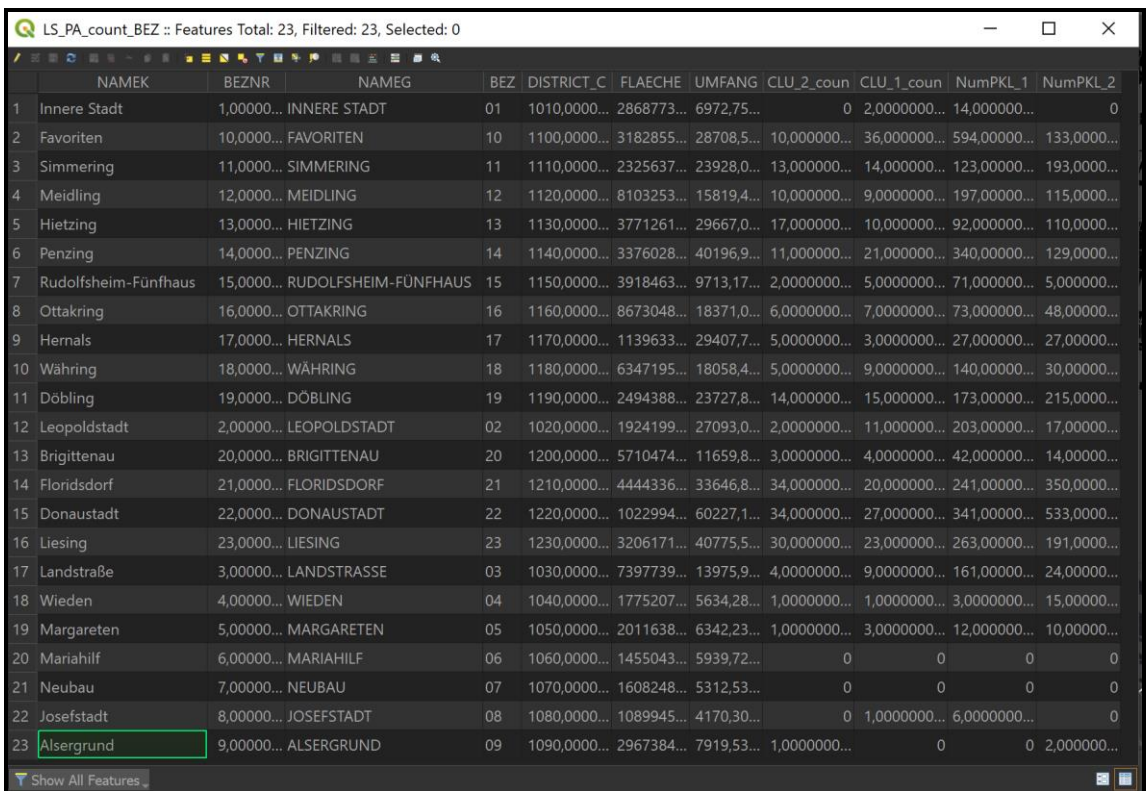
LS_PA_1_2count_BEZ :: Features Total: 23, Filtered: 23, Selected: 0

	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECHE	UMFANG	CLU_2_coun	CLU_1_coun
1	Wieden	4,0000...	WIEDEN	04	1040,0000...	1775207,...	5634,289...	1,0000000...	1,0000000...
2	Margareten	5,0000...	MARGARETEN	05	1050,0000...	2011638,...	6342,239...	1,0000000...	3,0000000...
3	Meidling	12,000...	MEIDLING	12	1120,0000...	8103253,...	15819,44...	10,000000...	9,0000000...
4	Favoriten	10,000...	FAVORITEN	10	1100,0000...	31828556...	28708,59...	10,000000...	36,000000...
5	Rudolfsheim-Fünfhaus	15,000...	RUDOLFSHEIM-FÜNFHAUS	15	1150,0000...	3918463,...	9713,170...	2,0000000...	5,0000000...

Abb. 55: Ergebnisattributtabelle zum neu benannten und erstellten Datensatz LS_PA_1_2count_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Durch zwei weitere Anwendungen des *Count Point in Polygon* Werkzeug in Qgis wurde auch noch die Anzahl der einzelnen Punkte pro Bezirk gezählt. Daraus ergab sich ein wiederum ein neu benannter Datensatz mit der Benennung LS_PA_count_BEZ.shp.

Gesamtattributtabelle zum zwischenzeitlichen Datensatz LS_PA_count_BEZ.shp



LS_PA_count_BEZ :: Features Total: 23, Filtered: 23, Selected: 0

	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECHE	UMFANG	CLU_2_coun	CLU_1_coun	NumPKL_1	NumPKL_2
1	Innere Stadt	1,00000...	INNERE STADT	01	1010,0000...	2868773...	6972,75...	0	2,0000000...	14,000000...	0
2	Favoriten	10,0000...	FAVORITEN	10	1100,0000...	3182855...	28708,5...	10,000000...	36,000000...	594,00000...	133,0000...
3	Simmering	11,0000...	SIMMERING	11	1110,0000...	2325637...	23928,0...	13,000000...	14,000000...	123,00000...	193,0000...
4	Meidling	12,0000...	MEIDLING	12	1120,0000...	8103253...	15819,4...	10,000000...	9,0000000...	197,00000...	115,0000...
5	Hietzing	13,0000...	HIETZING	13	1130,0000...	3771261...	29667,0...	17,000000...	10,000000...	92,000000...	110,0000...
6	Penzing	14,0000...	PENZING	14	1140,0000...	3376028...	40196,9...	11,000000...	21,000000...	340,00000...	129,0000...
7	Rudolfsheim-Fünfhaus	15,0000...	RUDOLFSHEIM-FÜNFHAUS	15	1150,0000...	3918463...	9713,17...	2,0000000...	5,0000000...	71,000000...	5,000000...
8	Ottakring	16,0000...	OTTAKRING	16	1160,0000...	8673048...	18371,0...	6,0000000...	7,0000000...	73,000000...	48,00000...
9	Hernals	17,0000...	HERNALS	17	1170,0000...	1139633...	29407,7...	5,0000000...	3,0000000...	27,000000...	27,00000...
10	Währing	18,0000...	WÄHRING	18	1180,0000...	6347195...	18058,4...	5,0000000...	9,0000000...	140,00000...	30,00000...
11	Döbling	19,0000...	DOBLING	19	1190,0000...	2494388...	23727,8...	14,000000...	15,000000...	173,00000...	215,0000...
12	Leopoldstadt	2,00000...	LEOPOLDSTADT	02	1020,0000...	1924199...	27093,0...	2,0000000...	11,000000...	203,00000...	17,00000...
13	Brigittenau	20,0000...	BRIGITTENAU	20	1200,0000...	5710474...	11659,8...	3,0000000...	4,0000000...	42,000000...	14,00000...
14	Floridsdorf	21,0000...	FLORIDSORF	21	1210,0000...	4444336...	33646,8...	34,000000...	20,000000...	241,00000...	350,0000...
15	Donaustadt	22,0000...	DONAUSTADT	22	1220,0000...	1022994...	60227,1...	34,000000...	27,000000...	341,00000...	533,0000...
16	Liesing	23,0000...	LIESING	23	1230,0000...	3206171...	40775,5...	30,000000...	23,000000...	263,00000...	191,0000...
17	Landstraße	3,00000...	LANDSTRASSE	03	1030,0000...	7397739...	13975,9...	4,0000000...	9,0000000...	161,00000...	24,00000...
18	Wieden	4,00000...	WIEDEN	04	1040,0000...	1775207...	5634,28...	1,0000000...	1,0000000...	3,0000000...	15,00000...
19	Margareten	5,00000...	MARGARETEN	05	1050,0000...	2011638...	6342,23...	1,0000000...	3,0000000...	12,000000...	10,00000...
20	Mariahilf	6,00000...	MARIAHILF	06	1060,0000...	1455043...	5939,72...	0	0	0	0
21	Neubau	7,00000...	NEUBAU	07	1070,0000...	1608248...	5312,53...	0	0	0	0
22	Josefstadt	8,00000...	JOSEFSTADT	08	1080,0000...	1089945...	4170,30...	0	1,0000000...	6,0000000...	0
23	Alsergrund	9,00000...	ALSERGRUND	09	1090,0000...	2967384...	7919,53...	1,0000000...	0	0	2,000000...

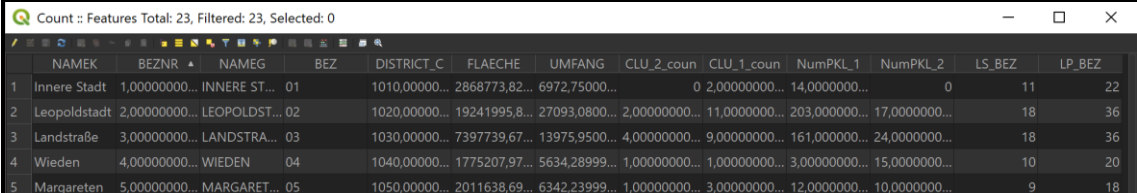
Abb. 56: Attributtabelle zum zwischenzeitlichen Datensatz LS_PA_count_BEZ.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Die *Gesamtattributtabelle zum zwischenzeitlichen Datensatz LS_PA_count_BEZ.shp* (Abb. 56) zeigt die gesamte Attributtabelle mit den Inhalten aus den zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozessen zur Zählung der Cluster und der einzelnen Punkte auf Ebene der 23 Wiener Gemeindebezirke.

Der zwischenzeitlich erstellte Datensatz *LS_PA_count_BEZ.shp* wurde im Anschluss an die vorangegangenen Zählungen wiederum um weitere Inhalte ergänzt. Dazu musste vorerst die Anzahl an Ladestationen pro Bezirk und die daraus resultierende Ladepunkteanzahl ermittelt werden. Die Zählung zu diesen Punkten erfolgte ebenfalls über das Anwendungswerkzeug *Count Points in Polygon* in Qgis. Als Eingabedaten für diese Zählung wurde der Standortdatensatz *LS_best_final.shp* zu den bereits bestehenden 319 E-Ladestationen verwendet und als Polygonflächen wurde der zuvor erstellte Datensatz *LS_PA_count_BEZ.shp* verwendet. Dadurch konnte eine weitere neue Spalte zu den Anzahlen an E-Ladestationen pro Bezirk (*LS_BEZ*) hinzugefügt werden. Basierend auf diesen Werten erfolgte eine anschließende Berechnung zur Ladepunkteanzahl. Dazu musste vorerst eine neue Spalte (*LP_BEZ*) für diese Berechnung erstellt werden. Die Anzahl der Ladepunkte konnte daraufhin durch eine Multiplikation mit dem Faktor zwei der zuvor erstellten Spalte (*LS_BEZ*) für die Anzahl der Ladestationen pro Bezirk berechnet werden. Die Anzahl *zwei* ergibt sich aus der Anzahl der Ladepunkte je E-Ladestation der Stadt Wien (vgl. Kap. 2.2).

Der nachfolgende *Auszug aus der erweiterten Attributtabelle zum zwischenzeitlichen Ergebnisdatensatz LS_PA_count_BEZ_all.shp* (Abb. 57) zeigt einen Ausschnitt aus der zwischenzeitlichen Attributtabelle des *LS_PA_count_BEZ_all.shp* aus den zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozessen zu diesem Datensatz in Qgis.

**Auszug aus der erweiterten Attributtabelle zum zwischenzeitlichen
Ergebnisdatensatz LS_PA_count_BEZ_all.shp**



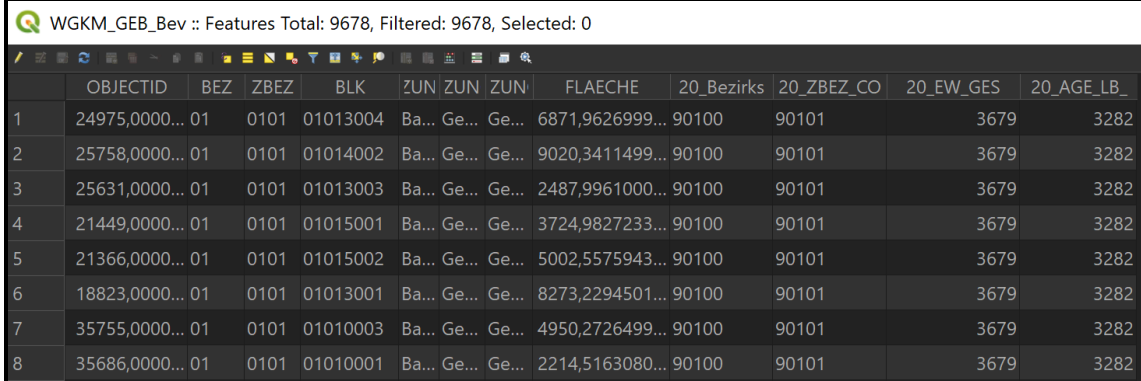
	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECHE	UMFANG	CLU_2_coun	CLU_1_coun	NumPKL_1	NumPKL_2	LS_BEZ	LP_BEZ
1	Innere Stadt	1,00000000...	INNERE ST...	01	1010,00000...	2868773,82...	6972,75000...	0	2,00000000...	14,0000000...	0	11	22
2	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	2,00000000...	11,0000000...	203,000000...	17,0000000...	18	36
3	Landstraße	3,00000000...	LANDSTRA...	03	1030,00000...	7397739,67...	13975,9500...	4,00000000...	9,00000000...	161,000000...	24,0000000...	18	36
4	Wieden	4,00000000...	WIEDEN	04	1040,00000...	1775207,97...	5634,28999...	1,00000000...	1,00000000...	3,00000000...	15,0000000...	10	20
5	Margareten	5,00000000...	MARGARET...	05	1050,00000...	2011638,69...	6342,23999...	1,00000000...	3,00000000...	12,0000000...	10,0000000...	9	18

Abb. 57: Auszug aus der erweiterten Attributtabelle zum zwischenzeitlichen Ergebnisdatensatz *LS_PA_count_BEZ_all.shp* in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Um auch die bereits erhobenen Flächen zu den *Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebieten* samt den bereits berechneten Einwohnerzahlen dazu (vgl. Kap. 5.2.1) in den erstellten Datensatz *LS_PA_count_BEZ_all.shp* zu integrieren, mussten alle vorliegenden Inhalte auf Zählbezirksebene, vorerst auf die Ebenen der Bezirke hochgerechnet werden. Für diese Berechnung wurde das Anwendungswerkzeug *Aggregate* in Qgis als geeignet identifiziert. Dieses Anwendungswerkzeug ermöglicht Berechnungen von Werten und Zusammenfassungen von Objekten auf Basis eines eingegebenen *Vektorlayer* oder einer eingegebenen *Tabelle*. Durch Ausführungsangaben zu einer Spalte aus dem eingegebenen Datensatz können Attributinformatoren gruppiert werden und basierend auf den erstellten Gruppen, Berechnungen zu den benötigten Werten dazu erfolgen. Beispielsweise können durch Angabe einer Spalte zu den Bezirken, alle Zählbezirkswerte auf die Fläche der einzelnen Bezirke hochgerechnet werden.

In diesem Anwendungsfall musste dieses Werkzeug zweimal angewendet werden. Einmal, um die Gesamtflächen der Baublöcke (bebaute Gebiete) im Datensatz WGKM_GEB_Bev.shp vorerst auf die Ebene der Zählbezirke zusammenzufassen und ein weiteres Mal, um die Flächen und die Einwohnerzahlen auf Bezirksebene zu berechnen.

Auszug aus der Attributtabelle des bereits erstellten WGKM_GEB_Bev.shp



	OBJECTID	BEZ	ZBEZ	BLK	ZUN	ZUN	ZUN	FLAECHE	20_Bezirks	20_ZBEZ_CO	20_EW_GES	20_AGE_LB
1	24975,0000...	01	0101	01013004	Ba...	Ge...	Ge...	6871,9626999...	90100	90101	3679	3282
2	25758,0000...	01	0101	01014002	Ba...	Ge...	Ge...	9020,3411499...	90100	90101	3679	3282
3	25631,0000...	01	0101	01013003	Ba...	Ge...	Ge...	2487,9961000...	90100	90101	3679	3282
4	21449,0000...	01	0101	01015001	Ba...	Ge...	Ge...	3724,9827233...	90100	90101	3679	3282
5	21366,0000...	01	0101	01015002	Ba...	Ge...	Ge...	5002,5575943...	90100	90101	3679	3282
6	18823,0000...	01	0101	01013001	Ba...	Ge...	Ge...	8273,2294501...	90100	90101	3679	3282
7	35755,0000...	01	0101	01010003	Ba...	Ge...	Ge...	4950,2726499...	90100	90101	3679	3282
8	35686,0000...	01	0101	01010001	Ba...	Ge...	Ge...	2214,5163080...	90100	90101	3679	3282

Abb. 58: Auszug aus der Attributtabelle des bereits erstellten WGKM_GEB_Bev.shp in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Der Auszug aus der Attributtabelle des bereits erstellten WGKM_GEB_Bev.shp (Abb. 58) zeigt die beinhaltenden Attributfelder des WGKM_GEB_Bev.shp. Anhand dieser Darstellung soll die zweifache Anwendung des Anwendungswerkzeug *Aggregate* in den nachfolgend beschriebenen Verarbeitungsprozess dazu erläutert werden. Die Spalte zu den Baublöcken (BLK) zeigt die kleinste Gliederungsebene zu den Objekten in diesem Datensatz. Dementsprechend sind auch die Flächenangaben (FLAECHE) in diesem Datensatz, diesen Objekten zugewiesen. Die Flächen mussten daher vorerst auf die Ebene der Zählbezirke aufsummiert werden, um eine Wiedergabe des gesamten Datensatz auf Ebene der Zählbezirke und den dazugehörigen Werten zu erhalten. Weiters zeigt diese Abbildung auch, dass die Werte zu den Einwohnerzahlen (20_EW_GES und 20_AGE_LB) bereits auf Ebene der Zählbezirke vorhanden waren und daher Mehrfachzuweisungen von denselben Werten auf Ebene der Baublöcke erfolgten.

Für die erste Anwendung des Werkzeuges *Aggregate* in Qgis zur Berechnung der Gesamtflächen der Baublöcke wurde der Datensatz WGKM_GEB_Bev.shp als Eingabedatensatz (*Input-Layer*) verwendet und als Gruppierungseigenschaft (*Group by Expression*) zur Berechnung der benötigten Werte, wurde die Spalte zu den Zählbezirken festgelegt. In den Einstellungen zur Aggregierung der Werte wurde für die Spalte zu den Flächen (FLAECHE) die Auswahl „*sum*“ zur Bildung von Gesamtsummen ausgewählt und bei einer mehrfach zugewiesenen Anzahl zu den Einwohnerzahlen (20_EW_GES und 20_AGE_LB) auf Ebene der Baublöcke wurde jeweils die Auswahl „*maximum*“ ausgewählt. Durch die genannten Auswahlmöglichkeiten wurde der höchste zugewiesene Spaltenwert beibehalten und alle Werte darunter, entfernt. In diesem Fall konnte diese Auswahl getroffen werden, da für die Einwohnerzahlen immer dieselben Werte pro

Zählbezirk, mehrfach in der Tabelle vorhanden war und dadurch auch nur eine Auswahlmöglichkeit für das Werkzeug zur Verfügung stand.

Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis

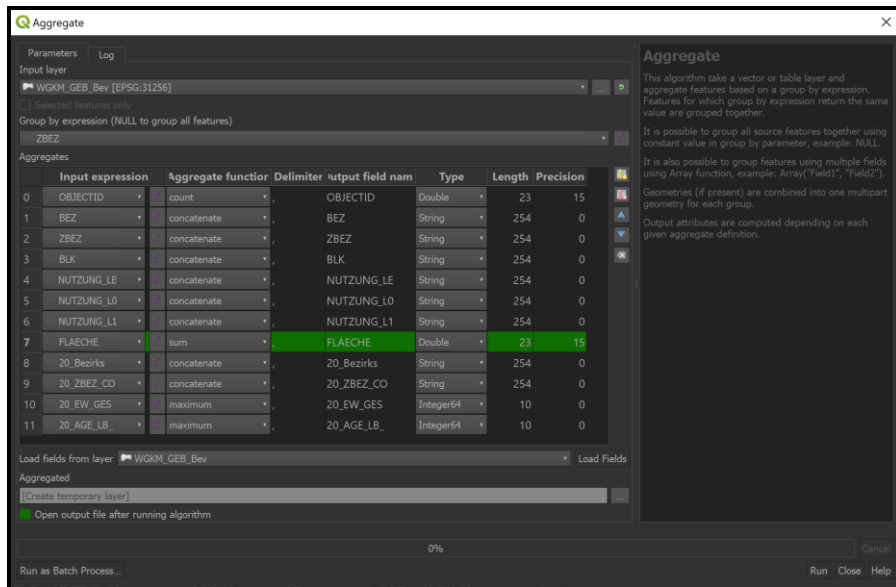


Abb. 59: Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Die Abbildung zur Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis (Abb.59) zeigt die Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis. Weiters sind in der Abbildung auch die zuvor beschriebenen Einstellungen zu den Parametern für diesen Anwendungsfall ersichtlich.

Ergebnisattributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis

Agg_WGKMFL :: Features Total: 248, Filtered: 248, Selected: 0											
	OBJECTID	BEZ	ZBEZ	BLK	NUTZUNG_LE	NUTZUNG_L0	NUTZUNG_L1	FLAECHE	20_Bezirks	20_ZBEZ_CO	20_EW_GES
1	35,00000000	01...	0101,0101...	01013001,0...	Baulandnutzung...	Geschäfts-, ...	Geschäfts-, ...	190594,0591...	90100,9010...	90101,9010...	3679
2	22,00000000	01...	0102,0102...	01024004,0...	Baulandnutzung...	Wohn- u. ...	dichtes Wo...	83316,89651...	90100,9010...	90102,9010...	1501
3	32,00000000	01...	0103,0103...	01032006,0...	Baulandnutzung...	Geschäfts-, ...	Geschäfts-, ...	134121,5828...	90100,9010...	90103,9010...	2068
4	16,00000000	01...	0104,0104...	01042005,0...	Baulandnutzung...	Wohn- u. ...	dichtes Wo...	71398,98303...	90100,9010...	90104,9010...	1481
5	23,00000000	01...	0105,0105...	01058003,0...	Baulandnutzung...	Wohn- u. ...	dichtes Wo...	106770,6547...	90100,9010...	90105,9010...	2125
6	30,00000000	01...	0106,0106...	01067003,0...	Baulandnutzung...	Geschäfts-, ...	Geschäfts-, ...	121538,6894...	90100,9010...	90106,9010...	2441
7	42,00000000	01...	0107,0107...	01079003,0...	Baulandnutzung...	Geschäfts-, ...	Geschäfts-, ...	131333,3096...	90100,9010...	90107,9010...	2533
8	27,00000000	02...	0201,0201...	02012003,0...	Baulandnutzung...	Wohn- u. ...	dichtes Wo...	288413,2881...	90200,9020...	90201,9020...	15313

Abb. 60: Ergebnisattributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen aus dem WGKM_GEB_Bev.shp auf Ebene der Zählbezirke in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Die *Ergebnisattributtabelle* aus der ersten Anwendung des Werkzeug *Aggregate* (Abb. 60) zeigt einen Auszug aus der resultierten Attributtabelle der zuvor beschriebenen Anwendung des Werkzeuges *Aggregate*. Zu sehen sind darin alle unveränderten Inhalte und die berechneten Gesamtflächenwerte zu den Baublöcken auf Zählbezirksebene samt der Einfachzuordnung der Einwohnerzahlen zu den einzelnen Zählbezirken.

Aus der ersten Anwendung des Geoverarbeitungswerkzeug *Aggregate* wurde der resultierende Datensatz mit der Bezeichnung **Agg_WGKMG_FL.shp** für eine weitere Anwendung im Werkzeug *Aggregate* als *Input-Layer* (Eingabedatensatz) verwendet. In diesem Anwendungsfall wurde als Gruppierungseigenschaft (*Group by Expression*) die Spalte zu den Bezirksnummern (BEZ_NR) definiert. Für die Berechnung der benötigten Werte wurde hierfür eine Aggregation zu den Spalten FLÄCHEN, 20_EW_GES und 20_AGE_LB gewählt und jeweils der Berechnungstyp „**sum**“ ausgewählt. Durch diese Parametereinstellung konnten die benötigten Summen auf Ebene der Bezirke, nach demselben Prinzip wie auch in der vorangegangenen Anwendung dieses Werkzeuges, hochgerechnet werden.

Die Darstellung zur Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen Ebene der Bezirke (Abb. 61) zeigt die verwendeten Einstellungsparameter zur Berechnung der benötigten Werte aus dem zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozess über das Anwendungswerkzeug *Aggregate* in Qgis.

Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke

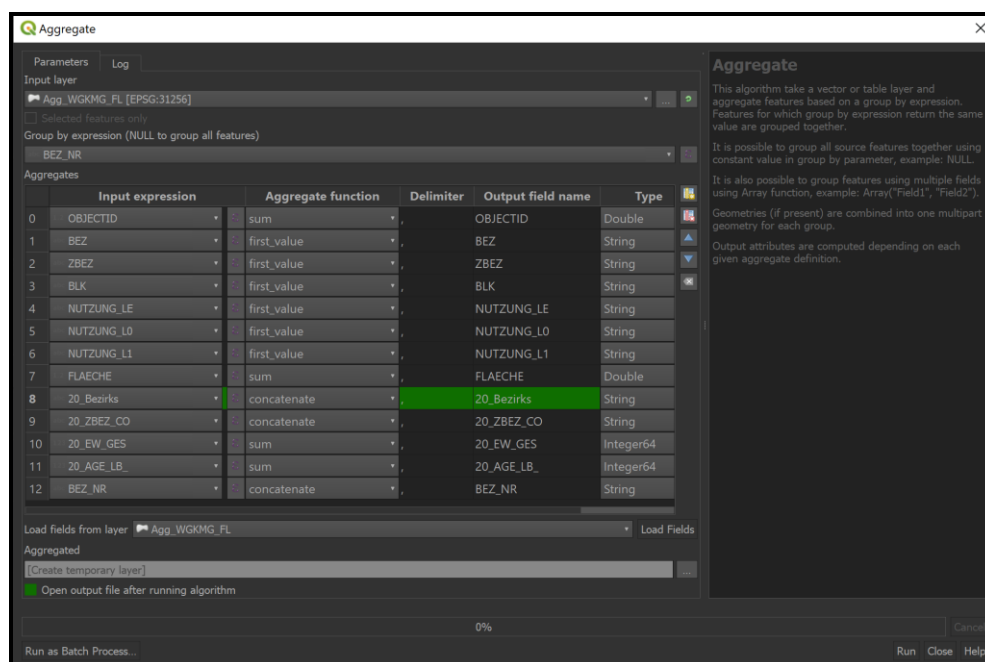
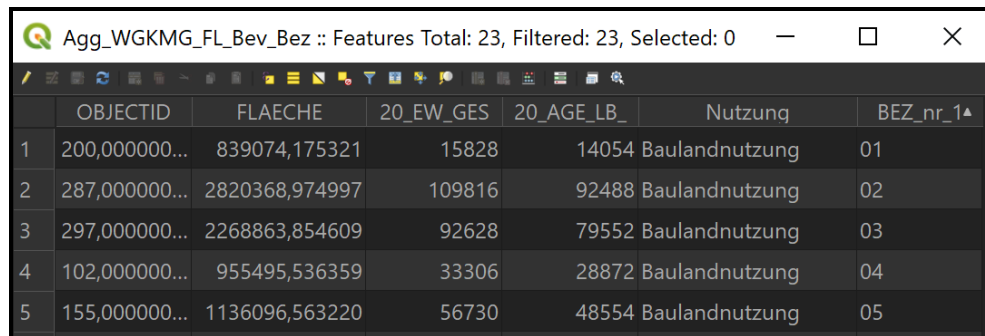


Abb. 61: Anwendung des Werkzeug *Aggregate* zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke, eigene Darstellung, 2021;

Eine weitere Darstellung zeigt die *Attributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke* (Abb. 62). Die Darstellung zeigt einen Auszug aus der Attributtabelle des zwischenzeitlichen Datensatz *Agg_WGKMG_FL_Bev_BEZ.shp* mit den berechneten Werten zu den Gesamtflächen (FLAECH) der bewohnten Stadtgebiete auf Bezirksebene samt den berechneten Zahlen zu den EinwohnerInnen (20_EW_GES und 20_AGE_LB) für diese Gebiete.

Attributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke

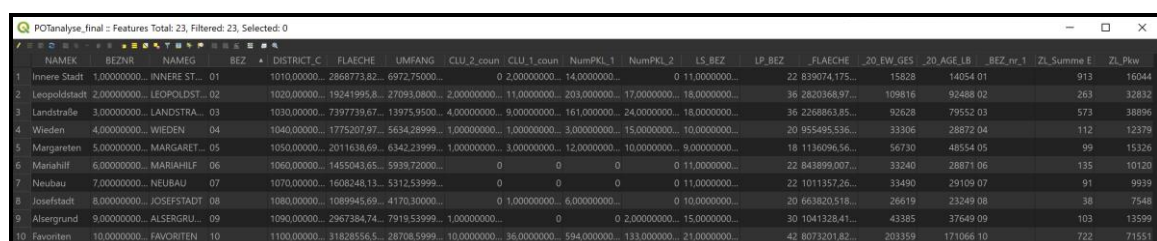


	OBJECTID	FLAECH	20_EW_GES	20_AGE_LB	Nutzung	BEZ_nr_1▲
1	200,000000...	839074,175321	15828	14054	Baulandnutzung	01
2	287,000000...	2820368,974997	109816	92488	Baulandnutzung	02
3	297,000000...	2268863,854609	92628	79552	Baulandnutzung	03
4	102,000000...	955495,536359	33306	28872	Baulandnutzung	04
5	155,000000...	1136096,563220	56730	48554	Baulandnutzung	05

Abb. 62: Attributtabelle zur Berechnung der bebauten und bewohnten Flächen und EinwohnerInnen auf Ebene der Bezirke, eigene Darstellung, 2021;

Im Anschluss daran wurden die aggregierten Werte aus den zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozessen zu den Berechnungen der **Flächeninhalte** und der **EinwohnerInnenzahlen** mit dem bereits erstellten Datensatz *LS_PA_count_BEZ_all.shp* über die Funktion *Join* in Qgis verknüpft. Weiters wurden auch die bereits berechneten Anzahlen zu den neuzugelassenen **E-PKW**s und die Zahlen des **PKW-Bestands** von 2019 auf Ebene der Bezirke (vgl. Kap. 5.2.4) über einen weiteren *Join* hinzugefügt. Der resultierende Gesamtdatensatz aus den soeben beschriebenen Verknüpfungen konnte anschließend als eigenständiger und zwischenzeitlicher Datensatz mit der Benennung *POTanalyse_final.shp* für weitere Berechnungen abgespeichert werden.

Auszug aus der Attributtabelle des zwischenzeitlich erstellten Datensatz POTanalyse_final.shp in Qgis



	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECH	UMFANG	CLU_2_coun	CLU_1_coun	NumPKL_1	NumPKL_2	LS_BEZ	LP_BEZ	FLAECH	20_EW_GES	20_AGE_LB	BEZ_nr_1	ZL_Summe E	ZL_Pkw
1	Innere Stadt	1,00000000...	INNERE ST...	01	1010.000000...	2868773,82...	6972,75000...	0	2,00000000...	14,00000000...	0	11,00000000...	22	839074,175...	15828	14054,01		913	16044
2	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020.000000...	19241995,8...	27093,0800...	2,00000000...	11,00000000...	203,000000...	17,00000000...	18,00000000...	36	2820368,97...	109816	92488,02		263	32832
3	Landstraße	3,00000000...	LANDSTRA...	03	1030.000000...	7397739,67...	13975,9500...	4,00000000...	9,00000000...	161,000000...	24,00000000...	18,00000000...	36	2268863,85...	92628	79552,03		573	38896
4	Wieden	4,00000000...	WIEDEN	04	1040.000000...	1775207,97...	5634,28999...	1,00000000...	1,00000000...	3,00000000...	15,00000000...	10,00000000...	20	955495,536...	33306	28872,04		112	12379
5	Margareten	5,00000000...	MARGARET...	05	1050.000000...	2011638,69...	6342,23999...	1,00000000...	1,00000000...	12,00000000...	10,00000000...	9,00000000...	18	1136096,56...	56730	48554,05		99	15326
6	Mariahilf	6,00000000...	MARIAHILF	06	1060.000000...	1455043,65...	5939,72000...	0	0	0	0	11,00000000...	22	843899,007...	33240	28871,06		135	10120
7	Neubau	7,00000000...	NEUBAU	07	1070.000000...	1608248,13...	5312,53999...	0	0	0	0	11,00000000...	22	1011357,26...	33490	29109,07		91	9939
8	Josefstadt	8,00000000...	JOSEFSTADT	08	1080.000000...	1089945,69...	4170,30000...	0	1,00000000...	6,00000000...	0	10,00000000...	20	663820,518...	26619	23249,08		38	7548
9	Alsergrund	9,00000000...	ALSERGRU...	09	1090.000000...	2967384,74...	7919,53999...	1,00000000...	0	0	2,00000000...	15,00000000...	30	1041328,41...	43385	37649,09		103	13599
10	Favoriten	10,00000000...	FAVORITEN	10	1100.000000...	31828556,5...	28708,5999...	10,00000000...	36,00000000...	594,000000...	133,000000...	21,00000000...	42	8073201,82...	203359	171066,10		722	71551

Abb. 63: Auszug aus der Attributtabelle des zwischenzeitlich erstellten Datensatz *POTanalyse_final.shp* in Qgis, eigene Darstellung, 2021;

Der Auszug aus der Attributtabelle des zwischenzeitlich erstellten Datensatz *POTanalyse_final.shp* in Qgis (Abb. 63) zeigt den vorläufigen Inhalt des finalen Datensatz *POTanalyse_final.shp*.

5.4.3 Eingrenzung „idealer“ Standorte

Zur Ermittlung von „idealen“ Standorten für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen in den einzelnen Bezirken der Stadt Wien, sollen die bereits erhobenen Standortpools zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen herangezogen werden und zusätzliche Berechnungen anhand wesentlicher Einflußfaktoren bezüglich einer Positionierung erfolgen (vgl. Kap. 2.4). Aus den bereits ermittelten, *wirtschaftlich- und technisch geeigneten Standorten*, soll eine bestmögliche Abdeckung bezüglich der vorgegebenen 400 Meter, anhand der Anzahl von 181 E-Ladestandorten, um auf die forcierten 500 E-Ladestandorte zu 1000 Ladepunkten zu kommen (vgl. Kap. 2.4), generiert werden. Zusätzlich soll auch eine maximal und „effizient mögliche“ Abdeckung anhand der berechneten Anzahl von 224 Standortpools (Clusteranzahl) der Klasse 1 (Vgl. Kap. 5.3.3.3) generiert werden. Durch Berechnungen zu den zugelassenen E-PKWs, den bereits bestehenden E-Ladestellen in den bewohnten Gebieten und der BewohnerInnen in den einzelnen Bezirken, soll eine zusätzliche Stütze für den Entscheidungsfindungsprozess in der Planung geschaffen werden. Die bereits erstellten Datensätze und die daraus resultierenden finalen Datensätze mit den wesentlichen und relevanten Inhalten für die weitere Planung von zusätzlichen öffentlichen E-Ladestationen in der Stadt Wien werden anschließend im Kapitel 6 zu den *Analyseergebnissen und Interpretationen* genauer zusammengefasst und präsentiert.

5.4.3.1 Generierung einer „idealen“ LS-Abdeckung anhand der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen

Zur Generierung einer „idealen“ E-Ladestationsabdeckung in dichterbebauten und bewohnten Stadtgebieten anhand der forcierten 400 Meter bis zur nächsten Stadt Wien E-Ladestelle (vgl. Kap. 2.4) wurde durch die Erstellung des Datensatzes *LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp* bereits ein geeigneter Datensatz für die nachfolgende Analyse erstellt. Dieser Datensatz beinhaltet insgesamt **3116** generierte Punkte zu technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen der Klasse 1 (vgl. Kap. 5.3.3).

Die Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und den erhobenen, potenziell geeigneten Standorten *LS_PA_1* (Abb. 64) zeigt die 3116 potenziell geeigneten Standorte (*LS_PA_1*) außerhalb der bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten-, bewohnten- und bebauten Stadtgebiete von Wien in Form von orangen Punktsignaturen. Die bereits bestehenden E-Ladestationen (319 best. E-Ladestandorte) wurden dabei in Form von gelben Punktsignaturen und den dadurch bereits abgedeckten Gebieten (*EZGB best. 400m*) in leicht transparentem gelb dargestellt. Des Weiteren wurden hierfür auch die bebauten- und bewohnten Stadtgebiete (*WGKM-*

Gebiete) in schwarz und die Bezirksgrenzen in weiß visualisiert. Als Kartenbasis wurde hierfür die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet.

Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und den erhobenen, potenziell geeigneten Standorten LS_PA_1

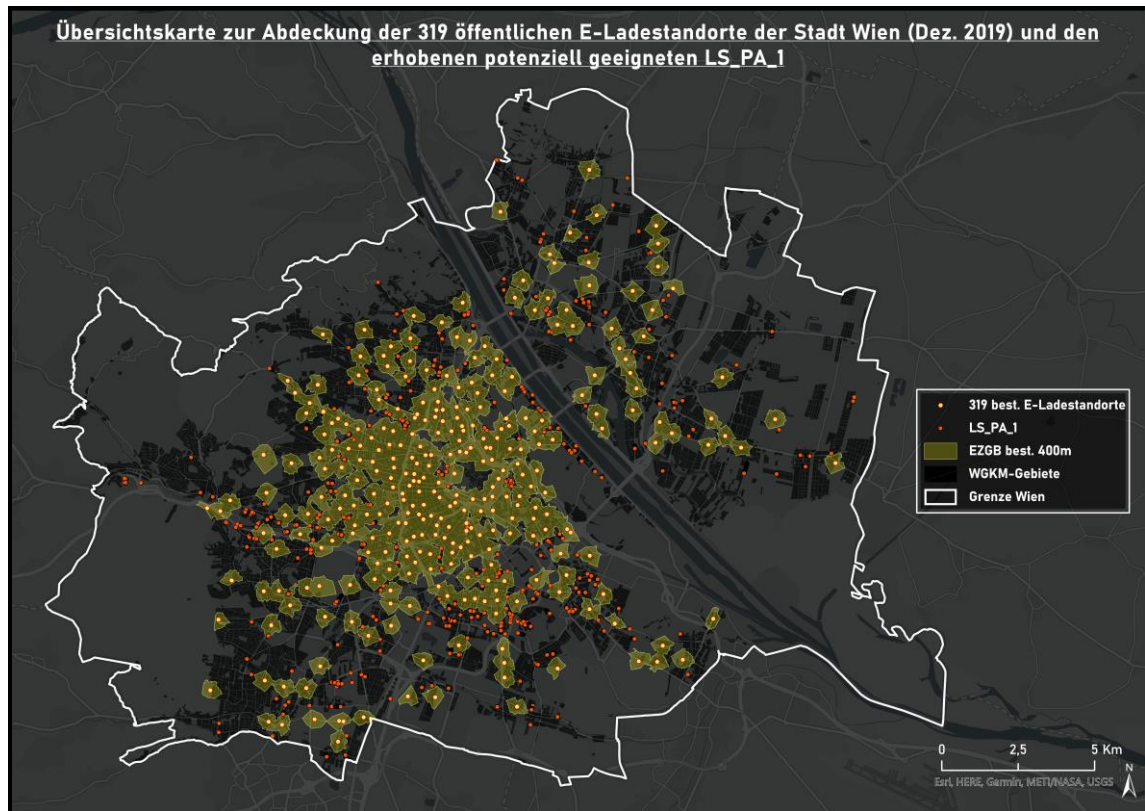


Abb. 64: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und den erhobenen, potenziell geeigneten Standorten LS_PA_1, eigene Darstellung über ArcGis-Pro, 2021;

Die nachfolgende Erhebung zu den 181 „idealen“ Standorten und den 224 „effizient möglichen“ Standorten aus den 3116 Punkte erfolgte durch die Software ArcGis-PRO, da diese Software über ausgereifere Funktionen bezüglich Netzwerkanalysen, gegenüber der Software Qgis verfügt (vgl. Kap. 3.3). Als Analysemethode zur Identifizierung von „idealen“ Standorten wurde die Durchführung einer **Location Allocation Analyse** und die darin enthaltene Anwendungsmöglichkeit des Problemtyps *Flächendeckung maximieren* gewählt (vgl. Kap. 3.3.2.5).

Für die Analyse musste vorerst ein *Location Allocation Analyse Layer* in ArcGis-PRO erstellt werden und ein Import der benötigten Einrichtungsstandorte samt der Bedarfspunkte erfolgen. Für die Einrichtungsstandorte und die Bedarfspunkte wurden jeweils die 3116 Punkte aus dem LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp ausgewählt und importiert.

Die Abbildung Anwendungen zum Import der benötigten Einrichtungsstandorte (links) und der Bedarfspunkte (rechts) in den *Location Allocation Analyse Layer* in ArcGis-PRO (Abb.

65) zeigt einen Screenshot zur Geo-Prozessierung-Anwendung zum Import der benötigten Einrichtungsstandorte (links) und der Bedarfspunkte (rechts) in den bereits erstellten *Location Allocation Analyse Layer* für diese Analyse in ArcGis-PRO.

Anwendungen zum Import der benötigten Einrichtungsstandorte (links) und der Bedarfspunkte (rechts) in den Location Allocation Analyse Layer in ArcGis-PRO

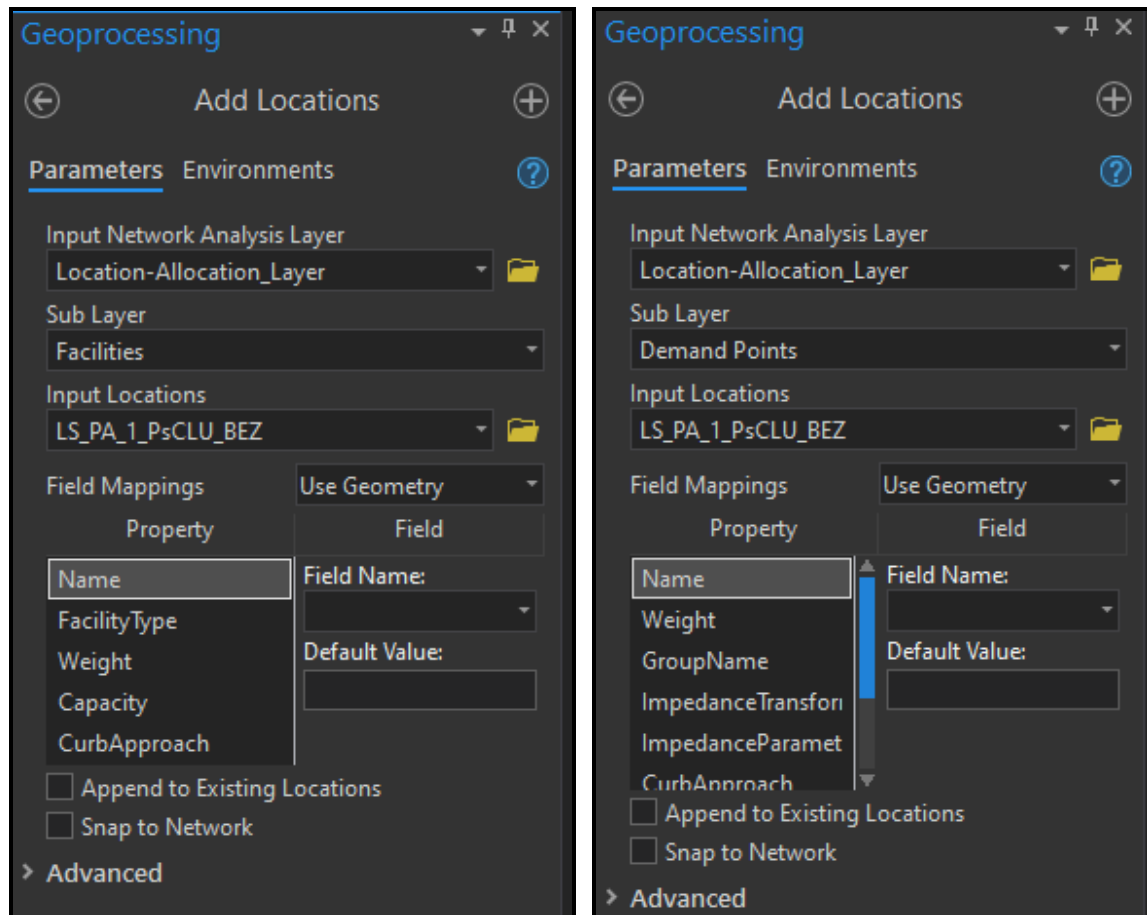


Abb. 65: Anwendungen zum Import der benötigten Einrichtungsstandorte (links) und der Bedarfspunkte (rechts) in den Location Allocation Analyse Layer in ArcGis-PRO, eigene Darstellung, 2021;

Über den Problemtyp **Flächendeckung maximieren** und der dazu benötigten Angabe zu einer Anzahl an Einrichtungsstandorten, über die eine Flächendeckung erreicht werden sollte, konnten Einrichtungsstandorte, durch die eine bestmögliche Flächendeckung bezüglich des Entfernungsparameter von 400 Meter in Form von Gehstrecken zu den Stationen erfüllen, identifiziert werden. Für die maximale Anzahl an Einrichtungen, über die diese Flächendeckung erreicht werden sollte, wurde einmal der Wert **181** (*Ziel 500 LS – 319 bereits Umgesetzte LS*) verwendet, um die genaue Anzahl der noch fehlenden E-Ladestationen auf die forcierten 1000 E-Ladestellen (zwei Ladepunkte je E-Ladestation) der Stadt Wien zu berücksichtigen (vgl. Kap. 2.4). Weiters wurde dieselbe Analyse auch mit einer maximalen Anzahl von **224** Einrichtungen, abgeleitet aus der Anzahl der erhobenen Standortpools aus den insgesamt 3116 technisch- und wirtschaftlich geeigneten

Parkflächen, durchgeführt. Die gleichzeitige Angabe der 3116 Punkte als Einrichtungsstandorte und als Bedarfspunkte erschließt sich aus der Zuordnungslogik der *Location Allocation Analyse*, in der einer Einrichtung der größtmögliche Bedarf innerhalb einer Distanz zugeordnet wird (vgl. Kap. 3.3.2.5). Somit konnten alle geeigneten 3116 Punkte in Konkurrenz zueinander gestellt werden und die Standorte, die geeigneten Parkflächen innerhalb einer Gehstrecke von 400 Meter abdecken, identifiziert werden. Gleichzeitig erfolgte dadurch auch eine Eliminierung der restlichen Standorte. Durch die daraus erhobenen „idealen“ Standorte konnte somit eine bestmögliche Flächendeckung bezüglich der 400 Meter zu den Stationen generiert werden.

Die Darstellung zu den *Parametereinstellungen zur Durchführung der Location Allocation Analysen in ArcGIS-PRO* (Abb. 65) zeigt die Anwendungsoberfläche zur Eingabe der benötigten Anzahlen (181 und 224) an maximalen Einrichtungen, über die eine Maximierung der Flächendeckung erreicht werden soll.

Parametereinstellungen zur Durchführung der Location Allocation Analysen in ArcGIS-PRO

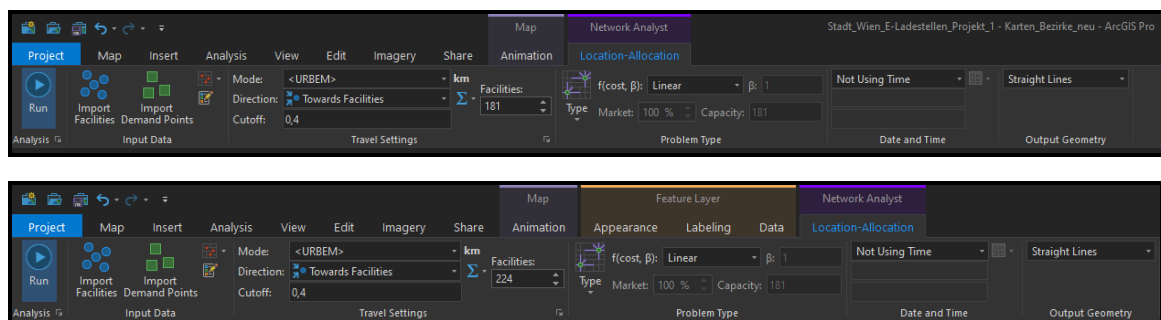


Abb. 66: Parametereinstellungen zur Durchführung der Location Allocation Analysen in ArcGIS-PRO, eigene Darstellung, 2021;

Auf Basis dieser Parameter konnten 181 „ideale“ Standorte (Loc_181_X) für eine maximale Flächendeckung an E-Ladeinfrastruktur, bezüglich einer Erreichbarkeit innerhalb einer Gehdistanz von 400 identifiziert werden. Des Weiteren konnte durch eine wiederholte Anwendung mit denselben Analyseigenschaften und anhand der Eingabe einer Anzahl von 224 Einrichtungen (Loc_224_X), eine maximale und „effizientest mögliche“ Abdeckung bezüglich des Parameters von 400 Meter und der technisch- und wirtschaftlich geeigneten Parkflächen ermittelt werden.

Die *Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 181 erhobenen „idealen“ Standorte* (Abb. 67) zeigt die Verteilung der 181 identifizierten „idealen“ Standorte aus der beschriebenen Location Allocation Analyse zu den 3116 technisch- und wirtschaftlich geeigneten Standorten aus dem LS_PA_1_PsCLU_BEZ Datensatz. Die „idealen“ Standorte sind dabei in Form von roten Punktsignaturen eingezeichnet. Des Weiteren sind in dieser Darstellung auch die bereits bestehenden E-Ladestationen (319 best. E-Ladestandorte) in Form von gelben Punktsignaturen mit den dazugehörigen und bereits abgedeckten Gebieten (EZGB best.

400m) in leicht transparentem gelb ersichtlich. Ebenfalls wurden in dieser Darstellung auch die bebauten- und bewohnten Stadtgebiete (WGKM-Gebiete) in schwarz, die Grenze von Wien in Form von weißen Linien und die Bezirksgrenzen von Wien in weiß-strichlierten Linien dargestellt.

Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 181 erhobenen „idealen“ Standorte

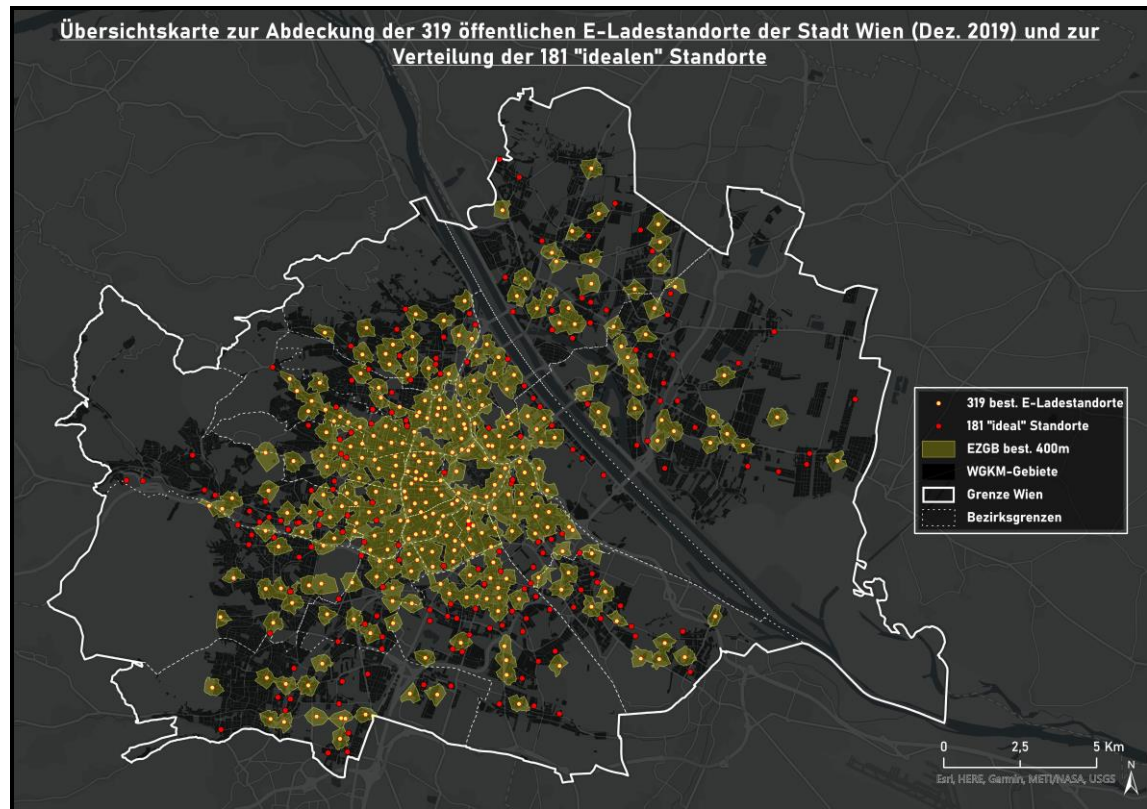


Abb. 67: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 181 erhobenen „idealen“ Standorte, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

Eine weitere Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 224 „effizient möglichen“ Standorte (Abb. 68) zeigt die Verteilung der 224 „effizient möglichen“ Anzahl an Standorten aus der beschriebenen Location Allocation Analyse zur Durchführung anhand einer Anzahl an 224 ausgewählten Standorten. Für diese Darstellung wurden die erhobenen „effizient möglichen“ Standorte in Form von weißen Punktsignaturen dargestellt und die restlichen Kartenelemente in denselben Signaturen, wie in der vorangegangenen Übersichtskarte zu den 181 „idealen“ Standorten.

Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 224 „effizient möglichen“ Standorte

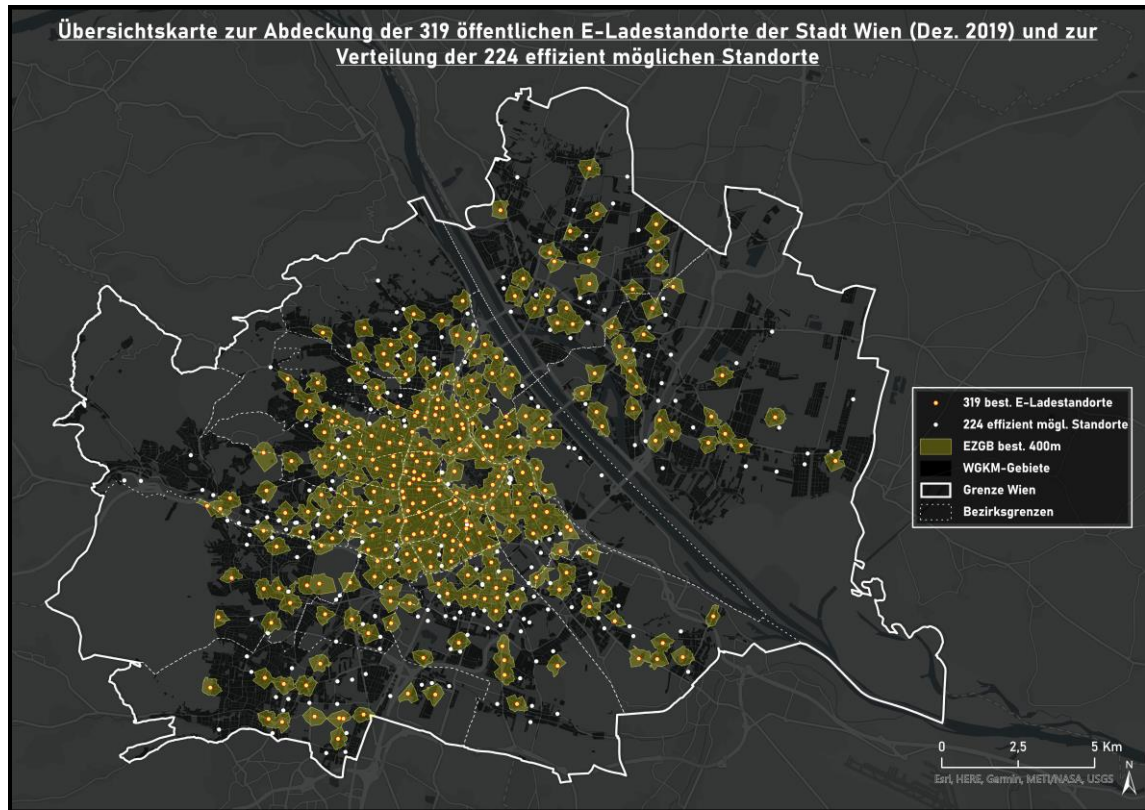


Abb. 68: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019) und zur Verteilung der 224 „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung über ArcGis-PRO, 2021;

5.4.3.2 Kennzeichnung der ausgewählten Standorte

Im Anschluss an die *Location Allocation Analysen* wurden die erhobenen „idealen“ Standorte und die „effizient möglichen“ Standorte im bereits erstellten Shapefile-Layer **LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp** über neu erstellte Spalten zu diesen Informationen gekennzeichnet. Dazu mussten die „idealen“ Standorte und die „effizient möglichen“ Standorte vorerst als eigenständige Shapefile-Dateien aus ArcGis-Pro exportiert werden und in das bereits bestehende Qgis-Projekt zu den vorangegangenen Arbeitsschritten importiert werden. Danach konnten im bereits bestehenden Datensatz **LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp**, jeweils neue Spalten für die Einträge der 181 „idealen“ Standorte (**Loc_181_X**), die 224 „effizient möglichen“ Standorte (**Loc_224_X**) und für die Summen aus diesen beiden Spalten (**Loc_Add**) erstellt werden. Über das Anwendungswerkzeug *Select by Location* wurden die identifizierten Punkte aus den *Location Allocation Analysen* vorerst im **LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp** selektiert und über die Anwendung des *Fieldcalculator*, die benötigten Werte berechnet und eingetragen. Für die Spalten **Loc_181_X** und **Loc_224_X** wurde jeweils die Zahl **1** für die 181 „idealen“

Standorte, die Zahl **2** für die 224 „effizient möglichen“ Standorte und die Zahl **0** für die restlichen Standorte eingetragen. Die Spalte **Loc_Add** diene zur Addition dieser Werte und zum Eintrag der Summen daraus, um identifizierte Standorte aus beiden Analysen (Loc_181_X und Loc_224_X) zu kennzeichnen. Somit ergab sich in dieser Spalte der Wert **3**, wenn dieselben Standorte in beiden Analysen identifiziert wurden und die die Zahl **1** oder **2** für die Standorte, die lediglich in einer der beiden Analysen identifiziert wurde. Für die restlichen Standorte ergab die Summe und der daraus abgeleitete Wert **0**. Somit konnten die identifizierten Standorte aus der *Location Allocation Analyse*, übersichtlich und strukturiert in den bereits bestehenden Datensatz LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp integriert werden. Dieser Datensatz mit den integrierten und erweiterten Informationen wurde anschließend auf den Namen **LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc** umbenannt und für weitere Anwendungen als eigenständige Shapefile-Datei abgespeichert.

Der *Auszug zum Inhalt der Attributtabelle des LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp* (Abb. 69) beinhaltet einen Ausschnitt aus der Attributtabelle des neu benannten und erweiterten Datensatz LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp aus den vorangegangenen Verarbeitungsschritten.

Auszug zum Inhalt der Attributtabelle des LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp

LS_TECH_PA	length	distance	LS_PKL_1_C	ADRESSEN	NAMEK	BEZNR	NAMEG	BEZ	DISTRICT_C	FLAECHE	UMFANG	Loc_181_X	Loc_224_X	Loc_Add
1	35,7500336...	20,0000000...	59	Parkstreifen Stadiongasse	Innere Stadt	1,00000000...	INNERE ST...	01	1010,00000...	2868773,82...	6972,75000...	1	2	3
2	39,8644793...	30,0000000...	32	Parkstreifen Wehlstraße	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	2	3
3	214,397808...	190,000000...	99	Parkstreifen Vorgartenstraße	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	0	1
4	124,279787...	60,0000000...	112	Parkstreifen Vorgartenstraße	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	2	3
5	25,5728098...	5,00000000...	78	Parkstreifen Obere Augartenstraße	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	2	3
6	45,5657053...	25,0000000...	56	Parkstreifen Kleine Stadtgutgasse	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	0	1
7	2,90394622...	0	122	Parkstreifen Ennsgrasse	Leopoldstadt	2,00000000...	LEOPOLDST...	02	1020,00000...	19241995,8...	27093,0800...	1	2	3

Abb. 69: Auszug zum Inhalt der Attributtabelle des LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp in Qgis, 2021;

Abschließend wurden die identifizierten Standorte in den Spalten Loc_181_X und Loc_224_X für die einzelnen Bezirke gezählt und der bereits erstellte Datensatz **POTanalyse_final.shp** (vgl. Kap. 5.4.2) um diese Attributinformationen erweitert. Die Zählung zu den identifizierten Standorten erfolgte wiederum über die Anwendung des Geodatenverarbeitungswerkzeug *Count Points in Polygon* in Qgis.

Auszug aus der erweiterten Attributtabelle des POTanalyse_final.shp

NAMEK	NAMEG	FLAECHE	UMFANG	LP_BEZ	FLAECHE	20_EW_GES	20_AGE_LB	ZL_Summe E	ZL_Pkw	%ePKW_Bez	ePKW_LP	CLU_1	CLU_2	PPKL_1	PPKL_2	LS_Anz_BEZ	C_181_Loc	C_224_Loc
1	Liesing	32061711...	40775...	28	10731649...	103977	89032	923	54543	1,60	32,90	23	30	263	191	14	14	21
2	Donaustadt	10229947...	60227...	44	19380771...	189530	160217	591	84005	0,7	13,40	27	34	341	533	22	20	23
3	Floridsdorf	44443367...	33646...	40	13413256...	160303	136390	278	64556	0,4	6,95	20	34	241	350	20	15	20
4	Brigittenau	5710474...	11659...	22	1557310...	94944	80023	193	24456	0,7	8,77	4	3	42	14	11	3	4
5	Döbling	24943880...	23727...	34	8324886...	70517	61315	351	30752	1,10	10,30	15	14	173	215	17	10	14
6	Währing	6347195...	18058...	18	3370955...	50745	43463	109	18227	0,6	6,06	9	5	140	30	9	6	8

Abb. 70: Auszug aus der erweiterten Attributtabelle des POTanalyse_final.shp in Qgis, 2021;

Der Auszug aus der erweiterten Attributtabelle des *POTanalyse_final.shp* (Abb. 70) zeigt einen Tabellenausschnitt der neu zusammengesetzten Attributtabelle des Shapefile-Datensatz *POTanalyse_final.shp* aus dem zuvor beschriebenen Verarbeitungsprozess. Darin sind die neu hinzugefügten Inhalte aus den Zählungen zu den „idealen“ Standorten (Loc_181_X) und den „effizient möglichen“ Standorten (Loc_224_X) in den letzten beiden Spalten der abgebildeten Attributtabelle abgebildet.

5.4.3.3 Erreichbarkeitsanalysen zu den ausgewählten Standorten

Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019), Erweiterung durch die 181 „idealen“ Standorte und durch die „effizient möglichen“ Standorte

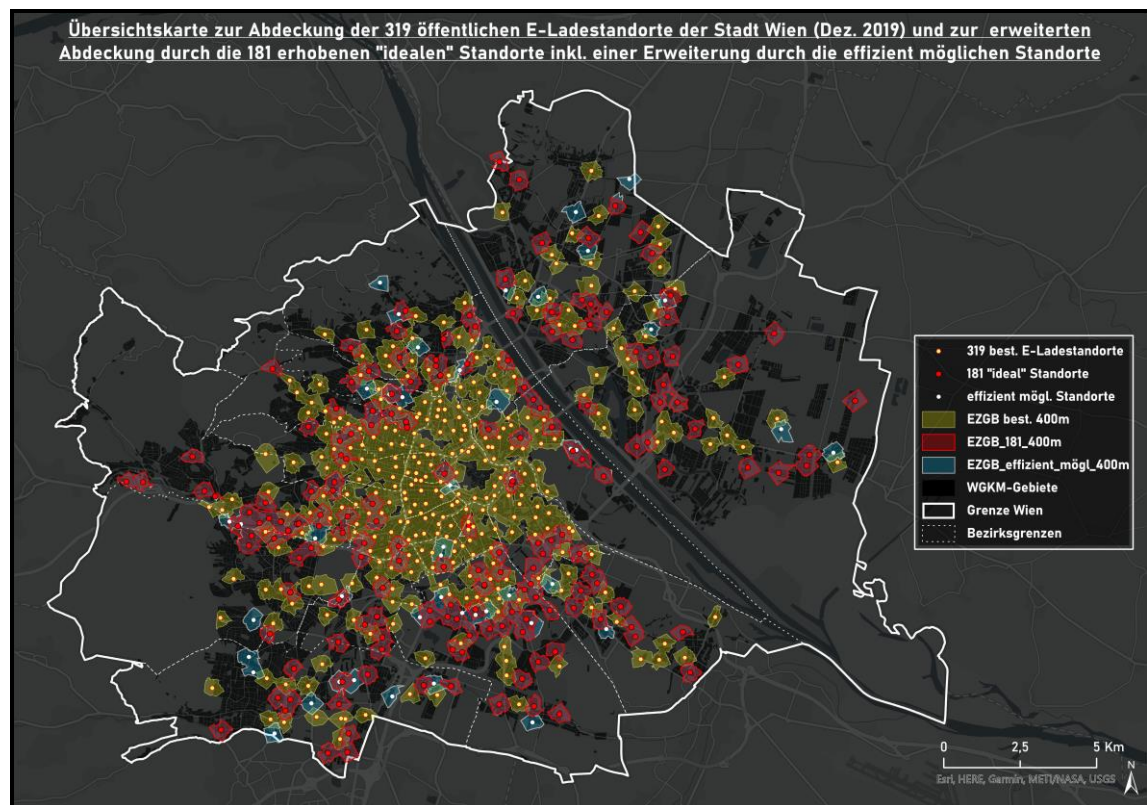


Abb. 71: Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019), Erweiterung durch die 181 „idealen“ Standorte und die „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung in ArcGis-PRO, 2021;

Als erweiterte Analyse zu den resultierenden Punkten (Loc_181_X und Loc_224_X) aus den zuvor durchgeführten *Location Allocation Analysen* wurden abschließend noch Erreichbarkeitsanalysen zu den 181 Punkten und den 224 Punkten durchgeführt. Die Erreichbarkeitsanalyse erfolgte wiederum unter der Angabe der 400 Meter Gehdistanzen zu den E-Ladestationen. Daraus abgeleitet, konnte eine mögliche Abdeckung durch die Positionierung von E-Ladestationen an den identifizierten Standorten visualisiert werden.

In der Übersichtskarte zur Abdeckung der 319 öffentlichen E-Ladestandorte der Stadt Wien (Dez. 2019), zur erweiterten Abdeckung durch die 181 „idealen“ Standorte und einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte (Abb. 71) sind die generierten Einzugsgebiete (400 Meter Gehdistanz zu den Stationen) für die 181 „ideal“ Standorte (rote Punkte) in Form von roten Polygonen ersichtlich und eine Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte (weiße Punkte) in Form von weißen Polygonen mit denselben Distanzeigenschaften ersichtlich. Weiters sind in dieser Darstellung auch die Wohn-, Geschäfts-, Kern- und Mischgebiete (WGKM-Gebiete), die bereits bestehende E-Ladeinfrastruktur samt deren Einzugsgebiete (319 best. E-Ladestandorte und EZGB best. 400m), die Grenze und die Bezirksgrenzen von Wien ersichtlich. Als Referenzkarte wurde hierfür die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet, um die wesentlichen Karteninhalte besser hervorzuheben.

Die generierten Polygone mit den Gehstrecken von 400 Meter zu den Stationen, können somit ebenfalls als erweiterte Planungsgrundlagen für den Ausbau der öffentlichen Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur einfließen.

5.4.3.4 Berechnungen relevanter Durchschnitte und Finalisierung der Analysedatensätze

Die Berechnungen von weiteren relevante Durchschnitten für anschließende Analysezwecke auf Bezirksebene, erfolgten auf Basis des bereits erstellten Datensatz **POTanalyse_final.shp** in Qgis. Als wesentliche Einflußfaktoren wurden bereits die Zulassungszahlen an *rein elektrisch betriebenen PKWs* in den 23 Wiener Bezirken berechnet und der *Kraftfahrzeugbestand* dazu, in diesen Datensatz integriert (vgl. Kap. 5.2.4). Weiters beinhaltet dieser Datensatz die *Anzahlen zu den bestehenden E-Ladestationen* in den einzelnen Bezirken (vgl. Kap. 5.4.2). Zu den genannten Inhalten wurden in diesem Teil der Arbeit die *Anteile an E-PKWs an der Gesamtanzahl der zugelassenen PKWs in den einzelnen Bezirken* und die *Anteile an E-PKWs pro Ladepunkt* in den einzelnen Bezirken berechnet. Zur Umsetzung dieser Berechnungen wurden jeweils neue Spalten erstellt, um die benötigten Anteile über den *Fieldcalculator* zu berechnen. Die Berechnungen zu den *prozentualen Anteilen der E-PKWs an der Gesamtanzahl an zugelassenen PKWs in den einzelnen Bezirken* (%ePKW_Bez) erfolgte über die Eingabe der Formel – (**"ZL_Summe E" * 100**) / **"ZL_Pkw"** – im Fieldcalculator. Die benötigten Werte zu den *E-PKW-Anzahlen pro Ladepunkt in den einzelnen Bezirken* (ePKW_LP) wurden über die Formel – **"ZL_Summe E" / "LP_BEZ"** – berechnet.

In einem weiteren Bearbeitungsschritt zum **POTanalyse_final**-Datensatz wurden auch die Angaben zum *durchschnittlichen Monatsverbrauch (kWh)* der bereits betriebenen E-Ladestationen auf Ebene der einzelnen Bezirke berechnet. Dazu wurde wiederum eine neue Spalte (AL_Sum_Ve) erstellt. Der Datensatz wurde abschließend ein letztes mal strukturiert und abgespeichert, um darauffolgend als Gesamtdatensatz für die Analyseinterpretationen abgespeichert zu werden.

Die Abbildung zum *Inhalt des finalen Datensatz POTanalyse_final.shp* (Abb. 72) zeigt den gesamten Inhalt des erweiterten und neu strukturierten **POTanalyse_final**-Datensatz aus den vorangegangenen Verarbeitungsschritten dazu.

Inhalt des finalen Datensatz POTanalyse_final.shp

Q POTanalyse_final : Features Total: 23, Filtered: 23, Selected: 0

	NAMEK	NAMEG	FLAECHE	UMFANG_LP_BEZ	FLAECHE	20_EW_GES	20_AGE_LB_ZL_Summe	E_ZL_Pkw	%ePKW_Bez	ePKW_LP	CLU_1	CLU_2	PPKL_1	PPKL_2	LS_Anz_BEZ	C_181_Loc	C_224_Loc	PLZ	AL_Sum_Ver
2	Landstraße	LANDSTRASSE	7397739...	13975...	36 2268863...	92628	79552	573 38896	1,40	15,90	9	4	161	24	18	8	8 1030	6697,900	
3	Neubau	NEUBAU	1608248...	53125...	22 1011357...	33490	29109	91 9939	0,9	4,14	0	0	0	0	11	0	0 1070	6658,300	
4	Leopoldstadt	LEOPOLDSTADT	19241995...	27093...	36 2820368...	109816	92488	263 32832	0,8	7,31	11	2	203	17	18	8	8 1020	6140,100	
5	Alsergrund	ALSERGRUND	2967384...	79195...	30 1041328...	43385	37649	103 13599	0,7	3,43	0	1	0	2	15	0	0 1090	4970,500	
6	Josefstadt	JOSEFSTADT	1089945...	41703...	20 6638205...	26619	23249	38 7548	0,5	1,90	1	0	6	0	10	0	0 1080	4967,100	
7	Mariahilf	MARIAHILF	1455043...	59397...	22 8438990...	33240	28871	135 10120	1,30	6,14	0	0	0	0	11	0	0 1060	4964,500	
8	Währing	WÄHRING	6347195...	18058...	18 3370955...	50745	43463	109 18227	0,6	6,06	9	5	140	30	9	6	8 1180	4579,000	
9	Wieden	WIEDEN	1775207...	56342...	20 9554955...	33306	28872	112 12379	0,9	5,60	1	1	3	15	10	1	1 1040	4488,200	
10	Döbling	DÖBLING	24943880...	23727...	34 8324886...	70517	61315	351 30752	1,10	10,30	15	14	173	215	17	10	14 1190	4471,400	
11	Rudolfsheim	RUDOLFSHEIM	3918463...	97131...	24 1922756...	77191	65548	96 21148	0,4	4,00	5	2	71	5	12	4	4 1150	3787,000	
12	Ottakring	OTTAKRING	8673048...	18371...	30 3867413...	105474	89640	84 31950	0,2	2,80	7	6	73	48	15	5	5 1160	3169,700	
13	Margareten	MARGARETEN	2011638...	63422...	18 1136096...	56730	48554	99 15326	0,6	5,50	3	1	12	10	9	1	3 1050	2968,300	
14	Hernals	HERNALS	11396334...	29407...	34 3884726...	57969	49411	80 18365	0,4	2,35	3	5	27	27	17	3	3 1170	2950,100	
15	Brigittenau	BRIGITTENAU	5710474...	11659...	22 1557310...	94944	80023	193 24456	0,7	8,77	4	3	42	14	11	3	4 1200	2524,500	
16	Simmering	SIMMERING	23256373...	23928...	22 4700214...	100743	84829	376 38538	0,9	17,00	14	13	123	193	11	10	12 1110	2421,700	
17	Donaustadt	DONAUSTADT	10229947...	60227...	44 19380771...	189530	160217	591 84005	0,7	13,40	27	34	341	533	22	20	23 1220	2371,100	
18	Meidling	MEIDLING	8103253...	15819...	26 3891590...	96196	81605	148 33215	0,4	5,69	9	10	197	115	13	9	9 1120	2283,800	
19	Favoriten	FAVORITEN	31828556...	28708...	42 8073201...	203359	171066	722 71551	1,00	17,10	36	10	594	133	21	26	32 1100	2241,000	
20	Hietzing	HIETZING	37712618...	29667...	24 7426111...	51182	44733	167 23441	0,7	6,96	10	17	92	110	12	7	8 1130	2204,700	
21	Penzing	PENZING	33760282...	40196...	24 8180188...	88805	76577	137 35217	0,3	5,71	21	11	340	129	12	18	20 1140	1621,400	
22	Floridsdorf	FLORIDSORF	44443367...	33646...	40 13413256...	160303	136390	278 64556	0,4	6,95	20	34	241	350	20	15	20 1210	1613,200	
23	Liesing	LIESING	32061711...	40775...	28 10731649...	103977	89032	923 54543	1,60	32,90	23	30	263	191	14	14	21 1230	1480,400	

Show All Features

Abb. 72: Inhalt des finalen Datensatz *POTanalyse_final.shp*, eigene Darstellung über Qgis, 2021;

6 Zusammenfassung und Ergebnisse

In diesem Teil erfolgt eine Zusammenfassung zu den wesentlichen Inhalten dieser Masterarbeit. Im Zuge dessen werden auch die eingangs gestellten Arbeits- und Kernfragestellungen zu dieser Masterarbeit eingebunden und beantwortet. Durch die Beantwortung der ersten beiden Arbeitsfragen werden wichtige Grundlagen und die wesentlichen Inhalte aus der praktischen Umsetzung zusammengefasst dargelegt. Zur Beantwortung der Kernfragestellungen erfolgt zunächst eine Auflistung der Ergebnisdatensätze und anschließend eine Vorstellung der relevantesten Inhalte daraus, anhand von erstellten Karten, Tabellen und Diagrammen.

Zusammenfassung

Zu Beginn dieser Arbeit erfolgten Recherchen zur Elektromobilität und zu öffentlichen E-Ladeinfrastruktureinrichtungen. Ein wesentlicher Fokus lag dabei auf Anforderungskriterien zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in urbanen Räumen. Im Speziellen wurden dazu auch bereits abgeschlossene Studien zur öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien mitbetrachtet. Dadurch konnten spezifischere Anforderungskriterien bezüglich der Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in der Stadt Wien ermittelt werden und die Fragestellung – ***„Was sind wesentliche Einflussfaktoren bei der Standortauswahl für öffentliche E-Ladestationen in urbanen Räumen und welche zusätzlichen Anforderungen müssen in der Planung für den weiteren Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien berücksichtigt werden?“*** – beantwortet werden (vgl. Kap. 2).

Zusammengefasst können daraus folgende *allgemeine Standortauswahl- und Einflusskriterien* zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in urbanen Räumen stichpunktartig wiedergegeben werden:

- **Platzierung vorwiegend im öffentlichen Straßenraum in bewohnten Stadtgebieten in Kombination mit wirtschaftlich und öffentlich genutzten Flächen:** Einzelhandel, Gastronomie, öffentliche Gebäude, Kinos, Sportstätten, Museen, Freizeit- und Parkanlagen etc. (vgl. Kap. 2.3);
- **wesentliche Nutzergruppen einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur:** Private Haushalte ohne eigene Lademöglichkeit, zusätzliche Nutzung zur privaten Lademöglichkeit, Auswärtige Personen mit längeren Anfahrtswegen (Pendlerströme), Wirtschaftsunternehmen mit zusätzlicher Nutzung zu eigenen Ladestationen (vgl. Kap. 2.3);
- **Themengebiete zur Nutzung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur:** Deckung von täglichen Bedürfnissen, reisespezifischen Bedürfnisse, Anlaufstellen in dringenden Situationen, touristische Attraktionen und Freizeitangebote (vgl. Kap. 2.3);
- **E-PKW Zulassungszahlen und E-PKW Pendlerverhalten** (vgl. Kap. 2.3);

Die Umsetzung des Projektes *Öffentliche E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien – Ausbau 2020 (Projektphase 3)* beruht auf Grundlage einer Ausschreibung der Stadt Wien und wurde im Rahmen dessen, über einen Dienstleistungskonzessionsvertrages für den Bau und den Betrieb im öffentlichen Raum, der *Fa. Wien Energie GmbH* übertragen. Im Wesentlichen beinhaltet dieser Vertrag die Schaffung einer öffentlichen Basis-Ladeinfrastruktur für E-PKWs. Die Errichtung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur ergab sich aus dem Hintergrund einer zukünftig prognostizierten Steigerung an zugelassenen E-PKWs. Für die Errichtung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien wurden *technisch- und wirtschaftliche Standort- und Anforderungskriterien im engeren Sinne* festgelegt (vgl. Kap 2.4). Diese Kriterien können wie folgt zusammengefasst werden:

- **kosteneffiziente Herstellung der Stromversorgung zum Betrieb von E-Ladestationen:** *kurze Leitungswege, freie Stromleitungen, wenig ausgelastete Kabel, geringe Grabungs- und Wiederherstellungskosten* (vgl. Kap. 2.4)
- **Platzierung an strategisch sinnvollen Punkten:** *vordergründlich öffentliche Parkplätze (-streifen) direkt an Straßen auf Gehsteigflächen oder direkt auf den Parkflächen* (vgl. Kap. 2.4)
- **Errichtung einer flächendeckenden E-Ladeinfrastruktur durch die Errichtung von insgesamt 500 E-Ladestationen (1000 Ladepunkte) in bebauten Stadtgebieten bis Ende 2020:** *Richtwert maximal 400 Meter Gehdistanz bis zur nächsten öffentlichen Stadt Wien E-Ladestation* (vgl. Kap. 2.4)

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse zu den allgemeinen Anforderungskriterien und den spezifischeren Vorgaben der Stadt Wien, konnte die zweite Arbeitsfrage – **„Welche Datensätze eignen sich zur Durchführung dieser Analyse, wie sollen diese aufbereitet werden und welche Probleme können sich dabei ergeben?“** – ausgearbeitet werden.

Die Umsetzung zur GIS-basierten Standort- und Potenzialanalyse erforderte die Auswahl von geeigneten Standorterhebungsmethoden, sowie den Einsatz von geeigneten Softwareprodukten. Im Kapitel 3 wurden *GIS-spezifische Grundlagen, Methoden und Softwareprodukte* im Allgemeinen vorgestellt und ein besonderer Schwerpunkt auf *Netzwerkanalysen und Anwendungswerkzeuge des Network Analyst Toolsets* in der GIS-Software *ArcGis-PRO* gelegt. Das *Geodaten-Management-Werkzeug FME* und allgemeine räumliche Analysefunktionen samt der Ermittlung von Standortpotenzialen in GIS wurden dabei ebenso behandelt (vgl. Kap. 3). Im Kapitel 4 erfolgte eine Beschreibung zur Auswahl geeigneter Softwareprodukte und Datensätze (vgl. Kap. 4). Für das Untersuchungsgebiet – *die Stadt Wien* – konnte dabei festgestellt werden, dass hierfür sehr viele qualitativ gute Datensätze auf diversen Onlineportalen kostenlos zur Verfügung stehen. Für diese Arbeit wurden vordergründlich Daten von der *offenen österreichischen Regierungsdatenplattform OGD* (www.data.gv.at) bezogen (vgl. Kap. 4.3.1). Weitere grundlegende und größtenteils nicht öffentlich zugängliche Datensätze wurden von der *Wien Energie GmbH* bereitgestellt (vgl. Kap. 4.3.3). Eine genaue Auflistung zu den verwendeten ist in der *Tabelle 3*:

Auflistung zu den analyserelevanten Datensätzen in dieser Arbeit ersichtlich (vgl. Kap. 4.3 S.48). Als geeignete Softwareprodukte für die praktische Umsetzung wurden die GIS-Softwareprodukte *Qgis* für Dateninspektionen, Datenaufbereitungs- und weiterverarbeitungsschritte und *ArcGis-PRO* für erweiterte Netzwerkanalysen verwendet (vgl. Kap. 3.1.2). Das *Geodaten-Management-Werkzeug FME* (vgl. Kap. 3.1.3) wurde für komplexere und aufwendigere Datenverarbeitungsprozesse gewählt. Eine ausführliche Beschreibung zur Auswahl der verwendeten Softwareprodukte und den verwendeten Datensätzen samt den genauen Quellenangaben sind im Kapitel 4 zur *Softwarewahl und Datenbasis* (vgl. Kap. 4) ersichtlich.

Die vorangestellte Frage bezüglich geeigneter Datensätze und möglichen Problemstellungen in den einzelnen Verarbeitungsschritten konnte durch die beschriebenen Inhalte nur teilweise beantwortet werden, da mögliche Problemstellungen und eine endgültige Eignung von bestimmten Datensätzen erst während den Verarbeitungsprozessen dazu festgestellt werden konnten. Erkenntnisse dazu werden daher an gegebenen Stellen im weiteren Verlauf dieser Zusammenfassung beschrieben.

Nach der theoretischen Aufbereitung rund um die Thematik Elektromobilität und E-Ladeinfrastruktur, der Auswahl geeigneter Datensätze und Softwareprodukte konnte der Fokus auf das Hauptziel dieser Masterarbeit gelegt werden. Dieses bestand im Wesentlichen in der *Identifizierung von potenziell geeigneten Standorten zum weiteren Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien* (vgl. Kap. 1.3).

Beginnend in der praktischen Umsetzung mussten vorerst alle Datensätze inhaltlich genauer überprüft und analysekonform aufbereitet werden. Im Zuge dieser Dateninspektionen erfolgten Neustrukturierungen und Berechnungen zu weiteren benötigten Inhalten der vorliegenden Tabellen- und Geodatenansätzen (vgl. Kap. 5.2). Die Tabellendatenansätze wurden über das Tabellenkalkulationsprogramm *Microsoft Excel* vorab bearbeitet, um bereits in vorstrukturierter Form und als CSV-Tabellen in ein GIS überführt zu werden. Die Überprüfung und Aufbereitung der benötigten Geodatenansätze erfolgte vorwiegend über die GIS-Software *Qgis*. Darin wurden die Geodatenansätze auf deren genauen Inhalt und Vollständigkeit überprüft, gefiltert, editiert und benötigte Verknüpfungen zu den vorstrukturierten Tabellendatenansätzen erstellt (vgl. Kap. 5.2). Als Beispiel kann hierbei die Erstellung eines gemeinsamen Shapefile-Datenansatzes – *LS_best_final.shp* – zu den bereits umgesetzten E-Ladestationen (Stand Dez. 2019) und den erhaltenen Auslastungszahlen zu diesen Stationen genannt werden (vgl. Kap. 5.2.3).

Die Durchführung benötigter Netzwerkanalysen erfolgte über die GIS-Software *ArcGis-PRO*. Beginnend wurde dabei eine *Einzugsgebiete-Analyse* zu den bereits bestehenden öffentlichen E-Ladestandorten der Stadt Wien durchgeführt. Dadurch konnten die, bereits mit öffentlicher E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Stadtgebiete von Wien, erhoben werden. Die Generierung der Einzugsgebiete erfolgte über einen vorgegebenen Distanzparameter von 400 Meter in Form von Gehstrecken zu den bestehenden E-Ladestationen (vgl. Kap. 2.4). Die generierten Einzugsgebiete in Form von Polygonen konnten somit für die

Erhebung von geeigneten Standortgebieten außerhalb dieser Bereiche verwendet werden (vgl. Kap. 5.3.1).

Zur Erhebung von *technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen*, außerhalb der bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Stadtgebiete, erfolgte die Erstellung einer Datenverarbeitungsprozesskette über die Software *FME*. Diese Erhebungsmethode wurde aufgrund der Vielzahl an benötigten und teilweise wiederkehrenden Verarbeitungsschritten mit unterschiedlichen Geodatenverarbeitungs-Werkzeugen bestimmt. Abgeleitet aus den wesentlichen Anforderungskriterien zur Positionierung von öffentlichen E-Ladestationen in der Stadt Wien konnten folgende Bedingungen für die Erhebung der benötigten Flächen definiert werden:

- die Verkehrsflächen müssen öffentliche Parkplätze entlang von Straßen (keine Autobahnen oder höherrangige Straßen) sein (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen dürfen nicht als Anrainerparkplätze oder Taxistandflächen ausgewiesen sein (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen sollen außerhalb der bereits mit E-Ladeinfrastruktur abgedeckten Gebiete (400 Meter Gehdistanz) liegen (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen sollen innerhalb bebauter Stadtgebiete mit einer vorwiegenden Wohnnutzung liegen (vgl. Kap. 2.4);
- die Flächen müssen innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von ca. fünf bis sechs Meter zu ausreichend Stromnetzkapazitäten (freie Leitungen) liegen (vgl. Kap. 2.4);

Über eine schrittweise Einbindung der benötigten Datensätze (Parkstreifen, Kurzparkstreifen, Anrainerparken, Stromnetzdaten, etc.) in die Prozesskette konnten diese Bedingungen berücksichtigt werden (vgl. Kap. 5.3.2.1). Als Ausgangs- und Basisdatensatz für diese Prozesskette wurde der umfangreichste Datensatz zu Verkehrslinienelementen – *B-GIP Network = Basisnetz* (vgl. Kap. 4.3.1) – verwendet.

Zur Recherche von frei verfügbaren Datensätzen mit allen öffentlichen Parkstreifen entlang von Straßen, kann an dieser Stelle angemerkt werden, dass dazu zwei gut geeignete Liniendatensätze gefunden werden konnten. Einerseits der weniger umfangreichere Liniendatensatz (*KURZPARKSTREIFENOGD.shp*) zu den *Kurzparkstreifen* der Stadt Wien und andererseits die gefilterten *Parkstreifen* (*BASETYPE* = 8) aus den Nutzungsstreifen (*LINEARUSE_OGD*) im Geopackage-Datensatz *B-GIP Network: Basisnetz*, durch die ein Großteil an relevanten Parkstreifen abgebildet werden konnten. Durch eine Kombination der genannten Shapefile-Datensätze konnten öffentliche Parkstreifen entlang von Straßen in Wien sehr gut abgebildet werden. Ein Datensatz, der alle öffentlichen Parkstreifen in Form von Liniensegmenten oder Punkten beinhaltet, konnte nach ausgiebigen Recherchen nicht gefunden werden. Aufgrund dieser Tatsache

wurde eine zusätzliche Erhebungsmethode zu Verkehrsflächen mit einer möglichen Parknutzung entlang von Straßen, außerhalb der bereits durch die genannten Parkstreifendatensätze abgedeckten Gebiete, durchgeführt. Diese Erhebung erfolgte auf Grundlage der Nutzungstreifen (LINEARUSE_OGD) *Fahrbahnlinien* (BASETYPE = 1) im Geopackage-Datensatz *B-GIP Network: Basisnetz* über einen parallellaufenden Strang in der *FME*-Prozesskette.

Die Ausgabe der Liniensegmente aus den Erhebungen zu den geeigneten Verkehrsflächen über die *FME*-Prozesskette, erfolgte anhand von zwei Datensätzen zu zwei unterschiedliche Klassen (1 und 2) an erhobenen Liniensegmenten (vgl. Kap. 5.3).

Ein Datensatz zu den **Klasse 1 Standorten** mit beinhaltenden Liniensegmenten, die sich innerhalb einer wirtschaftlichen Grabungsdistanz von sechs Meter zu freien Stromnetzkapazitäten befinden, die im näheren Umkreis zu bewohnten Stadtgebieten liegen und öffentliche Parkstreifen entlang von Straßen sind – und – ein Datensatz zu den **Klasse 2 Standorten** mit Fahrbahnbegrenzungslinien, die denselben Bedingungen unterliegen, jedoch nicht im Datensatz zu den *Klasse 1 Standorten* enthalten sind und der Hinzunahme einer zusätzlichen Stütze (Bsp. Orthophoto etc.) zur tatsächlichen Interpretation bezüglich der genauen Nutzung dieser Flächen bedürfen (vgl. Kap. 5.3.2).

Aus den beiden Liniendatensätzen (Klasse 1 und 2) wurden in weiterer Folge über die GIS-Software *Qgis*, Punkte mit Abständen von fünf Meter (angenommene Parkflächenlänge) generiert. Dabei ergab sich eine Anzahl von insgesamt **3116 Klasse 1 Standorten** und eine Anzahl von **2161 Klasse 2 Standorten** (vgl. Kap. 5.3.3.2). Die erhaltenen Punkte konnten somit über eine Clusterung zu sogenannten *Standortpools* mit *Klasse 1* und *Klasse 2 Standorten* zusammengefasst werden. Für die 3116 *Klasse 1 Standorte* ergab sich eine Anzahl von **224 Standortpools** und für die 2161 *Klasse 2 Standorte* eine Anzahl von **198 Standortpools** (vgl. Kap. 5.3.3.3).

Weiters konnten durch die generierten Punkte anstatt von Linien auch *Location-Allocation-Analysen* zu den erhobenen *Parkflächen* durchgeführt werden. Durch die erhobene Anzahl an **224 Cluster** für die *Klasse 1 Standorte* ergab sich eine gute Abschätzung zu einer benötigten Anzahl an E-Ladestandorten, um eine „effizient mögliche“ Flächendeckung bezüglich der 400 Meter Gehdistanzen zu erreichen. Dadurch konnte der *Location-Allocation-Analyse-Problemtyp*: „Maximierung der Flächendeckung“ (vgl. Kap. 3.3.2.5) angewendet werden. Insgesamt wurden zwei *Location-Allocation-Analysen* über die GIS-Software *Arc-Gis-PRO* durchgeführt. Eine *Analyse* zur Generierung eines „idealen“ Verteilungsmusters anhand der noch fehlenden Anzahl von **181 E-Ladestationen**, um auf die forcierten 500 E-Ladestationen der Stadt Wien zu kommen und eine weitere *Analyse*, anhand der erhobenen Clusteranzahl von **224**, um eine „effizient mögliche“ Flächendeckung anhand dieser Stückzahl zu generieren. Nach der Durchführung der genannten *Location-Allocation-Analysen* wurden die ausgewählten 181 und 224 Standorte im Datensatz zu den 3116 *Klasse 1 Standorten* gekennzeichnet und als eigenständiger Datensatz (*LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp*) abgespeichert (vgl. Kap. 5.4.3.2). Abschließend wurden zu den ausgewählten 181 und 224 Standorten auch noch *Einzugsgebiete* anhand der vorgegebenen 400 Meter Gehdistanzen generiert, um eine

mögliche Abdeckung der Stadtgebiete durch diese Standorte zu visualisieren (vgl. Kap. 5.4.3.3).

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass zu den *Klasse 2 Standorten* **keine** *Location-Allocation-Analysen* durchgeführt wurden, da diese aufgrund der zugrundeliegenden Basisdaten (*Fahrbahnstreifen*), einer zusätzlichen Interpretation zum tatsächlichen Nutzen dieser Flächen bedürften und sich daher zu große Unschärfen in der Gesamtanalyse ergeben hätten (vgl. Kap. 5.4.3.1).

Im Zuge der gesamten praktischen Umsetzung (vgl. Kap. 5) wurde auch ein Gesamtdatensatz (*POTanalyse_final.shp*) mit allen relevanten Inhalten auf Bezirksebene von Wien angelegt. Dieser Datensatz wurde im Laufe der Datenverarbeitungsprozesse fortlaufend erweitert. Beispielsweise wurden darin die Anzahlen der E-Ladestationen, der E-Ladepunkte, der erhobenen geeigneten Standorte, sowie auch die E-PKW Neuzulassungszahlen und die Verbrauchswerte bereits betriebener E-Ladestationen etc. auf Ebene der 23 Wiener Gemeindebezirke berechnet. Ebenso erfolgten darin Berechnungen zum E-PKW-Anteil je E-Ladestation und pro Bezirk, sowie Eintragungen zu EinwohnerInnenzahlen etc. auf Bezirksebene (vgl. Kap. 5.4.3.4).

Insgesamt ergaben sich sechs relevante Ergebnisdatensätze aus den *GIS-basierten Verarbeitungs- und Analyseprozessen* (vgl. Kap. 5):

- ❖ **LS_best_final.shp** (bestehende E-Ladestationen und Auslastungszahlen) (vgl. Kap. 5.2.3)
- ❖ **LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp** (technisch- und wirtschaftlich geeignete Standorte der Klasse 1) (vgl. Kap. 5.3.3.4)
- ❖ **LS_PA_2_PsCLU_BEZ.shp** (technisch- und wirtschaftlich geeignete Standorte der Klasse 2) (vgl. Kap. 5.3.3.4)
- ❖ **LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp** (technisch- und wirtschaftlich geeignete Standorte der Klasse 1, Kennzeichnung der ausgewählten „*ideal*“- und „*effizient möglichen*“ Standorte, Lageinformationen und Längenangaben zu den Parkstreifen) (vgl. Kap. 5.4.3.2)
- ❖ **Erreichbarkeits-Analysen** (400 Meter Gehstrecken zu den bestehenden E-Ladestationen und den ausgewählten Standorten aus den *Location-Allocation-Analysen*) (vgl. Kap. 5)
- ❖ **POTanalyse_final.shp** (vgl. Kap. 5.4.3.2)

Nachfolgend werden wesentliche Inhalte aus den Ergebnisdatensätzen bezüglich deren Anwendung in der Planung genauer vorgestellt. Im Zuge dessen werden auch die Kernfragestellungen – „**Wo befinden sich bereits erfolgreiche Standorte (hohe Auslastung), und wo befinden sich weniger erfolgreiche Standorte (niedrige Auslastung) und welche Potenziale für weitere Standorte können daraus abgeleitet werden?**“ – und – „**Wo befinden sich potenziell geeignete Flächen, die den Kriterien zum weiteren Ausbau**

der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien bestmöglich entsprechen?“ – beantwortet.

Analyseergebnisse und -interpretationen

Auswertungstabelle zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen auf Ebene der Bezirke im Februar 2020

PLZ, Bezirksnamen	E-Ladestationen (Dez. 2019)	Ladepunkte	Zulassung E-PKW	Verbrauch (kWh)	E-PKW je Ladepunkt
1010, Innere Stadt	11	22	913	9713	42
1030, Landstraße	18	36	573	6698	16
1070, Neubau	11	22	91	6658	4
1020, Leopoldstadt	18	36	263	6140	7
1090, Alsergrund	15	30	103	4970	3
1080, Josefstadt	10	20	38	4967	2
1060, Mariahilf	11	22	135	4964	6
1180, Währing	9	18	109	4579	6
1040, Wieden	10	20	112	4488	6
1190, Döbling	17	34	351	4471	10
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	12	24	96	3787	4
1160, Ottakring	15	30	84	3170	3
1050, Margareten	9	18	99	2968	6
1170, Hernals	17	34	80	2950	2
1200, Brigittenau	11	22	193	2524	9
1110, Simmering	11	22	376	2422	17
1220, Donaustadt	22	44	591	2371	13
1120, Meidling	13	26	148	2284	6
1100, Favoriten	21	42	722	2241	17
1130, Hietzing	12	24	167	2205	7
1140, Penzing	12	24	137	1621	6
1210, Floridsdorf	20	40	278	1613	7
1230, Liesing	14	28	923	1480	33
Gesamt	319	638	6582	89284	232

Tab. 12: Auswertungstabelle zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen auf Ebene der Bezirke im Februar 2020, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;

Die *Auswertungstabelle zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen auf Ebene der Bezirke im Februar 2020* (Tab. 12) zeigt eine graphisch aufbereitete Tabelle zu ausgewählten Inhalten aus dem Gesamtdatensatz *POTanalyse_final.shp*. In der Tabelle wurden die Anzahlen der Ladepunkte, der berechneten E-PKW Zulassungszahlen, die berechneten Werte zu den E-PKW je Ladepunkt und die Verbrauchswerte (kWh) aus dem Monat Februar 2020 pro Bezirk dargestellt. Um einen besseren Effekt bezüglich der Lesbarkeit zu erzielen, wurden zu den jeweiligen Werten zusätzlich noch Datenbalken mitvisualisiert. Die Anordnung der Zeilen erfolgte anhand der beinhaltenden Werte zur Spalte – **Verbrauch (kWh)** – beginnend vom höchsten Wert (9713 kWh) in der ersten Zeile, absteigend bis hin zum niedrigsten Wert (1480 kWh) in der letzten Zeile. Durch diese Darstellungsform konnte ein guter Überblick zu den *Ladestationen* und deren *Stromverbrauchswerten*, der vorhandenen *Anzahlen an zugelassenen E-PKWs* und deren *Anteile je Ladepunkte* auf Ebene der Bezirke gegeben werden. Über diese Tabelle konnte festgestellt werden, dass eine hohe Anzahl an zugelassenen E-PKWs nicht gleich eine höhere Auslastung an den E-Ladestationen, summiert auf die jeweiligen Bezirke, bedeutet

und im umgekehrten Sinne, eine geringere Anzahl an zugelassenen E-PKWs auch nicht zwingend eine geringere Auslastung in den jeweiligen Bezirken nach sich zieht.

Zur bessere Übersicht der Verbrauchswerte und deren Verteilung über die zu diesem Zeitpunkt bereits betriebene E-Ladeinfrastruktur, wurde eine Karte als zusätzliche Interpretationsstütze zur zuvor vorgestellten Tabelle (vgl. Tab. 12) erstellt. Die *Heatmap zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen im Februar 2020* (Abb. 73) beinhaltet die Stromverbrauchswerte je E-Ladestation des Monats Februar 2020 in kWh. Die Verbrauchswerte beziehen sich hierbei auf die bereits umgesetzten 319 E-Ladestationen aus den *Projektphasen 1* und 2 mit Stand Dezember 2019. Die Darstellung erfolgte anhand von gewichteten Stromverbrauchszahlen in kWh zu den jeweiligen E-Ladestationen. Als Kartengrundlage wurde die weltweite Grundkarte mit dunkelgrauem Hintergrund von ESRI verwendet. Dadurch konnten die Verbrauchswerte (blau-rot-gelb), verteilt über die bebauten und bewohnten Stadtgebiete (WGKM-Gebiete) gegenüber den restlichen Kartenelementen, besser hervorgehoben werden. Weiters wurden in dieser Karte auch die Zählbezirksgrenzen und die Bezirksgrenzen samt den Bezirksnummern mitabgebildet.

Heatmap zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen im Februar 2020

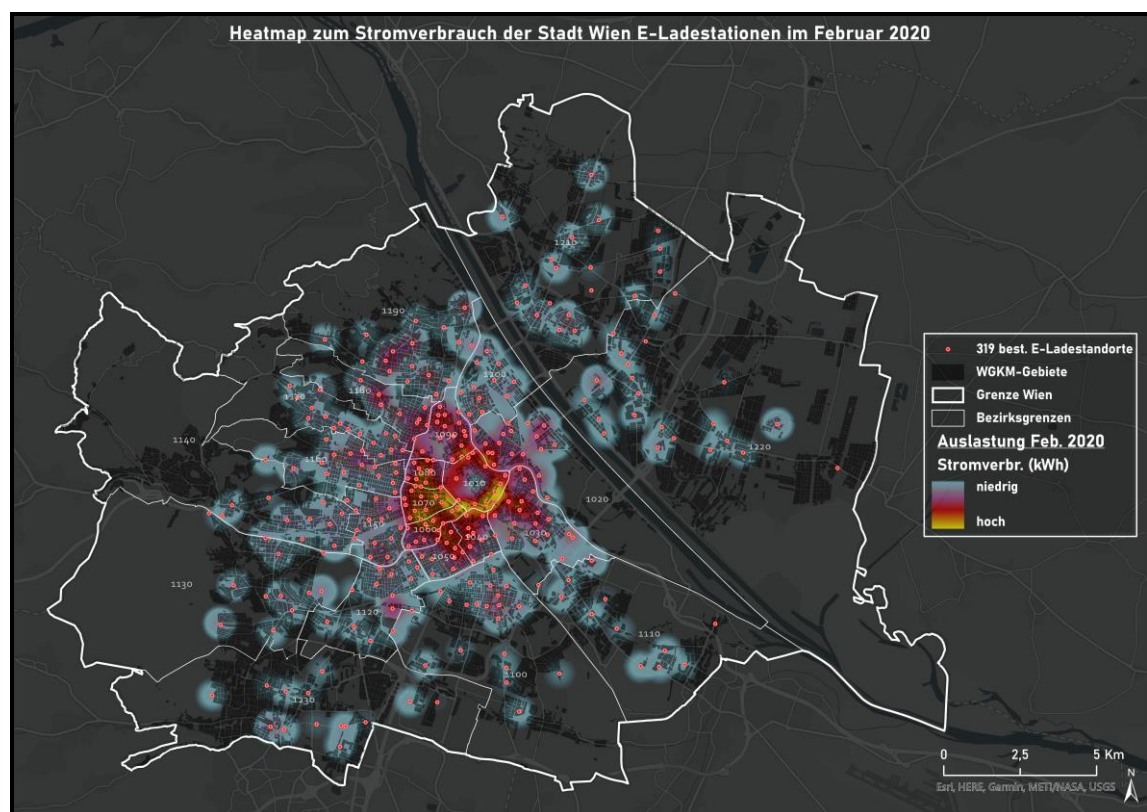


Abb. 73: Heatmap zum Stromverbrauch der Stadt Wien E-Ladestationen im Februar 2020, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Durch diese Darstellungsform können beispielsweise Stadtgebiete mit höher ausgelasteten E-Ladestationen (gelb-dunkelrot) einfach identifiziert werden. Solche Gebiete sind hierbei vermehrt in den inneren Bezirken rund um den ersten Bezirk zu finden. Ebenso ist eine Verringerung der Verbrauchszahlen (hellblau-leichthellblau-transparent) in Richtung der äußeren Bezirke wahrnehmbar. Weiters können bei genauerer Betrachtung dieser Darstellung, verstreut höhere Werte (lila) in den westlich-südwestlich gelegenen äußeren Bezirken von Wien festgestellt werden. Bei E-Ladestandorten, zu denen lediglich die roten Punktsignaturen für die Kennzeichnung der Standorte ersichtlich sind, wurden innerhalb des zugrundeliegenden Betrachtungszeitraumes (Feb. 2020) noch keine Ladungen vorgenommen.

Auswertungstabelle zu den technisch- und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen zur Erweiterung der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien

PLZ, Bezirksnamen	Anzahl best. 319 E-Ladestationen (Dez. 2019)	"ideal" Standorte (KL. 1)	"effizient mögliche" Standorte (KL. 1)	Diff. Standorte_181_224 (KL. 1)	Cluster tech. geeig. Standorte (KL. 1)	tech. geeig. Standorte (KL. 1)	Cluster tech. geeig. Standorte (KL. 2)	tech. geeig. Standorte (KL. 2)
1100. Favoriten	21	28	35	7	36	594	10	133
1140. Penzing	12	20	23	3	20	340	10	129
1220. Donaustadt	22	20	23	3	27	341	33	533
1210. Floridsdorf	20	17	22	5	20	241	33	350
1230. Liesing	14	14	21	7	23	263	30	191
1190. Döbling	17	12	16	4	15	173	14	215
1110. Simmering	11	10	12	2	13	123	13	193
1120. Meidling	13	10	11	1	9	197	9	115
1030. Landstraße	18	9	11	2	9	161	4	24
1020. Leopoldstadt	18	8	9	1	11	203	2	17
1130. Hietzing	12	7	8	1	8	92	16	110
1180. Währing	9	7	9	2	9	140	5	30
1160. Ottakring	15	6	6	0	7	73	6	48
1150. Rudolfsheim-Fünfhaus	12	4	4	0	4	71	2	5
1170. Hernals	17	3	3	0	3	27	5	27
1200. Brigittenau	11	3	4	1	4	42	3	14
1010. Innere Stadt	11	1	3	2	2	14	0	0
1040. Wieden	10	1	1	0	1	3	1	15
1050. Margareten	9	1	3	2	3	12	1	10
1060. Mariahilf	11	0	0	0	0	0	0	0
1070. Neubau	11	0	0	0	0	0	0	0
1080. Josefstadt	10	0	0	0	0	6	0	0
1090. Alsergrund	15	0	0	0	0	0	1	2
Gesamt	319	181	224	43	224	3116	198	2161

Tab. 13: Auswertungstabelle zu den technisch und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen zur Erweiterung der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;

Die *Auswertungstabelle zu den technisch und wirtschaftlich geeigneten Verkehrsflächen zur Erweiterung der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien* (Tab. 13) beinhaltet alle relevanten Inhalte aus dem erstellten Gesamtdatensatz *POTanalyse_final.shp*. In dieser Tabelle wurden alle ermittelten Werte zur Anzahl der erhobenen Standorte der *Klassen 1* und *2*, verteilt auf die einzelnen Bezirke dargestellt. Die Anzahlen der bereits bestehenden E-Ladestationen wurden dabei zusätzlich mit roten, die Werte zu den 181 „ideal“ Standorten mit blauen und die Werteangaben zu den „effizient möglichen“ Standorten mit gelben Datenbalken je Bezirk dargestellt. Die Anordnung der Zeilen in dieser Tabelle erfolgte auf Basis der Werte zu den „ideal“ Standorten, beginnend mit dem höchsten Wert in der ersten Zeile, absteigend bis zum niedrigsten Wert in der letzten Zeile. Durch eine zusätzliche Visualisierung der Datenbalken, wurde der wesentliche Fokus auf diese Inhalte gelegt. Die nachfolgende Interpretation erfolgte am Beispiel der ersten Zeile in dieser

Auswertungstabelle (10. Bezirk) und dient als repräsentative Beispielsbeschreibung zur Interpretation der Tabelleninhalte.

Der Bezirk *1100 Wien, Favoriten* beinhaltet eine Anzahl von 21 bestehende E-Ladestationen, eine Zuordnung von 28 „ideal“ und eine Zuordnung 35 „effizient möglichen“ Standorten der Klasse 1. Über die Spalte **Diff. Standorte_181_224 (KL. 1)** wurden die Differenzsummen zwischen den „ideal“- und „effizient möglichen“ Standorten abgebildet. In diesem Beispiel ergab sich eine Differenzanzahl von **sieben** Standorten. Die Spalte **Cluster tech. geeig. Standorte (KL.1)** beinhaltet die Anzahlen zu den erhobenen Standortpools aus der Clusterung und die Spalte **tech. geeig. Standorte (KL. 1)** gibt die Anzahlen zu den jeweils enthaltenen Standorten in den Standortpools wieder. In diesem Bezirk wurden **594** Standorte der Klasse 1 auf **35** Standortpools (Cluster) zusammengefasst. In den beiden letzten Spalten **Cluster tech. geeig. Standorte (KL.2)** und **tech. geeig. Standorten (KL.2)** wurden die zusätzlich erhobenen Alternativstandorte der Klasse 2 dargestellt.

Anzahl der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez 2019) und der erhobenen 181 „ideal“ Standorte (KL. 1) zur Erweiterung in den Bezirken

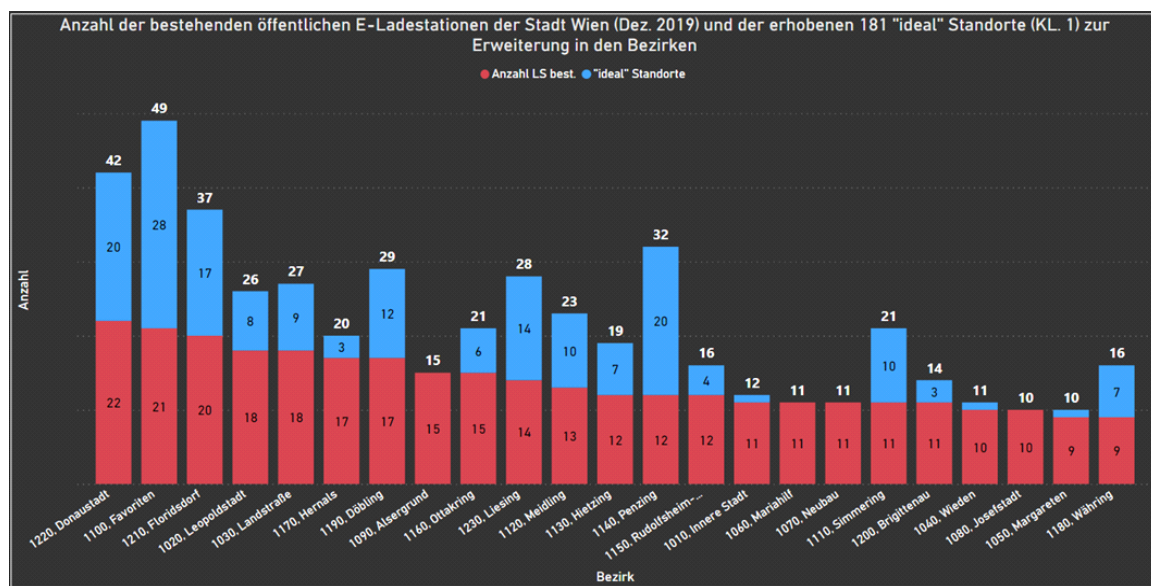


Abb. 74: Säulendiagramm zur Anzahl der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez 2019) und der erhobenen 181 „ideal“ Standorte (KL. 1) zur Erweiterung in den Bezirken, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;

Das erstellte Säulendiagramm zur *Anzahl der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez 2019) und der erhobenen 181 „ideal“ Standorte (KL. 1) zur Erweiterung in den Bezirken* (Abb. 74) beinhaltet die Anzahlen der bereits bestehenden 319 E-Ladestationen (rot) und die Anzahlen der 181 erhobenen „ideal“ Standorten (blau) aus der zuvor präsentierten Auswertungstabelle (vgl. Tab. 13). Die Zahlenwerte zu den Anzahlen der Standorte wurden hierbei in schwarzer Schriftfarbe innerhalb der Säulen dargestellt. Weiters wurden die addierten Gesamtsummen daraus in weißer Schriftfarbe, über den einzelnen Balken abgebildet. Die Anordnung der Säulen in diesem Diagramm erfolgte über

die Werte zu den Anzahlen der bestehenden E-Ladestationen (rote Säulen) von links beginnend mit dem höchsten Wert, abfallend nach rechts bis zu dem Bezirk mit der niedrigsten Anzahl. Am Beispiel für den Bezirk Wien Donaustadt (1220, *Donaustadt*) zeigt das Diagramm eine Anzahl von 22 bestehenden E-Ladestationen und eine Anzahl von 20 erhobenen „ideal“ Standorten, die diesem Bezirk über diese Verteilungsstruktur zugewiesen wurden, um auf die insgesamt 500 E-Ladestände, verteilt über alle Bezirke zu kommen. Daraus abgeleitet lässt sich ein Gesamtanteil von insgesamt 42 E-Ladestationen berechnen, die nach einer Umsetzung aller 500 E-Ladestationen anhand dieses Verteilungsmusters zu den 181 „ideal“ Standorten in diesem Bezirk vorhanden sein würden.

Übersichtskarte zu den 319 öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) und der Verteilung zu den 181 „ideal“ Standorten

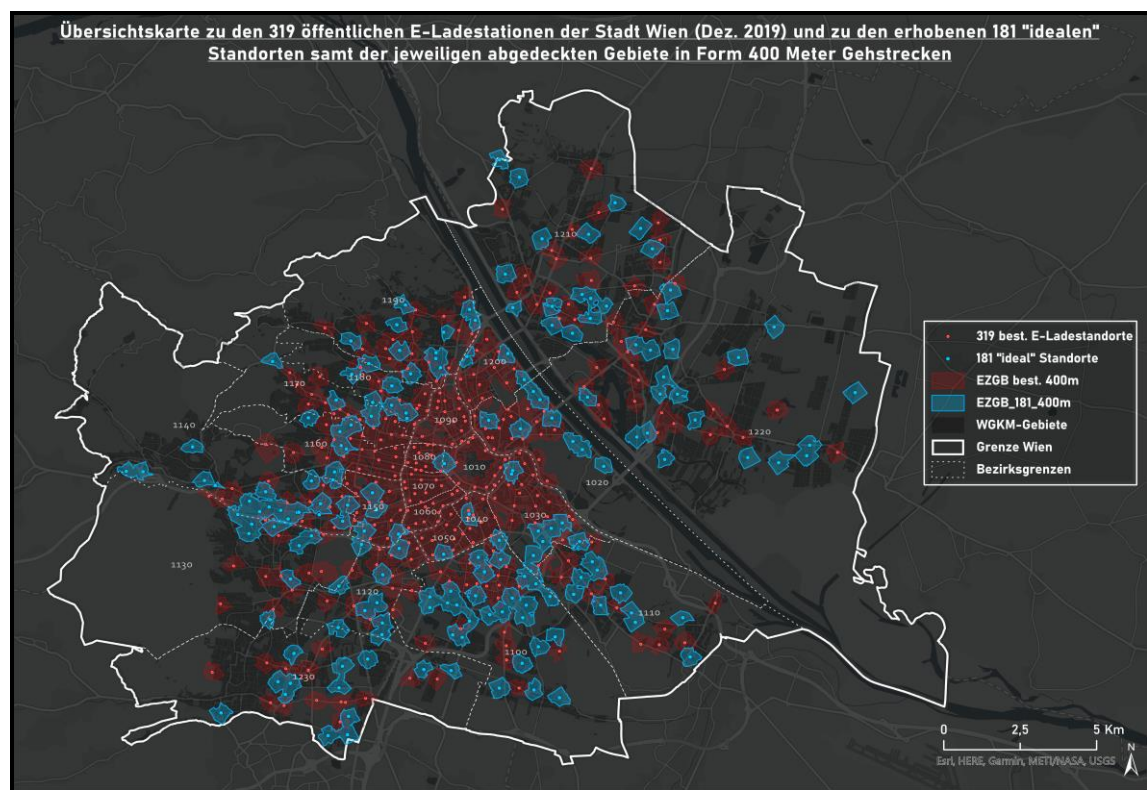


Abb. 75: Übersichtskarte zu den 319 öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) und der Verteilung zu den 181 „ideal“ Standorten, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Die *Übersichtskarte zu den 319 öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) und der Verteilung zu den 181 „ideal“ Standorten* (Abb. 75) zeigt das Verteilungsmuster zu den 181 „ideal“ Standorten (blaue Punkte) und eine dadurch erweiterte Abdeckung (blaue Polygonflächen) des bebauten und bewohnten Stadtgebietes bezüglich der 400 Meter Gehstrecken zu den Stationen. Die 319 bereits bestehenden E-Ladestationen wurden darin in Form von roten Punktsignaturen und den dazugehörigen roten Einzugsgebieten dargestellt. Als Hintergrundkarte wurde die weltweite graue Referenzkarte von ESRI verwendet, um die wesentlichen Karteninhalte besser hervorzuheben. Ebenso wurden die

Wohn-, Geschäfts-, Kern-, und Mischgebiete (vgl. Kap. 5.2.1), in schwarzer Farbe mitvisualisiert, um die dadurch abgedeckten- und nicht abgedeckten Gebiete erkenntlich darzustellen.

Anzahl der bestehenden öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019), der 181 "ideal" Standorte (KL. 1) und Erweiterung durch "effizient mögliche" Standorte

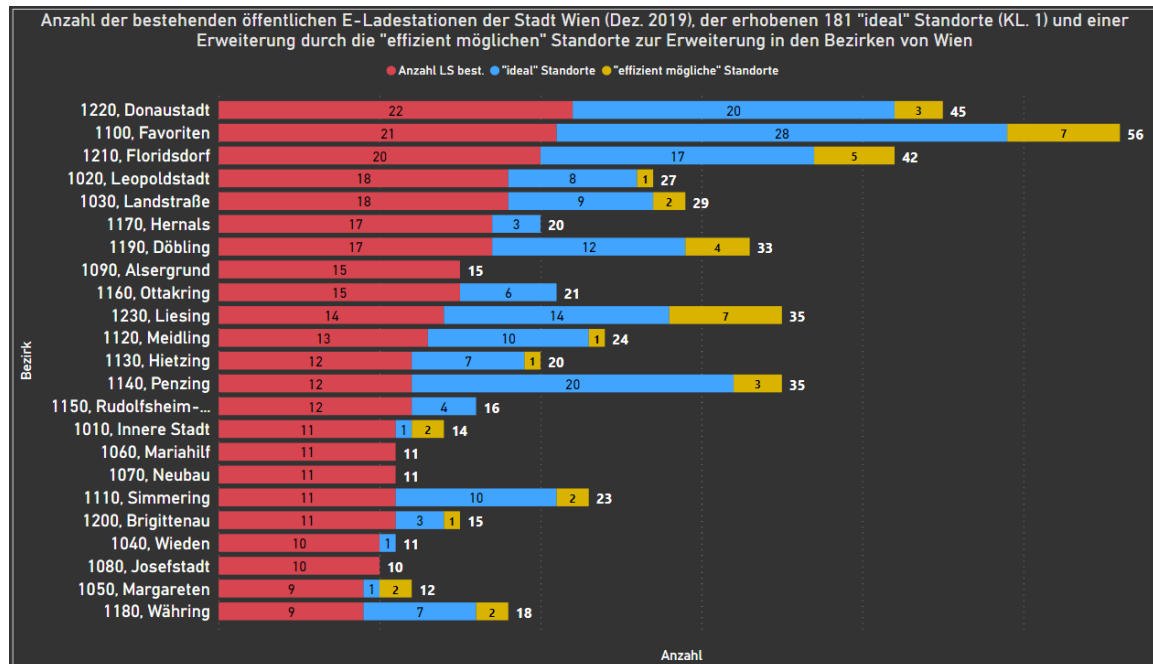


Abb. 76: Balkendiagramm zur Anzahl der bestehenden öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019), der erhobenen 181 "ideal" Standorte (KL. 1) und zur Erweiterung durch die "effizient möglichen" Standorte, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;

Das Balkendiagramm zur Anzahl der bestehenden öffentlichen E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019), der 181 "ideal" Standorte (KL. 1) und Erweiterung durch "effizient mögliche" Standorte (Abb. 76) zeigt die Anzahlen zu den bestehenden 319 E-Ladestationen (rot), den 181 „ideal“ Standorten (blau) und den berechneten Differenzsummen zu den 224 ermittelten „effizient möglichen“ Standorte (gelb) in den 23 Bezirken von Wien. Die jeweiligen Anzahlen zu den Standorten wurden innerhalb der gestapelten Säulen in schwarzer Schrift dargestellt. Die daraus summierten Gesamtsummen auf Ebene der Bezirke wurden in weißer Schriftfarbe abgebildet. Die Anordnung der Balken erfolgte über die Werte zu den Anzahlen der bestehenden E-Ladestationen (rote Säulen) beginnend von oben (erster Balken) mit dem höchsten Wert, abfallend nach unten bis zum Bezirk mit der niedrigsten Anzahl an bestehenden E-Ladestationen. Am Beispiel des Bezirks Wien Donaustadt (1220, Donaustadt) bedeutet dies eine Anzahl von 22 bestehenden E-Ladestationen und eine Anzahl von 20 erhobenen „ideal“ Standorten, um auf die insgesamt 500 E-Ladestandorte, verteilt über alle Bezirke zu kommen. Der gelbe Balken zeigt die zusätzliche Anzahl von **drei** Standorten, die anhand der generierten Verteilungsstruktur zu den 224 „effizient möglichen“ Standorten für diesen Bezirk möglich wären. Daraus abgeleitet ergibt sich ein anteiliger Wert von 45 E-

Ladestationen für diesen Bezirk, die bei einer Umsetzung von insgesamt **543** E-Ladestationen, verteilt über das gesamte Stadtgebiet, positioniert werden könnten.

Übersichtskarte zur Abdeckung durch die 319 bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) mit den erhobenen 181 „ideal“ Standorten und einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte

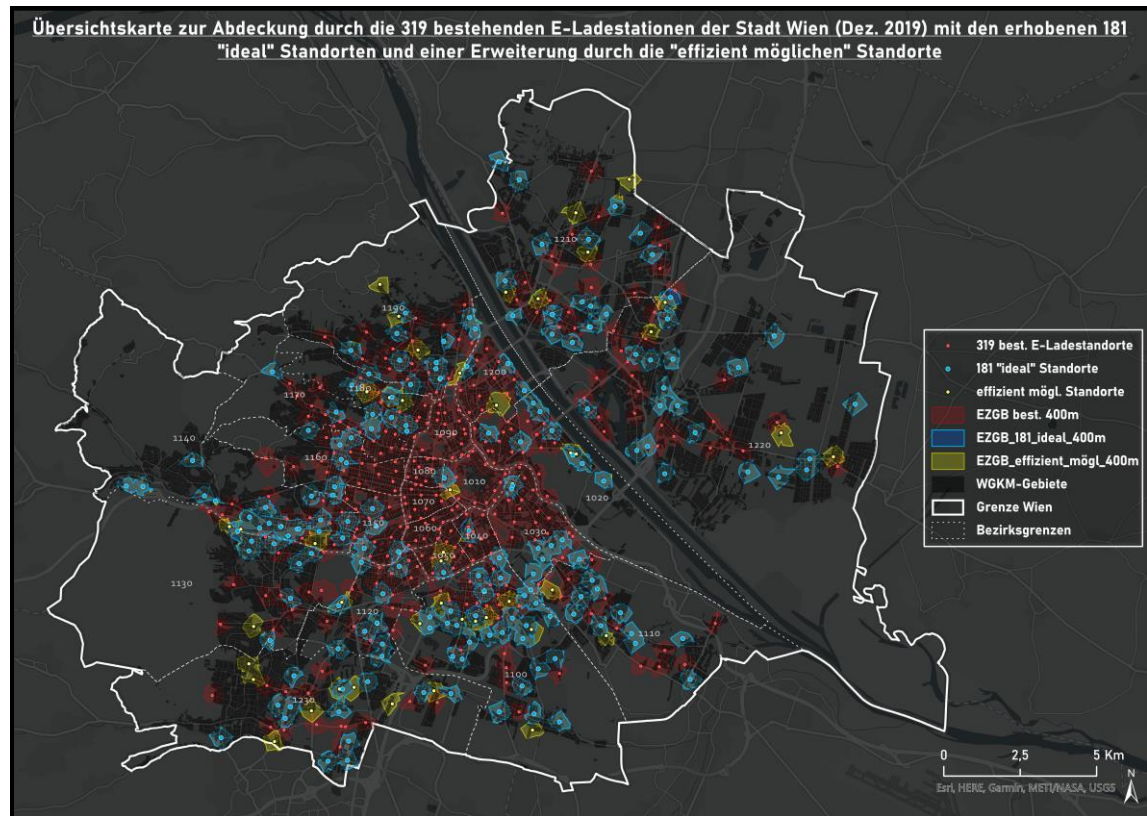


Abb. 77: Übersichtskarte zur Abdeckung durch die 319 bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) mit den erhobenen 181 „ideal“ Standorten und einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte, eigene Darstellung, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Die Übersichtskarte zur Abdeckung durch die 319 bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien (Dez. 2019) mit den erhobenen 181 „ideal“ Standorten und einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte (Abb. 77) zeigt die 319 bereits bestehenden E-Ladestationen (rote Punkte), die generierten 181 „ideal“ Standorte (blaue Punkte) und eine Erweiterung durch die 43 E-Ladestationen aus der Verteilungsstruktur zu den „effizient möglichen“ Standorten (gelbe Punkte). Weiters sind hierbei auch die abgedeckten Gebiete in Form von Polygonen zu den jeweiligen Farben der zugehörigen Punkte abgebildet. Ein Vergleich zur Abdeckung der Wohn-, Geschäfts-, Kern-, und Mischgebiete durch die **181** „ideal“ Standorte gegenüber einer Abdeckung durch die **224** „effizient möglichen“ Standorte zeigt, dass über eine Aufstockung von **43** Standorten eine ausgewogenere Verteilung bezüglich der 400 Meter Erreichbarkeiten in den äußeren Bezirken erzielt

werden könnte. Gleichzeitig ergibt sich durch dieses Verteilungsmuster auch eine Nachverdichtung in den Bereichen der inneren Bezirke.

Eine zusätzliche Erhebung von potenziell geeigneten Verkehrsflächen mit einer technisch- und wirtschaftlichen Eignung für die Positionierung von E-Ladestationen in der Stadt Wien, lieferte weitere **2161** Standorte, außerhalb der bereits durch die **224 Klasse 1 Standorte** abgedeckten Gebiete. Diese *Standorte der Klasse 2* können punktuell als erweiterte Möglichkeiten für die Positionierung von E-Ladestationen gesehen werden.

Übersichtskarte zur Abdeckung der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien, den erhobenen 181 „ideal“ Standorten, einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte und der Standorte der Klasse 2

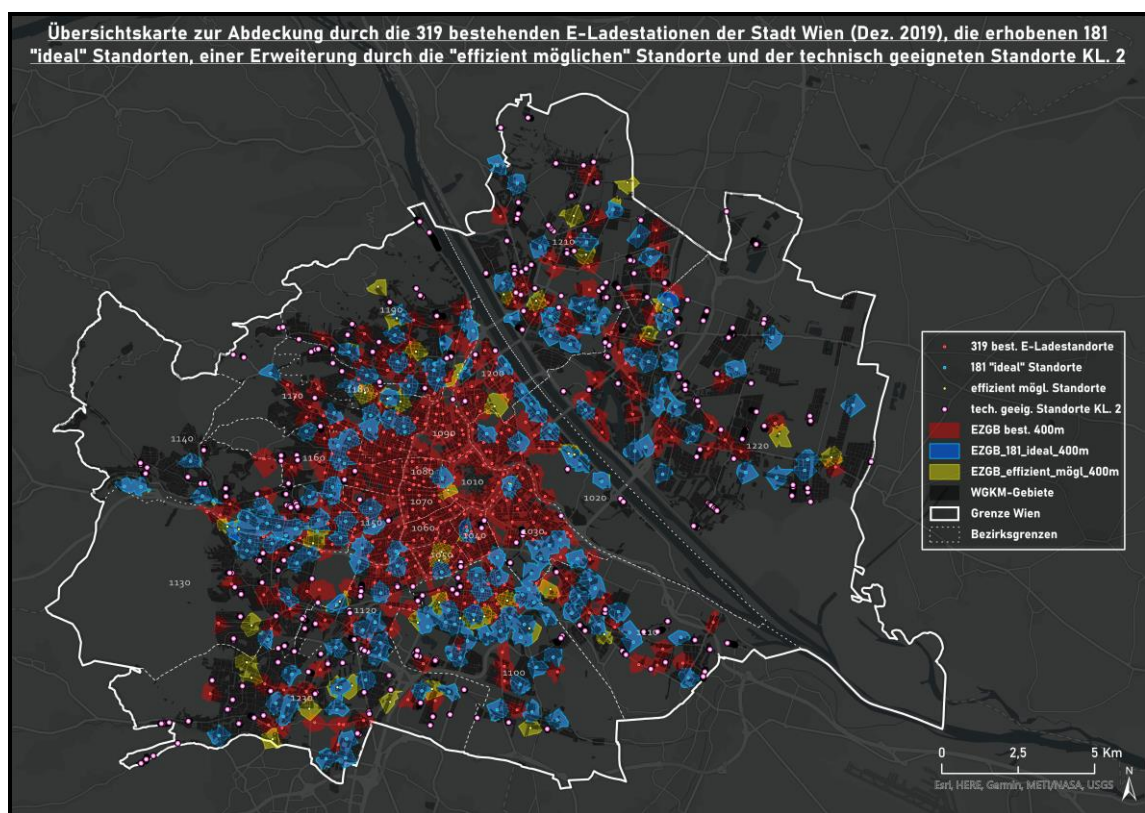


Abb. 78: Übersichtskarte zur Abdeckung der bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien, den erhobenen 181 „ideal“ Standorten, einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte und zu den technisch geeigneten Standorte KL. 2, erstellt mit ArcGis-Pro, 2021;

Die *Übersichtskarte zur Abdeckung durch die 319 bestehenden E-Ladestationen der Stadt Wien, die erhobenen 181 „ideal“ Standorten, einer Erweiterung durch die „effizient möglichen“ Standorte und der technisch geeigneten Standorte KL. 2* (Abb. 78) zeigt eine erweiterte Darstellung zur zuvor beschriebenen Übersichtskarte (vgl. Abb. 77) zu den 224 „effizient möglichen“ Standorten. Dazu wurden die erhobenen technisch- und wirtschaftlich geeigneten *Klasse 2 Standorte* in Form von weiß-pinken Punktsignaturen mitabgebildet. Durch diese zusätzlich erhobenen Standorte können Gebiete außerhalb der

bereits durch die 224 „effizient möglichen“ Standorte erfassten Gebiete ebenso als erweiterte Standortoptionen im Planungsprozess herangezogen werden.

Durch die Erstellung des erweiterten Punkte-Datensatz (*LS_PA_1_PsCLU_BEZ_Loc.shp*) zu den **Klasse 1 Standorten** wurden die ausgewählten **181** und **224** Standort-Punkte aus den *Location-Allocation-Analysen* im Punkte-Datensatz (*LS_PA_1_PsCLU_BEZ.shp*) mit allen **3116** Klasse 1 Standorten gekennzeichnet. Somit konnte ein zusätzlicher Datensatz mit erweiterten Informationen zu den ausgewählten **Klasse 1 Standorten** geliefert werden.

Die Tabelle *Erweiterte Informationen zu den ausgewählten Klasse 1 Standorten und Parkstreifen* (Tab. 14) zeigt einen gefilterten Tabellenausschnitt zur Kennzeichnung der ausgewählten Standorte aus den *Location-Allocation-Analysen*. Darin sind Angaben zu den Bezirksnamen und -nummern, den Adressennamen und den Längenangaben ersichtlich. Diese Angaben wurden bei der Generierung der Punkte aus den erhobenen Parkstreifen beibehalten. Somit erhielten alle generierten Punkte, die Informationen der zugrundeliegenden Linien. Der gefilterte Tabellenausschnitt für den 15. Und 16. Bezirk dient zur Veranschaulichung der nachfolgend beschriebenen Kennzeichnungslogik der Ausgewählten Punkte.

Erweiterte Informationen zu den ausgewählten Klasse 1 Standorten und Parkstreifen

Erweiterte Informationen zu den ausgewählten Standorten und Parkstreifen					
PLZ, Bezirksname	Adressenname	Parkstreifenlänge	Loc_181_X	Loc_224_X	Loc_Add
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	Parkstreifen Felberstraße	90,84	0	2	2
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	Parkstreifen Felberstraße	90,84	1	0	1
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	Parkstreifen Loeschenkohlgrasse	10,28	1	2	3
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	Parkstreifen Pfeiffergasse	35,22	1	2	3
1150, Rudolfsheim-Fünfhaus	Parkstreifen Siebeneichengasse	47,92	1	2	3
1160, Ottakring	Ottakringer Straße 184 bis 188	32,46	1	2	3
1160, Ottakring	Parkstreifen Albrechtskreithgasse	15,67	1	2	3
1160, Ottakring	Parkstreifen Heiderichstraße	80,60	0	2	2
1160, Ottakring	Parkstreifen Heiderichstraße	80,60	1	0	1
1160, Ottakring	Parkstreifen Seeböckgasse	58,58	1	2	3
1160, Ottakring	Parkstreifen Weinheimergasse	4,40	0	2	2
1160, Ottakring	Parkstreifen Weinheimergasse	4,18	1	0	1
1160, Ottakring	Parkstreifen Zöchbauerstraße	39,81	1	2	3

Tab. 14: Erweiterte Informationen zu den ausgewählten **Klasse 1 Standorten** und Parkstreifen, eigene Darstellung, erstellt mit Microsoft Power BI, 2021;

Die erhobenen **181** „ideal“ Standorte wurden dabei über die Spalte **Loc_181_X** jeweils mit der Zahl **1** und die **224** „effizient möglichen“ Standorte über die Spalte **Loc_224_X** jeweils mit der Zahl **2** gekennzeichnet. Standorte, die durch keine der beiden *Location-Allocation-Analysen* ausgewählt wurden, erhielten die Kennziffer **0**. Über die Spalte **Loc_Add** erfolgte eine Addition zu den genannten Werten. Dadurch konnten generierte Standorte, für die in beiden Analysen derselbe Punkt auf einem Parkstreifen ausgewählt wurde, über die Zahl **3** identifiziert werden. Für die restlichen Standorte, die nur in einer oder keiner der beiden Analysen ausgewählt wurden, wurde der Ausgangswert (0, 1 oder 2) beibehalten. Beispielsweise scheint der **Parkstreifen Felberstraße** in diesem Tabellenausschnitt

zweimal mit derselben Längenangabe von **90,84** Meter auf. Diesem Parkstreifen wurde ein „effizient möglicher“ Standort (Wert = 2) und ein „ideal“ Standort (Wert = 1) aus den separat durchgeführten *Location-Allocation-Analysen* (181 und 224) zugewiesen. Für diese zugewiesenen Standorte aus den jeweiligen *Analysen* (181 und 224) wurde zwei unterschiedliche Punkte auf diesem Parkstreifen gewählt. Der **Parkstreifen Loeschenkohlasse** mit einer Längenangabe von **10,28** Meter hingegen, zeigt einen Standort, der in beiden *Analysen* (181 und 224) ausgewählt wurde.

Gesamt betrachtet kann zu den erstellten Ergebnisdatensätzen angemerkt werden, dass über deren Inhalte sehr gute und aussagekräftige Planungsgrundlagen zum weiteren Ausbau der öffentlichen E-Ladeinfrastruktur der Stadt Wien geliefert werden konnten. Weiters wurde durch die Herangehensweise und den einzelnen Datenverarbeitungsschritten in der praktischen Umsetzung auch die Möglichkeit geschaffen, aktualisierte Datensätze in die erstellten GIS-Prozesse zu integrieren.

7 Fazit

Durch den verstärkten Einsatz von GIS-basierten Anwendungen und Analyseverfahren konnte ein erkennbarer Mehrwert im Planungsprozess zur öffentlichen Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur geschaffen werden. Insbesondere ist hierbei eine zeiteffizientere und gezieltere Abwicklung des Planungsprozesses zu nennen. Die dritte Projektphase zur Stadt Wien E-Ladeinfrastruktur wurde mit der Eröffnung der 500. E-Ladestation (1000 Ladestellen) im Juni 2021 erfolgreich abgeschlossen. Durch die erzielten Ergebnisse aus den GIS-Analysen in dieser Masterarbeit, konnte eine fundierte Basis für den Planungsprozess geschaffen werden. Es konnte ein hohes Potenzial an geeigneten Verkehrsflächen für die Positionierung von weiteren E-Ladestationen festgestellt werden. Um eine „effizient mögliche“ Flächendeckung an öffentlicher E-Ladeinfrastruktur in den bebauten und bewohnten Stadtgebieten (400 Meter Gehstrecken zu den E-Ladestationen) von Wien zu erreichen, müsste die Anzahl an E-Ladestationen über die 500 E-Ladestationen hinaus erhöht werden. Durch spezifischere Untersuchungen zu relevanten Einflussfaktoren wie beispielsweise aussagekräftigere Auslastungszahlen, einer zukünftig prognostizierten und bereits stetig steigenden Anzahl an zugelassenen E-PKWs, samt der damit verbundenen PendlerInnenströme in die einzelnen Bezirke, könnte der Bedarf an öffentlicher E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien noch genauer erhoben werden. Hierzu müsste auch eine detailliertere Betrachtung der Lademöglichkeiten außerhalb des öffentlichen Bereichs erfolgen. Daraus abgeleitet könnte ein weiterer Ausbau und eine zielgerichtete Nachverdichtung des öffentlichen E-Ladenetzes in der Stadt Wien erfolgen, um einen zu erwartenden, zukünftig steigenden Bedarf an E-Ladeinfrastruktur in der Stadt Wien zu decken.

8 Literatur

- AMP (Austrian Mobile Power – The e-mobility alliance) (2020): E-Guide, E-Guide; <https://www.austrian-mobile-power.at/de/e-guide/e-guide/> (04.09.2020)
- AMPERIO (Fachplanungsbüro für Ladeinfrastruktur aus Köln) (Hrsg.) (2020): Rund-ums-Laden; <https://www.amperio.eu/rund-ums-laden/> (03.09.2020)
- ARCHIVMELDUNG DER RATHAUSKORRESPONDENZ (Hrsg.) (2016): Wiener Elektromobilitätsstrategie. Wien bekommt Basisladenetz für Elektromobilität, Klares Bekenntnis zum Ausbau der Ladeinfrastruktur und Förderung von E-Flotten, Wien: Rathauskorrespondenz, 02.03.2016; online verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/presse/2016/03/02/wiener-elektromobilitaetsstrategie-wien-bekommt-basisladenetz-fuer-elektromobilitaet> (19.12.2019).
- AUTODESK[a] (CAD-Software mit Entwurfsautomatisierung, Toolsets, Web- und Mobil-Apps) (Hrsg.) (2021): Products, Autocat, Overview; <https://www.autodesk.de/products/autocad/overview?term=1-YEAR&support=null#what-is-autocad> (05.04.2021)
- AUTODESK[b] (CAD-Software mit Entwurfsautomatisierung, Toolsets, Web- und Mobil-Apps) (Hrsg.) (2021): Products, Autocat, Included-Toolsets, Aautocad-Map-3D; https://www.autodesk.de/products/autocad/included-toolsets/autocad-map-3d# (05.04.2021)
- AXMANN (Geoinformation GmbH) (Hrsg.) (2021): Produkte, FME-Desktop; <https://www.axmann.at/produkte/fme-desktop/?L=0> (05.04.2021)
- BEÖ (Bundesverband Elektromobilität Österreich) (Hrsg.) (2020): Statistik; <https://www.beoe.at/statistik/> (27.07.2021)
- BALLAS, D., CLARKE, G., FRANKLIN, R. S. und NEWING, A.; (2018): GIS and the Social Sciences. Theory and Applications; Taylor & Francis Group, London, New York, Routledge.
- BENTELEY[a] (Bentley Systems, Incorporated) (Hrsg.) (2021): Products, Brands, Opencities-Map; <https://www.bentley.com/de/products/brands/opencities-map> (05.04.2021)
- BENTELEY[b] (Bentley Systems, Incorporated) (Hrsg.) (2021): Products, Product-Line, Asset-Performance, Opencities-Map; <https://www.bentley.com/de/products/product-line/asset-performance/opencities-map> (05.04.2021)
- BENTELEY[c] (Bentley Systems, Incorporated) (Hrsg.) (2021): Products, Product-Line, Assetperformance, Opencities-Map-Powerview; <https://www.bentley.com/de/products/product-line/asset-performance/opencities-map-powerview> (05.04.2021)
- BFP (Print/Online – bfp Fuhrpark & Management) (Hrsg.) (2020): Ladearten, Steckerarten, Kabeltypen; https://www.fuhrpark.de/sites/default/files/2020-03/Ladem%C3%B6glichkeiten_final-web_0.jpg (04.09.2020)

- Bill, R. & FRITSCH, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Wichmann Verlag, Berlin.
- BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Deutschland) (Hrsg.) (2020): Elektromobilität in Deutschland; Redaktion, DE, Dossier, Elektromobilität; online abrufbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html> (27.06.2021)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (Hrsg.) (2019): Elektromobilität in Österreich. Zahlen, Daten & Fakten, Jänner 2019, Wien, Bundesministerium. online abrufbar unter: https://www.austria-tech.at/assets/Uploads/Publikationen/PDF-Dateien/559a4d3556/Elektromobilitaet-in-Oeterreich-Zahlen-Daten-Fakten_012019.pdf (16.01.2020).
- CON TERRA (Con Terra GmbH) (Hrsg.) (2018): FME Desktop. Das deutschsprachige Handbuch für Einsteiger und Anwender. Wichmann Verlag, Berlin.
- CREATIVE COMMONS.ORG (Creative Commons) (Hrsg.) (2020): Licenses, By, 3.0; <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> (27.07.2021)
- CREATIVE COMMONS.ORG[a] (Creative Commons) (Hrsg.) (2020): Licenses, By, 4.0; <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> (27.07.2021)
- DATA.GV.AT (Open Data Österreich) (Hrsg.) (2020): Infos, Zielsetzung-Data-GV-AT; <https://www.data.gv.at/infos/zielsetzung-data-gv-at/> (27.07.2021)
- DATA.GV.AT[a] (Open Data Österreich) (Hrsg.) (2020): Katalog zu den Codes und Bezeichnungen der Zählbezirke. Codes und Namen der 250 Zählbezirke in Wien gemäß Statistik Austria bzw. der Stadt Wien; <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/ae8d7db5-98e9-4f86-bbec-9babfa2a4f03> (27.07.2021)
- DIGITALES WIEN (Service der Stadt Wien) (Hrsg.) (2020): Site, Open-Data, OGD-Nutzungsbedingungen; <https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/>
- ESRI (Hrsg.) (2013): ArcGIS-Hilfe 10.1, Arten von Netzwerkanalyse-Layern, Erweiterungen, Network Analyst; <https://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#/004700000032000000> (18.01.2020)
- ESRI[a] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Tool-Reference, Network-Analyst, An-Overview-of-the-Network-Analyst-Toolbox; <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/network-analyst/an-overview-of-the-network-analyst-toolbox.htm> (18.01.2020)
- ESRI[b] (Hrsg.) (2020): Arc-Gis-Online, Administrator, Credits; <https://doc.arcgis.com/de/arcgis-online/administer/credits.htm> (18.01.2020)
- ESRI[c] (Hrsg.) (2020): Arcmap, 10.3, Guide-Books, Extensions, Network-Analyst, What-is-network-analyst; <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/guide-books/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst-.htm#GUID-81249557-BEB5-49CC-A393-28FAB997C6EE> (18.01.2020)

- ESRI[d] (Hrsg.) (2020): Arcmap, 10.3, Guide-Books, Extensions, Network-Analyst, What-is-network-dataset;
<https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/guide-books/extensions/network-analyst/what-is-a-network-dataset.htm> (18.01.2020)
- ESRI[e] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Tool-Reference, Network-Analyst, An-Overview-of-the-Network-Analyst-Toolset;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/network-analyst/an-overview-of-the-network-dataset-toolset.htm> (18.01.2020)
- ESRI[f] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Tool-Reference, Network-Analyst, An-Overview-of-the-turn-feature-class-Toolset;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/network-analyst/an-overview-of-the-turn-feature-class-toolset.htm> (18.01.2020)
- ESRI[g] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Tool-Reference, Network-Analyst, An-Overview-of-the-Network-Analyst-Toolset;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/network-analyst/an-overview-of-the-network-dataset-toolset.htm> (18.01.2020)
- ESRI[h] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Tool-Reference, Network-Analyst, Make-Service-Area-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/network-analyst/make-service-area-analysis-layer.htm> (18.01.2020)
- ESRI[i] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Help, Tool-Reference, Network-Analyst, Make-Service-Area-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/help/analysis/networks/service-area-analysis-layer.htm> (18.01.2020)
- ESRI[j] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Help, Analysis, Networks, Route-Analysis-Layer
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/analysis/networks/route-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[k] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Network-Analyst, Make-Route-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/network-analyst/make-route-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[l] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Help, Analysis, Networks, od-cost-matrix-analysis-layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/analysis/networks/od-cost-matrix-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[m] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Network-Analyst, Make-od-cost-matrix-analysis-layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/network-analyst/make-od-cost-matrix-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[n] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Ready-to-Use, Itemdesc-generateorigindestinationcostmatrix;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/ready-to-use/itemdesc-generateorigindestinationcostmatrix.htm> (14.03.2021)

- ESRI[o] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Extensions, Network-Analyst, od-cost-matrix;
<https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/latest/extensions/network-analyst/od-cost-matrix.htm> (14.03.2021)
- ESRI[p] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Help, Analysis, Networks, Vehicle-Routing-Problem-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/analysis/networks/vehicle-routing-problem-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[q] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Network-Analyst, Make-Vehicle-Routing-Problem-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/network-analyst/make-vehicle-routing-problem-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[r] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Ready-to-Use, Itemdesc-solvevehicle routingproblem;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/ready-to-use/itemdesc-solvevehicleroutingproblem.htm> (14.03.2021)
- ESRI[s] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Help, Analysis, Networks, Location-Allocation-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/analysis/networks/location-allocation-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[t] (Hrsg.) (2021): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Network-Analyst, Make- Location-Allocation-Layer-Analysis-Layer;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/network-analyst/make-location-allocation-analysis-layer.htm> (14.03.2021)
- ESRI[u] (Hrsg.) (2020): Pro-App, Latest, Tool-Reference, Ready-to-Use, Itemdesc-solve locationallocation;
<https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/ready-to-use/itemdesc-solve locationallocation.htm> (18.01.2020)
- ESRI[v] (Hrsg.) (2021): Other-Resources, Gis-Dictionary, Term;
<https://support.esri.com/de/other-resources/gis-dictionary/term/d4340918-8ee2-480f-b34c-75d7b8426bcb> (14.03.2021)
- ESRI[w] (Hrsg.) (2021): Arcgis, Products, Arcgis-Pro, Overview;
<https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-pro/overview> (14.03.2021)
- ESRI[x] (Hrsg.) (2021): Arcgis, Products, Arcgis-Online, Overview;
<https://www.esri.com/de-de/arcgis/products/arcgis-online/overview> (14.03.2021)
- ESRI[y] (Hrsg.) (2021): Get-Started, 10.5, Windows, What-is-arcgis-Enterprise;
<https://enterprise.arcgis.com/de/get-started/10.5/windows/what-is-arcgis-enterprise.htm> (14.03.2021)
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2014): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030, Brüssel: Amt für Amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=EN> (17.12.2019).

- EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2014): Amtsblatt der Europäischen Union. Richtlinie 2014/94/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, online abrufbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=DE> (25.10.2019)
- FME[a] (Safe Software Inc) (Hrsg.) (2021): FME;
<https://www.safe.com/fme/> (16.03.2021)
- FME[b] (Safe Software Inc) (Hrsg.) (2021): FME, Key-Capabilities, Spatial-ETL;
<https://www.safe.com/fme/key-capabilities/spatial-etl/> (16.03.2021)
- FME[c] (Safe Software Inc) (Hrsg.) (2021): FME, FME-Desktop, Tour, 2019.0;
<https://www.safe.com/fme/fme-desktop/tour/2019.0> (16.03.2021)
- FME[d] (Safe Software Inc) (Hrsg.) (2021): Free-FME-Licenses;
<https://www.safe.com/free-fme-licenses/> (16.03.2021)
- FME[e] (Safe Software Inc) (Hrsg.) (2021): Knowledge-Base;
<https://community.safe.com/s/knowledge-base> (16.03.2021)
- FORMFAKTOR (Medium für Design und Innovation) (2020): Wien Energie nimmt 500. E-Ladestelle in Betrieb, Bild: 500. E-Ladestelle in Wien in Betrieb genommen, Foto von Martin Lusser, online abrufbar unter: <https://form-faktor.at/wien-energie-nimmt-500-e-ladestelle-in-betrieb> (11.09.2020)
- FRANK, A. (1983): Datenstrukturen für Landinformationssysteme – semantische, topologische und räumliche Beziehungen in Daten der Geo-Wissenschaften. – In: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an der ETH Zürich (Hrsg.): Mitteilungen Nr. 34. Zürich, S.35-58; online abrufbar unter: https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp/igp-dam/documents/PhD_Theses/34.pdf (22.07.2021)
- FÜßEL, A. (2017): Technische Potenzialanalyse der Elektromobilität. Stand der Technik, Forschungsausblick und Projektion auf das Jahr 2025, Springer Vieweg, Berlin.
- GE-DIGITAL (General Electric) (Hrsg.) (2021): Digital, Applications, Smallworld-gis-geospatial-asset-management;
<https://www.ge.com/digital/applications/smallworld-gis-geospatial-asset-management> (15.03.2021)
- GIP (ÖV DAT - Österreichisches Institut für Verkehrsdateninfrastruktur) (Hrsg.) (2020): Die Graphenintegrations-Plattform GIP. Das Referenzsystem der öffentlichen Hand für Verkehrsinfrastrukturdaten;
<https://www.gip.gv.at/> (27.07.2020)
- GRASS GIS (GRASS Development) (Hrsg.) (1998-2021): Learn, Overview;
<https://grass.osgeo.org/learn/overview/> (15.03.2021)
- GREDLER-OXENBAUER, P. (2017): 1.000 x Laden für Wien 6.12.2017, 5. Klimaaktiv-Mobil-Bausträgerfrühstück, Öffentliche Ladeinfrastruktur in Wien – Ausbau bis 2020; online abrufbar unter: https://www.oegut.at/downloads/pdf/bautraegerfruehstueck_3_gredler-handout_2017_12_06.pdf?m=1514385479 (09.09.2020)
- GREDLER-OXENBAUER, P, Kommunikation per E-Mail (2020), Wien.

- GRINTEC (Gesellschaft für graphische Informationstechnologie mbH) (Hrsg.) (2021): Smallworld GIS;
<https://www.grintec.com/Smallworld> (15.03.2021)
- GVSIG[a] (gvSIG Association) (Hrsg.) (2021): New ideas for a new model;
<http://www.gvsig.com/en> (15.03.2021)
- GVSIG[b] (gvSIG Association) (Hrsg.) (2021): Products;
<http://www.gvsig.com/en/products> (15.03.2021)
- GVSIG[c] (gvSIG Association) (Hrsg.) (2021): Products, i3geo;
<http://www.gvsig.com/en/products/i3geo> (15.03.2021)
- HAGER, K.; BRAUN, A.; RID, W. (2014): Entwicklung eines Stadtmodells für ein Ladeinfrastrukturkonzept auf Basis von Geo- und Nutzerdaten. In: STROBL, J.; BLASCHKE, T.; GRIESEBNER, G.; ZANGEL, B.; (Hrsg.) (2014): Angewandte Geoinformatik 2014, S.461-466. Herbert Wichmann Verlag, Berlin.
- HAMB14 (Freie und Hansestadt Hamburg) (Hrsg.) (2014): Masterplan zur Weiterentwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Hamburg. online abrufbar unter: <https://www.hamburg.de/contentblob/4362700/58e4d12870ea16696073d63eb664dfff/data/pm-26-08-2014-masterplan.pdf> (03.09.2020)
- HELBIG, M. (2016): Elektromobilität – die freie Wahl des Stromlieferanten an der Ladesäule für Elektrofahrzeuge. Eine Untersuchung anhand des europäischen und deutschen Energiewirtschafts- und Wettbewerbsrechts. Nomos Verlagsgesellschaft mbh & Co. KG, Baden-Baden.
- HEXAGON[a] (Hexagon AB and/or its subsidiaries and affiliates) (Hrsg.) (2021): Products, Power-Portfolio, Geomedia;
<https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/geomedia> (15.03.2021)
- HEXAGON[b] (Hexagon AB and/or its subsidiaries and affiliates) (Hrsg.) (2021): Products, Power-Portfolio, Geomedia-Webmap;
<https://www.hexagongeospatial.com/en/products/power-portfolio/geomedia-webmap> (15.03.2021)
- HUBER, F. & REUTTER, U. (2012), Potenziale und mögliche Entwicklungspfade für Elektromobilität in Leipzig und alternative Mobilitätsmaßnahmen. Fach-gutachten, Wuppertal/Kaiserslautern. Online abrufbar unter: https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6_Deiz6_Stadtentwicklung_Bau/66_Verkehrs_und_Tiefbauamt/Fachgutachten_Huber_Reutter.pdf (28.07.2021)
- IHRINGER, T. (2013): Diskrete Mathematik. Eine Einführung in Theorie und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S.11-63.
- IVÖ (Intermodales Verkehrsreferenzsystem Österreich (GIP.at) Österreich – Open Data Österreich) (Hrsg.) (2021): Katalog, Dataset, Intermodales-Verkehrsreferenzsystem-Österreich-Gip-AT-Beta;
<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/intermodales-verkehrsreferenzsystem-osterreich-gip-at-beta> (09.03.2021)
- KLEIN, R. KURT E. (2007): GIS im Einzelhandel. In: KLEIN, R. und RAUH, J. (Hrsg.): Analysemethodik und Modellierung in der geographischen Handelsforschung. (= Geographische Handelsforschung, Bd. 13), Passau, S. 9-39.

- LANGE, DE N. (2020): Geoinformatik in Theorie und Praxis. Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung (4., überarb. U. akt. Aufl. 2020 Aufl.); Springer Spektrum, Berlin.
- LINNEMANN, M. & NAGEL, C. (2020): Elektromobilität und die Rolle der Energiewirtschaft. Rechte und Pflichten eines Ladesäulenbetreibers; Springer Vieweg, Wiesbaden.
- MA – 18, STADTENTWICKLUNG UND STADTPLANUNG (Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18) (Hrsg.) (2014): STEP 2025 Stadtentwicklungsplan Wien, Mut zur Stadt, Wien; online abrufbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf> (16.12.2020)
- MA – 18, STADTENTWICKLUNG UND STADTPLANUNG (Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18) (Hrsg.) (2016): STEP 2025 Detailkonzept. E-Mobilitätsstrategie, Kurzfassung, Wien; online abrufbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008435.pdf> (16.12.2020)
- MA – 18, STADTENTWICKLUNG UND STADTPLANUNG (Hrsg.) (2010): Beiträge zur Stadtentwicklung. In BINDER, B. AUGUSTIN, H. und NITSCH, D. (2010): Realnutzungskartierung 2007/08, Wien; online abrufbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008133.pdf> (01.09.2020)
- MA – 23 WIRTSCHAFT, ARBEIT UND STATISTIK (Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 23) (Hrsg.) (2020): Statistik, Bevölkerung, Prognose; <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/prognose/> (16.02.2020)
- OPENJUMP (On Jump Pilot and OpenJUMP Project) (Hrsg.) (2018): Startseite; <http://www.openjump.org/> (15.03.2021)
- PFAFFENBICHLER, P., BREZINA, T., LEMMERER, H. und SHIBAYAMA, T., (2017): Studie „Hochlaufzahlen E-Autos in der Metropolregion Wien - Endbericht“, TU, WIEN (Technische Universität Wien - Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik) im Auftrag von der Fa. Wien Energie GmbH und der Magistratsabteilung 33 – WIEN LEUCHTET. Wien.
- PFAFFENBICHLER, P., BREZINA, T. und EMBERGER, G. (2018): Studie „Hochlaufzahlen E-Autos in der Metropolregion Wien - Zusammenfassung“, TU, WIEN (Technische Universität Wien - Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik) im Auftrag von der Fa. Wien Energie GmbH. Wien. online verfügbar unter: https://positionen.wienenergie.at/wp-content/uploads/2021/04/E-Auto_Wien_Summary_final.pdf (07.06.2021)
- PRECISELY (Precisely) (Hrsg.) (2021): Product, Precisely-Mapinfo, Mapinfo-Pro; <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro> (15.03.2021)
- QGIS[a] (Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem) (Hrsg.) (2021): Site; <https://www.qgis.org/de/site/> (15.03.2021)
- QGIS[b] (Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem) (Hrsg.) (2021): Site, About, Index; <https://www.qgis.org/de/site/about/index.html> (15.03.2021)
- QGIS[c] (Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem) (Hrsg.) (2021): Site, About, Features; <https://www.qgis.org/de/site/about/features.html> (15.03.2021)

- RIS (Rechtsinformationssystem des Bundes) (Hrsg.) (2020): Verordnung der Bundesministerin für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort über technische Spezifikationen für Ladepunkte und für Tankstellen für alternative Kraftstoffe (Ladepunkte- und Tankstellen-Verordnung – LT-V) StF: BGBl. II Nr. 280/2019 [CELEX-Nr.: 32014L0094]; online abrufbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010764> (07.09.2020)
- SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) (Hrsg.) (2021): Introduction and Development;
<http://saga-gis.sourceforge.net/en/> (15.03.2021)
- SCHEURENBRAND, J., ENGEL, C., PETERS, F., und KUEHL, N. (2015). Holistically Defining E-Mobility: A Modern Approach to Systematic Literature Reviews. In: 5th Karlsruhe Service Summit, Karlsruhe, Germany; online abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/292142231_Holistically_Defining_E-Mobility_A_Modern_Approach_to_Systematic_Literature_Reviews (22.07.2021)
- SEGERER, M. (2011): Geographische Informationssysteme in der Immobilienwirtschaft. Praxiseinsatz und Konzeptionsmöglichkeiten. In IRE/BS. International Real Estate Business School, Universität Regensburg, Heft 1, Schwerpunkt: Immobilienmanagement; online abrufbar unter: https://epub.uni-regensburg.de/19702/1/1_IREBS_Beitr%C3%A4ge_IW_GIS.pdf (04.03.2021)
- SMPG (Smart Mobility Power GmbH ID-Vergabestelle für Elektromobilität in Österreich) (Hrsg.) (2021): Info sheet - Norm/standard-compliant EVSEID, Erläuterung, Ladepunktcode, EVSEID - Electric Vehicle Supply Equipment ID, PDF, S.1; https://www.austrian-mobile-power.at/export/sites/www.austrian-mobile-power.at/galleries/Downloads/id-vergabe/Erlaeuterungsblatt_EVSEID_Identifikationsnummer.pdf (21.07.2021)
- SPRING GIS (SPRING - DPI/INPE Brazil's National Institute for Space Research) (Hrsg.) (1991-2017): Index;
<http://www.dpi.inpe.br/spring/english/index.html> (15.03.21)
- STADT WIEN (Verkehr – Stadtentwicklung) (Hrsg.) (2020): 1.000 neue E-Ladestellen bis 2020, online abrufbar unter: <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/e-ladestellen-ausbau.html> (09.09.2020)
- STAT. AUSTRIA (Bundesanstalt Statistik Österreich) (Hrsg.) (2020): Web_DE, Statistiken, Energie_Umwelt_Innovation_Mobilitaet, Verkehr, Strasse, Kraftfahrzeuge - _Neuzulassungen, Index;
https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_neuzulassungen/index.html
- WILSON, R.J. (1996): Introduction to Graph Theory (4. Aufl.). Pearson Education Limited, U.K. Essex.

Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, am 22.08.2021

Unterschrift: _____