

## 2. Methodisches Konzept

In diesem Kapitel werden die im Zuge der Projektbearbeitung genutzten Datengrundlagen sowie die Methoden zur Ermittlung eines konsistenten verständlichen Gesamtbildes des Personenverkehrs über den Kordon Stadtgrenze Wien erläutert. Zur Anwendung kam ein Mobilfunkdatenanalysemodell, wobei Sekundärdaten aus unterschiedlichen Verkehrserhebungen im Schienen- und Straßenverkehr bzw. im Öffentlichen- und im Individualverkehr als Kalibrierungs- und Verortungsgrundlage genutzt wurden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um

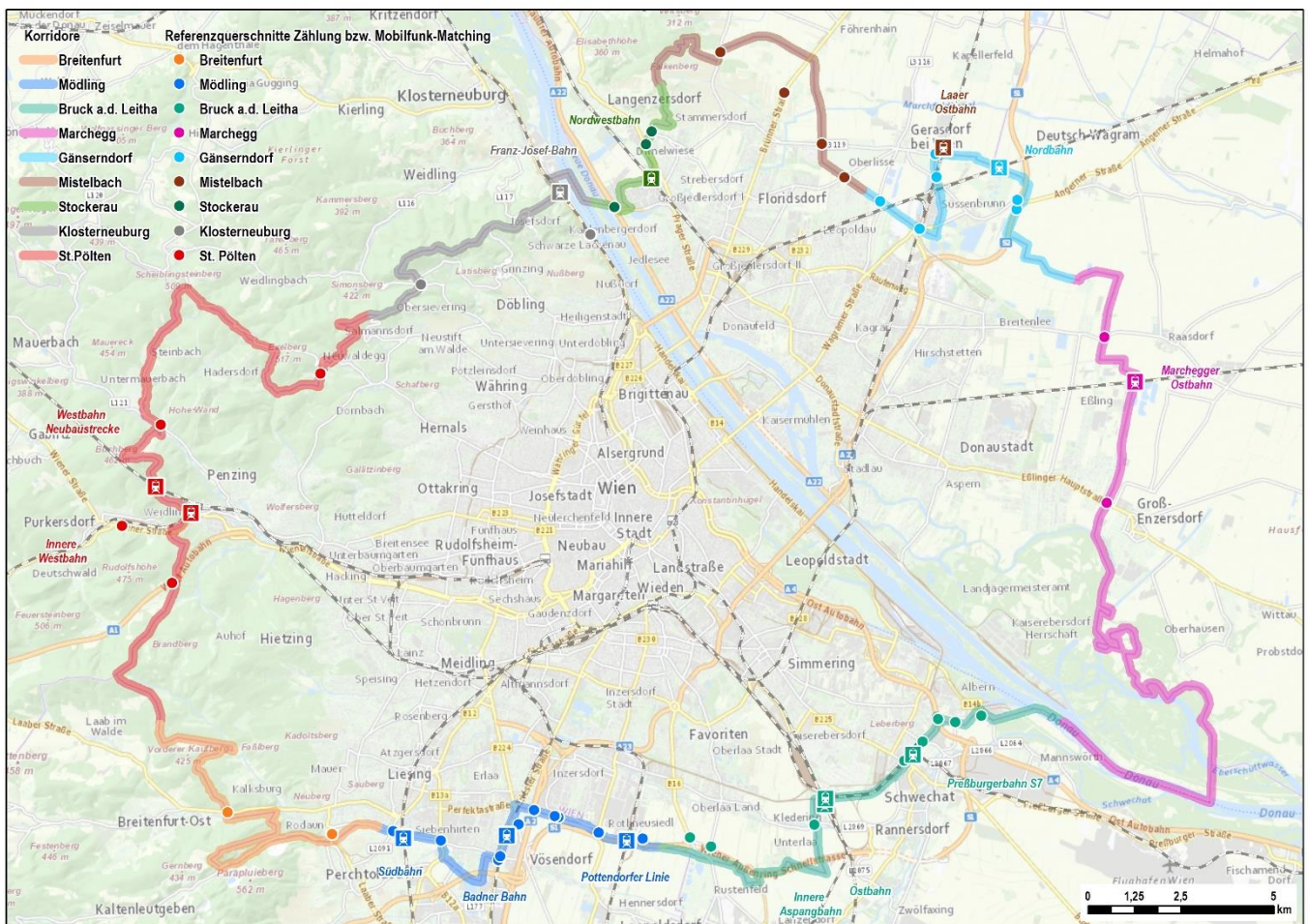
- Verkehrsdaten aus vorhandenen Erhebungen (Studien), welche seitens des Auftraggebers bereitgestellt bzw. deren Bereitstellung avisiert und vermittelt wurden
- Verkehrsdaten aus im Rahmen der Projektbearbeitung vom Auftragnehmer ergänzend durchgeführten Verkehrserhebungen

Der Gesamtkordon Stadtgrenze Wien wurde, basierend auf der bestehenden **Straßen-** bzw. **Schiene**infrastruktur, wie folgt in neun Korridore unterteilt:

<b>Breitenfurt:</b>	zwischen B13 Breitenfurter Straße und Kaisersteiggasse
<b>Mödling:</b>	A2 Süd Autobahn bzw. zwischen B12 Brunner Straße und S1 Anschlussstelle Güterzentrum Wien Süd Südbahn, Badner Bahn, Pottendorfer Linie
<b>Bruck a.d. Leitha:</b>	A4 Ost Autobahn bzw. zwischen B16 Himberger Straße und Auf der Ried / Alberner Hafenzufahrtsstraße Innere Aspangbahn, Ostbahn, Preßburgerbahn S7
<b>Marchegg:</b>	zwischen B3 Eßlinger Hauptstraße und Breitenleer Straße Marchegger Ostbahn
<b>Gänserndorf:</b>	S2 - Wiener Nordrand Schnellstraße bzw. zwischen B8 Angerner Straße / S2 Süßenbrunner Straße und Seyringer Straße Nordbahn
<b>Mistelbach:</b>	zwischen Gerasdorfer Straße und Hagenbrunner Straße Laaer Ostbahn
<b>Stockerau:</b>	A22 Donauufer Autobahn bzw. zwischen Langenzersdorfer Straße und B3 Prager Straße Nordwestbahn
<b>Klosterneuburg:</b>	zwischen B14 Heiligenstädter Straße und Sievinger Straße Franz-Josef-Bahn
<b>St. Pölten:</b>	A1 West Autobahn bzw. zwischen Exelbergstraße und B1 Wiener Straße Westbahn Neubaustrecke, Innere Westbahn

Insgesamt queren 13 Bahnlinien den Kordon Stadtgrenze Wien, welche sämtlich in die Ergebnisauswertungen aufgenommen wurden. Einen Sonderfall im Hinblick auf die Korridorzuordnung stellt die Laaer Ostbahn dar. Diese quert lagemäßig die Stadtgrenze Wien im Abschnitt des Korridors Gänserndorf, wird jedoch aus methodischen

Gründen, analog zu früheren Kordonerhebungen, dem Korridor Mistelbach zu geschieden (siehe **Abbildung 2**). Im Straßenverkehr wurden im Gegenzug, auf Basis der verkehrlichen Relevanz, kleinere für das Gesamtverkehrsaufkommen im jeweiligen Korridor unbedeutende Straßen im Wege einer Vorauswahl ausgeschieden. Die sich daraus insgesamt ergebenden projektrelevanten Referenzquerschnitte zeigt die Kartendarstellung in der nachstehenden **Abbildung 2**.



**Abbildung 2:** Kordon Stadtgrenze Wien – Referenzquerschnitte

Die in der Karte ausgewiesenen Referenzquerschnitte bilden in weiterer Folge die Basis für die Ermittlung des kordonquerenden Verkehrsaufkommens. Im Regelfall wurden diese exakt auf den jeweiligen Kordonquerschnitt im Schienen- bzw. Straßennetz gelegt. Ausnahmen bilden hier die Straßen B7 Brünner Straße, B14 Heiligenstädter Straße, B1 Wiener Straße und Schönbrunner Allee, wo sich die Lagen der, für die Ermittlung des stadtgrenzenquerenden Verkehrs maßgeblichen, manuellen bzw. automatischen Zählquerschnitte nicht genau an der Stadtgrenze befinden sowie die Kaltenleutgebner Straße und Hochstraße im Korridor Breitenfurt, welche zu einem Referenzquerschnitt innerhalb des Stadtgebiets zusammengefasst wurden. Die sich dadurch allenfalls ergebenden Abweichungen von der exakten Verkehrsmenge an der Stadtgrenze sind grundsätzlich vernachlässigbar. Lediglich im Fall des gemeinsamen Referenzquerschnitts Kaltenleutgebner Straße / Hochstraße ist zu berücksichtigen, dass der



Verkehr aus der bzw. in die, auf Wiener Stadtgebiet befindliche, Wohnanlage Waldmühle / Rodaun (rd. 1 000 Bewohner\*innen) in den ermittelten Kordonverkehrsmengen enthalten ist. Auf dem hochrangigen Autobahn- und Schnellstraßennetz sind entsprechende Lageabweichungen der genutzten Zählautomaten vom genauen Stadtgrenzenquerschnitt methodisch nicht relevant, solange sich der Zählquerschnitt auf demselben Abschnitt wie die Stadtgrenze befindet.

Als Referenzzeitraum für die Aufbereitung vorhandener Verkehrsdaten, Durchführung der ergänzenden Verkehrserhebungen sowie Datenharmonisierung, Datensynthese und Ergebnisauswertung wurde, in Abstimmung mit dem Auftraggeber, der Oktober 2021 festgelegt. Damit wurde ein Monat mit stabiler Verkehrslage, was allfällig verzerrende Effekte (Lockdowns, Verkehrsbeschränkungen, ÖV- Angebotsreduktionen, etc.) aufgrund der aktuellen COVID-19-Pandemie anbetrifft, gewählt<sup>1</sup>. Im Anhang finden sich die zu dieser Zeit geltenden Verhaltensregeln im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie.

Details zu den verwendeten Sekundärdaten sowie zur Datensynthese finden sich in den nachfolgenden Unterkapiteln 2.1 bis 2.3.

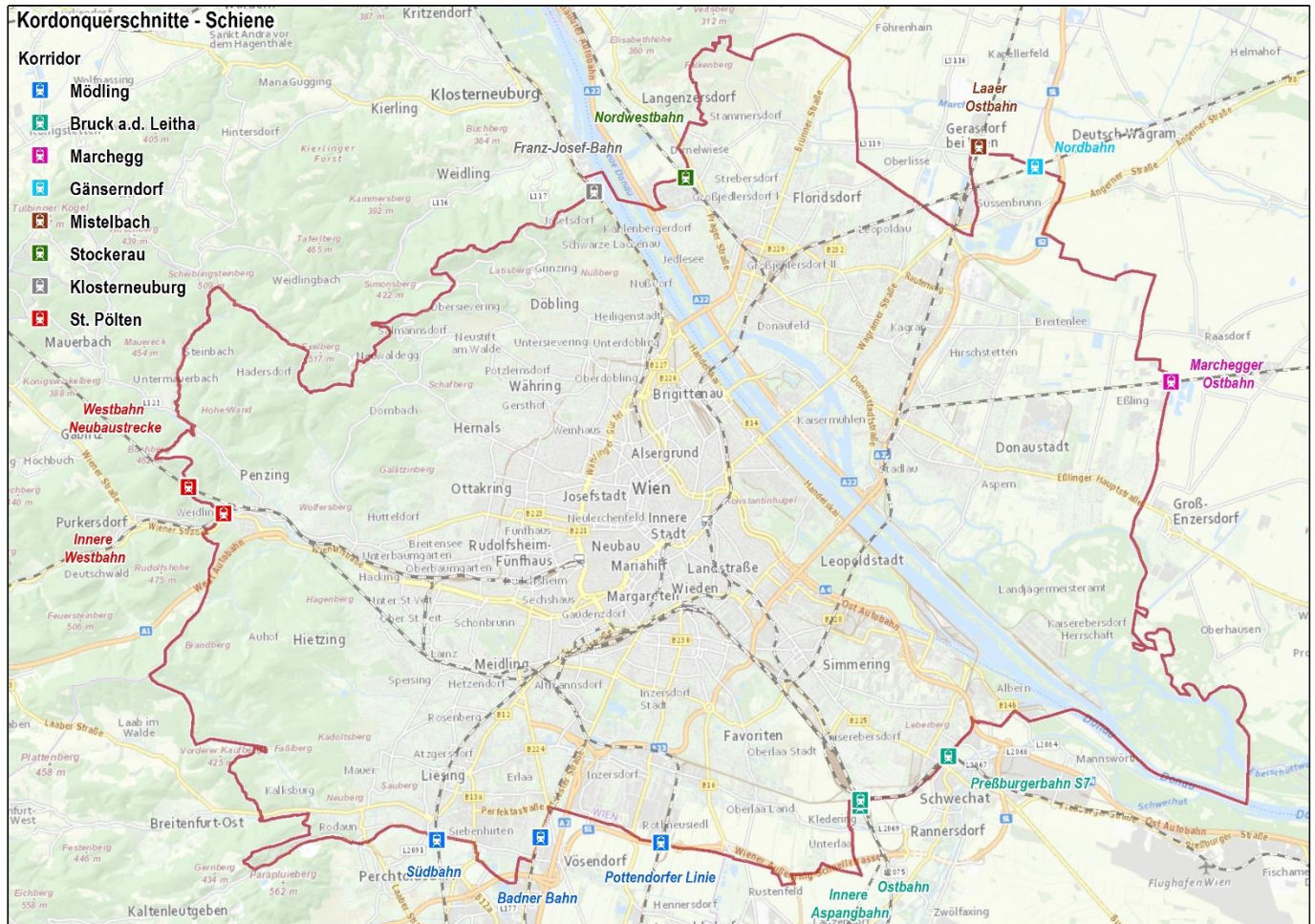
## 2.1. Verkehrsdaten - Öffentlicher Verkehr

Die im Zuge der Projektbearbeitung genutzten Verkehrsdaten im Öffentlichen Verkehr (ÖV) gliedern sich in Fahrgastzahlen im Schienenverkehr und solchen im Linienbusverkehr. Zusätzlich wurden seitens des Auftraggebers, zum Zwecke des Abgleichs mit den Zähldaten, die im Oktober 2021 gültigen Fahrpläne der kordonquerenden Bahn- bzw. Buslinien digital zur Verfügung gestellt. Die umseitige **Abbildung 3** zeigt in einer Übersichtskarte mit den kordonrelevanten (die Stadtgrenze Wien querenden) Schienenstrecken. Der weitaus überwiegende Teil dieses Schienenangebots wird durch die ÖBB-Personenverkehr-AG betrieben. Konkret handelt es sich dabei um die Bahnlinien **Südbahn**, **Pottendorfer Linie (Wiener Neustadt – Ebenfurth – Ebreichsdorf - Wien)**, **Innere Aspangbahn**, **Ostbahn**, **Preßburgerbahn S7**, **Marchegger Ostbahn**, **Nordbahn**, **Laaer Ostbahn**, **Nordwestbahn**, **Franz-Josef-Bahn**, **Westbahn Neubaustrecke** sowie **Innere Westbahn**. Dazu kommen das, seitens der Raaberbahn AG betriebene, Angebot auf der **Pottendorfer Linie (Deutschkreutz – Sopron – Wulkaprodersdorf – Wien)** sowie die **Badner Bahn** der Wiener Lokalbahnen GmbH.

---

<sup>1</sup> Im Betrachtungszeitraum galt in ganz Österreich eine FFP2-Maskenpflicht im Lebensmittelhandel, Apotheken, Trafiken und besonders relevant für das Mobilitätsverhalten auch in öffentlichen Verkehrsmitteln. Darüber hinaus durfte in Wien die Nachtgastronomie und Veranstaltungen über 500 Personen nur von geimpften oder genesenen Personen besucht werden (2 G Regel). Weitere Zugangsbeschränkungen bestanden nicht.



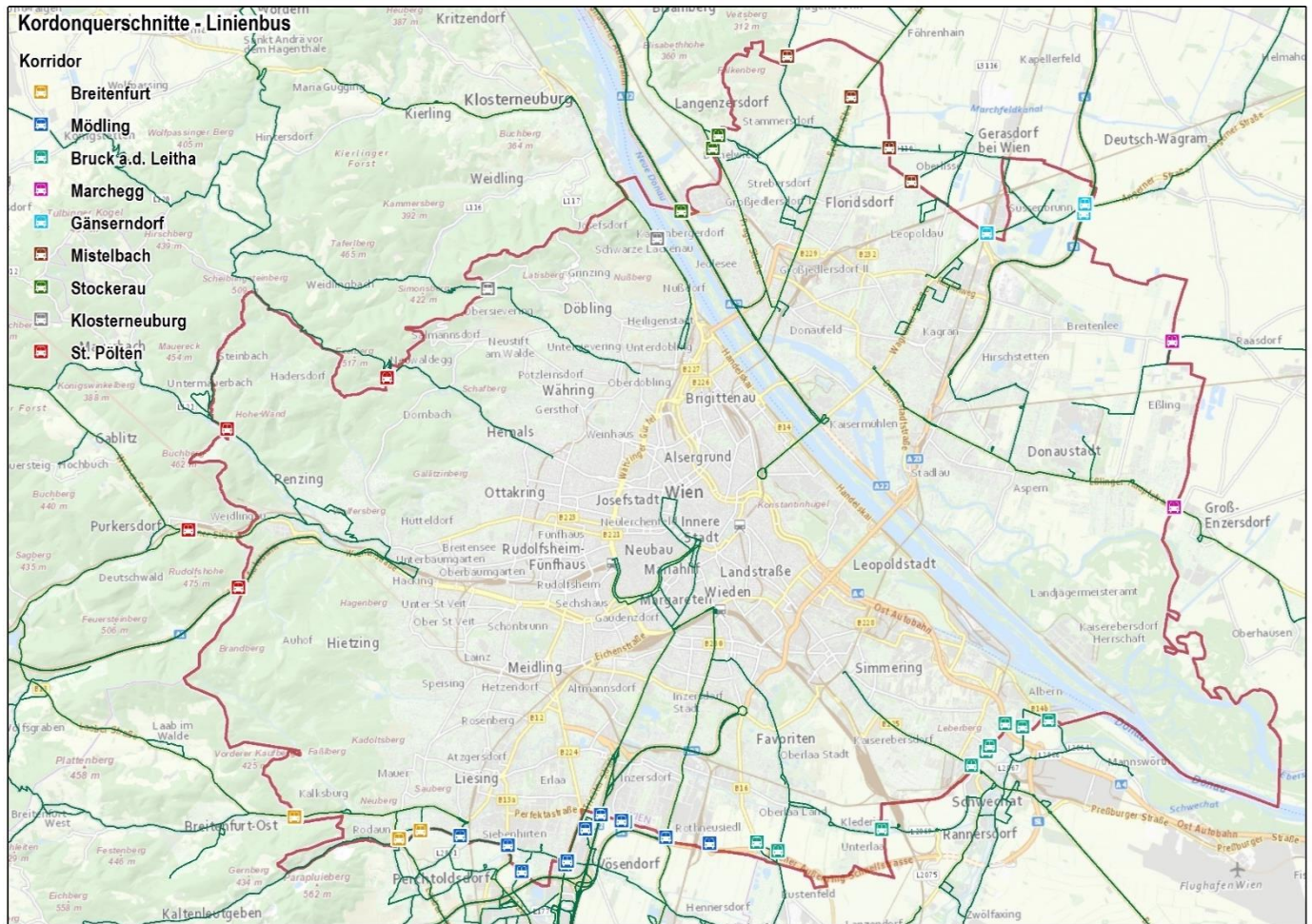


**Abbildung 3:** Schienenstrecken über den Kordon Stadtgrenze Wien

Die im Projekt verwendeten Fahrgastzahlen der Züge auf ÖBB- Strecken resultieren aus einer, in Abstimmung mit der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH, im Herbst 2021 in der gesamten Ostregion durchgeführten Vollerhebung im Nah- und Regionalverkehr. Zähldaten der Raaberbahn AG sowie der Badner Bahn für Oktober 2021 stammen aus Zählungen, welche auf Basis der aktuellen Verkehrsdienstverträge der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH quartalsmäßig geliefert werden. Aus all den genannten Zähldaten wurden jene der kordonrelevanten Züge seitens des Auftraggebers zur Verfügung gestellt, sodass für das Verkehrssegment Nah- und Regionalverkehr Fahrgastzahlen über den Kordon Stadtgrenze Wien nahezu komplett vorlagen. Für das Fernverkehrsangebot auf der Schiene waren keine entsprechenden Zählwerte vorhanden. Hier wurden, neben den Mobilfunkdaten, Zählwerte aus Fahrgasterhebungen auf der Westbahn (Neubaustrecke, Innere Westbahn) aus 2017 sowie auf der Südbahn aus 2019 zur Gewinnung valider Fahrgastzahlen an der Stadtgrenze Wien genutzt. Im Projekt nicht berücksichtigt wurde, aufgrund fehlender brauchbarer Datengrundlagen, das Fernverkehrsangebot des Verkehrsunternehmens RegioJet a.s. aus Tschechien.



Im Linienbusverkehr wurde mittels einer GIS-Analyse das Buslinienetz im Untersuchungsraum mit der Stadtgrenze Wien verschnitten und so die kordonrelevanten Linien ermittelt. Die nachstehende **Abbildung 4** zeigt neben diesen Linien auch die zugehörigen Kordonquerschnitte entlang der Stadtgrenze.



**Abbildung 4:** Kordonquerschnitte Linienbus

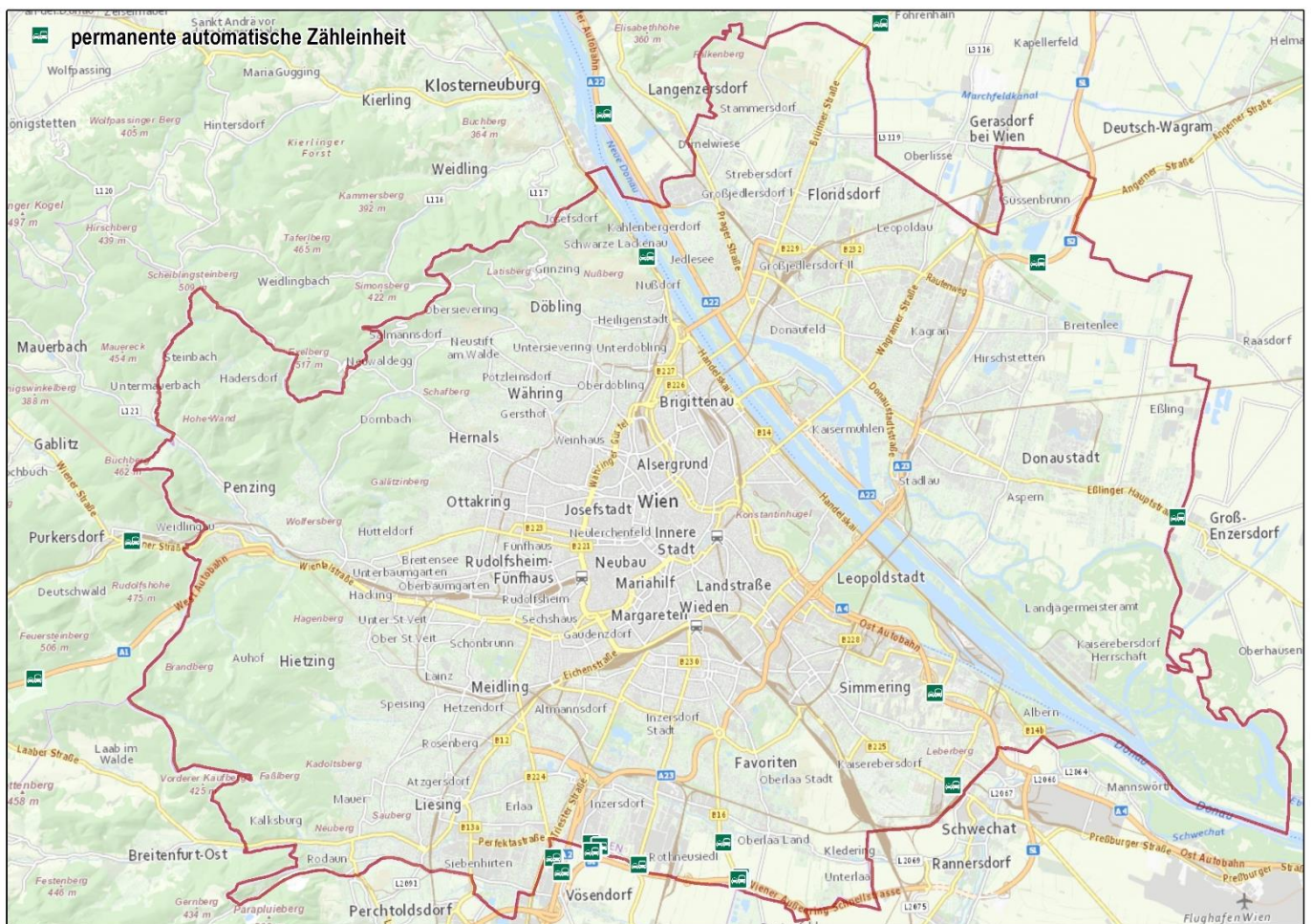
Die Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH fungiert als Besteller praktisch des gesamten stadtgrenzenquerenden Linienbusangebots in der Ostregion. Auf Basis der in diesem Zusammenhang mit den einzelnen Busunternehmen abgeschlossenen Verkehrsdienstverträge, werden von diesen quartalsmäßig Zählraten dem Besteller übermittelt. Aus diesen wurden seitens des Auftraggebers kursscharfe Zählraten für die einzelnen Buslinien zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich in der Regel nicht um Vollerhebungen der einzelnen Linien, sodass die vorhandenen Datenlücken mittels Hochrechnungen sowie im Einzelfall Abschätzungen aufgefüllt werden mussten. Für ausgewählte Buslinien die nicht direkt von der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH bestellt werden, wurden, wenn vorhanden, Zählraten, auf Basis eines entsprechenden Avisos des Auftraggebers, auf direktem Weg von den Verkehrsunternehmen bezogen. In erster Linie betraf dies die Buslinien 25A, 26A, 70A, 71A und 88A der Wiener Linien GmbH & Co KG, welche die Stadtgrenze queren.



Sämtliche Fahrgastdaten im Öffentlichen Verkehr wurden digital aufbereitet, plausibilisiert und mit den Mobilfunkdaten harmonisiert (siehe Kapitel 2.3).

## 2.2. Verkehrsdaten - Individualverkehr

Im Straßenverkehr wurden einerseits im untergeordneten Straßennetz in Nahlage zur Stadtgrenze Wien Fahrzeugzählungen von permanenten automatischen Zähleinheiten der Stadt Wien bzw. des Landes Niederösterreich sowie Daten entsprechender Zählstellen auf dem hochrangigen Autobahn- und Schnellstraßennetz der Autobahnbetreiber ASFINAG und Bonaventura genutzt. Die nachstehende **Abbildung 5** zeigt in einer Übersichtskarte die Lagen der verwendeten permanenten Zähleinheiten.

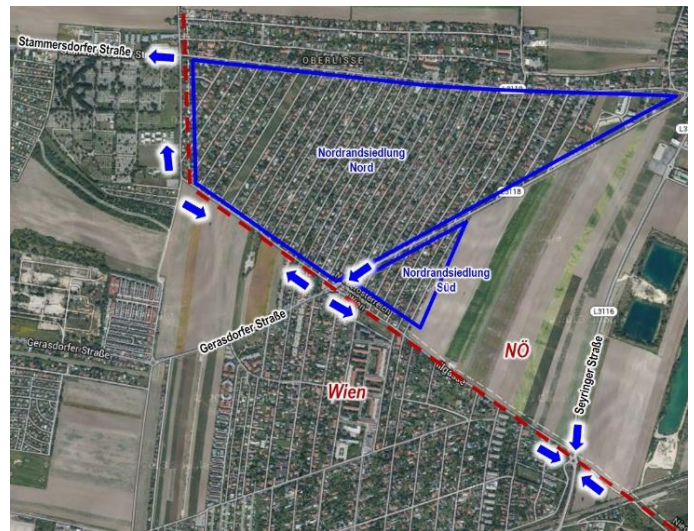
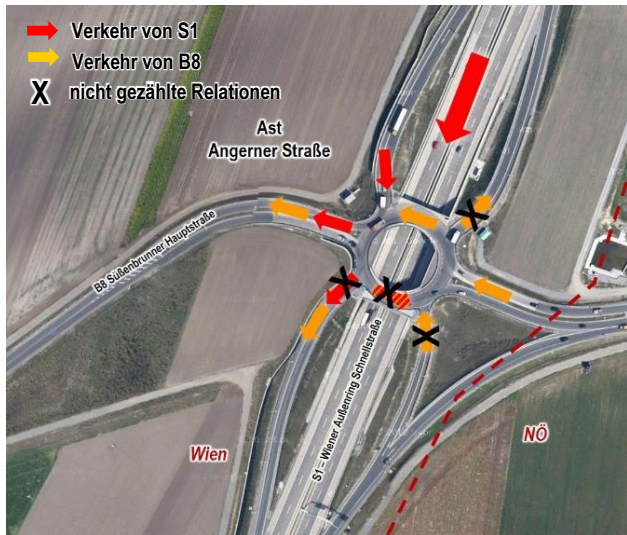


**Abbildung 5:** Kordon Stadtgrenze Wien – Permanente Zähleinheiten Straßenverkehr

Ergänzend dazu wurden im Rahmen des Projekts zusätzliche Verkehrserhebungen auf der Straße geplant. Diese gliederten sich in Fahrzeugzählungen mittels mobiler Seitenradar-Zähleinheiten, welche vom Land NÖ zur Verfügung gestellt und auf Basis der Vorgaben des Auftragnehmers eingesetzt wurden sowie manuelle Verkehrszählungen, die eigenständig durch den Auftragnehmer erfolgten. Primär wurden im Rahmen der manuellen Erhebungen kordonquerende Fahrzeuge gezählt. Selektive wurden an ausgewählten Straßenquerschnitten auch die

stadtgrenzenquerenden Personen erhoben, um in weiterer Folge dadurch eine Grundlage zur Ermittlung von Besetzungsgraden zu gewinnen.

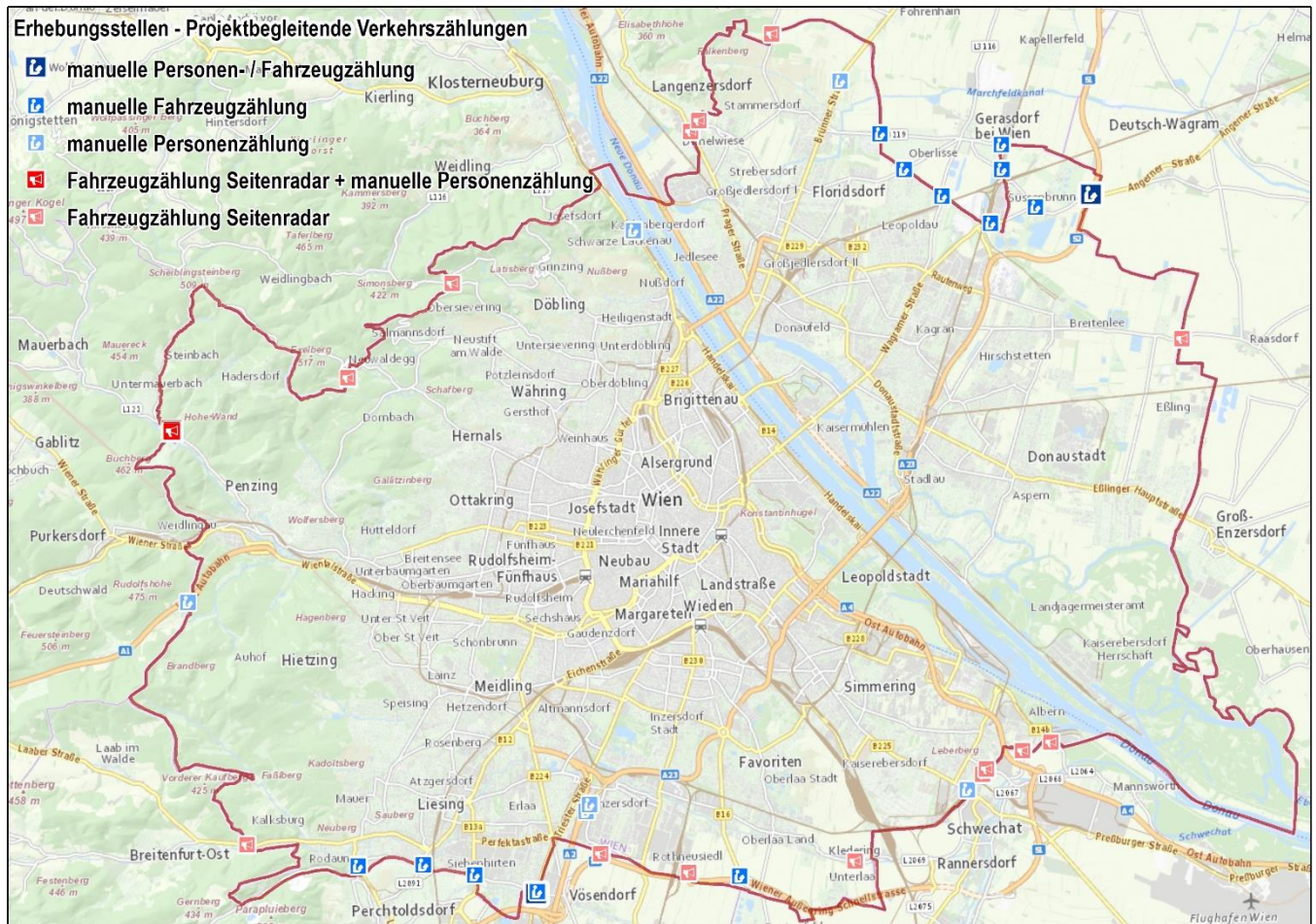
Die Notwendigkeit manueller Verkehrszählungen begründete sich durch die komplexen Situationen der Verkehrsführung an einzelnen Kordonquerschnitten, wo eine differenzierte automatische Erfassung schlichtweg unmöglich war. Beispielhaft dafür sind hier der Knoten S1 – Wiener Außenring Schnellstraße / B8 Süßenbrunner Hauptstraße (Ast Angerner Straße) sowie der Bereich der an der Wiener Stadtgrenze gelegenen Nordrandsiedlung.



Ebenso alternativlos waren manuelle Erhebungen bei der Ermittlung von Personen im motorisierten Individualverkehr. Erfasst wurden dabei all diejenigen Personen, die in einem Pkw oder Kombi bis 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht sowie auf einem einspurigen Kfz oder einem Fahrrad bzw. E-Bike in die Stadt einfahren.

Die umseitige **Abbildung 6** zeigt in einer Übersichtskarte die Erhebungsstellen dieser ergänzend durchgeführten Verkehrszählungen. Farblich signiert und mit Piktogrammen gekennzeichnet ist darin für die einzelnen Querschnitte die jeweilige Methode der Datenerhebung.





**Abbildung 6:** Kordon Stadtgrenze Wien – Erhebungsstellen Projektbegleitende Verkehrszählungen

Die begleitenden manuellen Verkehrszählungen wurden am jeweiligen Erhebungstag in der Zeit von 5 bis 24 Uhr durchgeführt, die Zählungen mit Seitenradar durchgehend über eine Woche. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde jeweils nur die Fahrtrichtung stadteinwärts erhoben. Als Haupterhebungszeitraum wurde mit Oktober 2021 wie bereits oben erwähnt, ein Monat mit stabiler Verkehrslage gewählt. Jedenfalls liefern, mit Wahl dieses Erhebungszeitraums, die Ergebnisse des Projekts einen geeigneten Referenzwert zur Beurteilung der Wirkungen zwischenzeitlich gesetzter Maßnahmen, wie die Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung auf nahezu das gesamte Wiener Stadtgebiet sowie die Einführung des Klimatickets. Konkrete Erhebungstage der manuellen Zählungen waren Di 5.10. 2021, Mi 6.10.2021, Do 7.10.2021 sowie Di 12.10.2021. Die Erhebungen mittels Seitenradar fanden im Zeitraum Di 5.10 bis Di 12.10.2021 statt. Demgemäß bildeten die Wochen 40 bzw. 41 im Oktober 2021 auch den Hauptreferenzzeitraum für das Mobilfunkanalysemodell. Aufgrund der jeweiligen Charakteristik der genutzten Erfassungsmethoden im kordonquerenden Straßenverkehr (permanent automatisch / Seitenradar / manuell), ergab sich für die einzelnen Kordonquerschnitte ein unterschiedlicher Detaillierungsgrad der Zähldaten hinsichtlich der erfassten Fahrzeugkategorien. Dies erforderte im Nachgang eine entsprechende Harmonisierung, um daraus eine gemeinsame Zähldatenbank anlegen zu können.



## 2.3. Datensynthese

Die Datensynthese in diesem Projekt gliederte sich in vier große Bearbeitungsschritte, welche in Abbildung 7 als Systemskizze dargestellt sind. Zunächst mußten alle empirisch erhobenen Eingangsdaten, wie Fahrzeug-, Personen- und Fahrgastzählungen für das Mobilfunkdatenanalysemodell aufbereitet, harmonisiert und auf Plausibilität überprüft werden. Diese Sekundärdaten bildeten die Grundlage für die Kalibrierung und das Mapping (Verortung) der anonymisierten Mobilfunkdaten, der Primärdatenquelle dieses Projekts. Hierfür wurden die Gesamtpersonenströme aus dem Mobilfunknetz dem Straßen- und Schienennetz zugeordnet. Mit Hilfe der aus Sekundärdaten gewonnenen Querschnittsinformationen für die Verkehrsträger Straße und Schiene wurden die Hochrechnungsfaktoren (Extrapolation einer Stichprobe aus dem Mobilfunknetz auf die Gesamtbevölkerung) der Mobilfunkdaten optimiert.

Da derzeit im Mobilfunk methodisch bedingt die Gesamtpersonenverkehre nur nach den beiden Verkehrsträgern Straße und Schiene unterschieden werden können, musste für die straßenseitigen Personenverkehre eine weitere Datenbereinigung erfolgen. Die Mobilfunkdaten, die dem Straßenverkehr zugeordnet sind, enthalten auch Personen, die in Lastkraftwagen, Sattelschleppern bzw. Bussen unterwegs sind. Um den Kfz-bezogenen Personenverkehr zu ermitteln, wurde zuerst der Schwerverkehr von den straßenseitigen Personenverkehren subtrahiert und anschließend die Fahrgäste im Busverkehr auf der Straße im Zuge der Datensynthese dem ÖV-Segment zugeordnet. Auf der Schiene wurden die Ergebnisse mit den empirisch erhobenen Fahrgastzählungen validiert. Diese nachfolgende Bereinigung ergibt finale Quell-Ziel-Matrizen des Personenverkehrs über die Stadtgrenze (Wien-Niederösterreich) für die einzelnen Korridore. Diese Methode wurde für beide Fahrtrichtungen stadteinwärts und stadtauswärts analog angewandt.

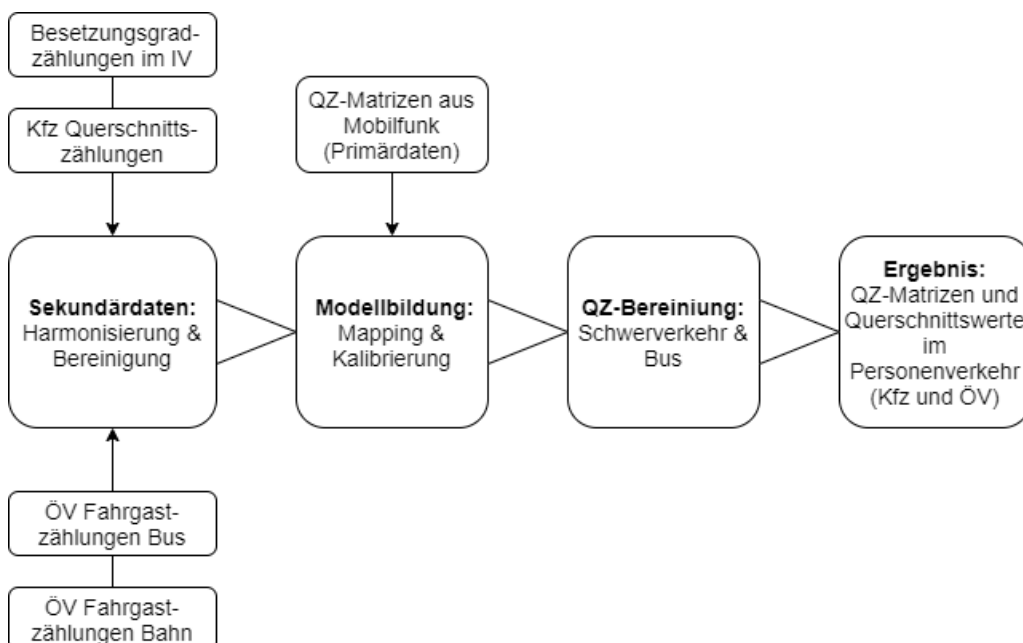


Abbildung 7: Systemskizze der Datensynthese



### 2.3.1. Daten

#### **Primärdatenquelle – anonymisierte Mobilfunkdaten:**

Zur Erstellung der Quell- / Ziel (QZ)- Matrizen und Ermittlung der Personenanzahl an den Korridorabschnitten der Stadtgrenze wurden anonymisierte Mobilfunkdaten aus dem Netz von A1 Telekom Austria AG verwendet. Mit einem Marktanteil von 38,2% (Quelle: RTR Q4/2021) im österreichischen Mobilfunknetz liegt eine sehr große Stichprobe von mehr als 3 Millionen Personen vor, die sich täglich in Österreich bewegen und somit Wege erzeugen. Über den Marktanteil des Mobilfunkanbieters pro Gemeinde in Kombination mit statistischen Strukturdaten (Ausland erkannt über Roaming im Mobilfunknetz) und weiteren soziodemographischen Daten (Alter und Geschlecht) werden die Mobilfunkdaten auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet. Im Roamingbereich werden länderspezifische Hochrechnungsfaktoren verwendet die aus dem Marktanteil des jeweiligen Mobilfunkanbieters, sowie weiteren statistischen Datenquellen (Gerätetyp, Landesdemographie, etc.) generiert werden. Dieser Extrapolationsalgorithmus wurde über mehrere Jahre entwickelt und wird mittels eines Prozesses laufend aktualisiert.

Um einen durchschnittlichen Werktag zu ermitteln, wurden die Matrizen aus drei typischen Werktagen gemittelt (Di 5.10.2021, Mi 06.10.2021, Di 12.10.2021). Aus Datenschutzgründen wird allen Nutzer\*innen (Mobilfunkgeräte mit SIM-Karte (Subscriber Identity Module) täglich eine neue anonyme Identifikationsnummer (ID) im Schritt der Anonymisierung auf Seiten des Mobilfunkbetreibers A1 zugewiesen. Daher können mehrtägige Wegeketten nicht analysiert werden. Grundsätzlich generiert jede ID über den Tag hinweg mehrere Hundert sogenannte Mobilfunkevents bestehend auf Koordinatenpaar und Zeitstempel. Mobilfunkevents sind Telefonate, SMS oder aktive Datenverbindungen im Mobilfunknetz. Diese IDs werden dann anonymisiert und in einem Vorverarbeitungsschritt werden die Trajektorien einem Glättungsschritt unterzogen, um Ausreißer zu entfernen. Mit dieser Grundlage erfolgt in einem weiteren Schritt eine Segmentierung der anonymisierten Trajektorien in stationäre und bewegende Zeitsegmente. Das stationäre Segment muss eine erkennbare Aufenthaltsdauer haben, um von einem Weg (bewegendes Segment) in der Algorithmik getrennt zu werden. Die Aufenthaltsdauer unterliegt keiner fixen zeitlichen Dauer, wurde jedoch in diesem Projekt auf eine Mindestaufenthaltsdauer von 15 Minuten festgelegt. Dieser Grenzwert hat sich in anderen Studien als praktikabel und sinnvoll erwiesen, da so der Effekt einer fehlerhaften Wegetrennung minimiert werden kann aber auch kurze Aufenthalte, an denen eine Aktivität durchgeführt wurde, die aber bei Befragungen häufig vergessen werden (z.B. kurzer Einkauf am Weg zur Arbeit), korrekt abgebildet werden können. Bisherige Erfahrungen und Sensitivitätsanalysen zeigen, dass dieser Effekt im Gesamtsystem jedoch gering ist und Wegelängen stabil und korrekt geschätzt werden können.

#### **Sekundärdatenquellen:**

Zur Kalibrierung des Mobilfunkdatenanalysemodells wurden neben den manuellen Zählungen auf der Straße und Zählungen mittels Seitenradar, auch permanente automatische Zählstellen der Länder Niederösterreich und Wien, aus





dem webbasierten Verkehrsdatenmanagement (WDM), sowie entsprechende Zählstellen von ASFINAG und Bonaventura ausgewertet. Die jeweiligen Zählraten liegen in unterschiedlichen Datenformaten und unterschiedlichen Kfz-Unterscheidungen (8+1, 2+0, ...) vor. Diese Datenformate wurden harmonisiert, um eine gemeinsame Datenbank anzulegen. Da bei automatischen Zählstellen und Seitenradarzahlungen jeweils längere Zeitreihen vorliegen, wurde hier eine Bereinigung der Ausreißer mittels der 95%-Konfidenzintervallen in einzelnen Stundengruppen durchgeführt. Dazu wurden ausschließlich Zählwerte an Werktagen im Oktober 2021 von Dienstag bis Donnerstag in feiertagsfreien Wochen verwendet. So wurden untypische Spitzen geglättet und ein typischer Werktag abgebildet. Zusammen mit den manuellen Personenzählungen wurde ein Zielwert des Besetzungsgrades für die Kalibrierung des Mobilfunkdatenanalysemodells an jenen Querschnitten an der Stadtgrenze ermittelt, an denen entsprechende Zählungen durchgeführt worden waren.

Die manuellen Kfz-Zählungen an einzelnen Straßenquerschnitten wurden nur stadteinwärts durchgeführt. Daher musste dort ein synthetischer Stadtauswärtsverkehr ermittelt werden, um die Methode für beide Fahrrichtungen analog einsetzen zu können. Dazu wurde ein symmetrischer durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) in beide Fahrrichtungen unterstellt. Zählwerte an automatischen Zählstellen stützten diese Annahme. Aus den automatischen Zählstellen mit einem DTV < 10.000 Kfz wurde eine mittlere, relative stadtauswärts Ganglinie ermittelt. Dieser Grenzwert erschien sinnvoll, da er groß genug ist, um über eine genügende Datengrundlage für eine Mittelwertbildung zu verfügen und gleichzeitig klein genug ist, um das durchschnittliche Verkehrsaufkommen an den manuell gezählten Straßenquerschnitten abzubilden. Mittels dem stadteinwärts ermittelten DTV an jedem manuell gezählten Querschnitt und der durchschnittlichen, relativen Stadtauswärtsganglinie wurde je Querschnitt eine Fahrzeuganzahl in allen Zeitsegmenten stadtauswärts berechnet.

Da das Mobilfunkdatenanalysemodell auf dem Verkehrsträger Straße sämtliche Personen abbildet, sind auch Busfahrgäste in den Analyseergebnissen enthalten. Daher werden Fahrgastzählungen benötigt, um einerseits auf eine Gesamtpersonenzahl auf der Straße zu kalibrieren, aber andererseits auch um getrennte Aussagen zum Modus ÖV und Besetzungsgraden im IV auf der Straße treffen zu können. Die verwendeten Fahrgastzählungen unterschiedlicher Busunternehmen wurden seitens der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH zur Verfügung gestellt. Da nicht für alle Fahrplankurse jeder Linie Zählungen vorlagen, wurden die vorhandenen Zählraten je Kurs mit den Soll-Fahrplänen abgeglichen, um Datenlücken zu identifizieren. Datenlücken wurden im Nachgang in Abstimmung mit den jeweiligen Busunternehmen geschlossen. Da einzelne Kurse einer Linie unterschiedliche Haltemuster aufweisen, wurde aus den mit dem Fahrplan verschnittenen Fahrgastzählungen der jeweils erste Halt vor bzw. nach der Stadtgrenze, zusammen mit einem Zeitstempel, aus dem Fahrplan extrahiert, um die Fahrgäste je Stundengruppe den einzelnen Querschnitten zuzuweisen. Sofern mehrere Werktage eines Kurses in den Zählraten vorhanden waren, wurden Mittelwerte gebildet, um Schwankungen auszugleichen. Für die Mittelwertbildung wurden ebenfalls ausschließlich typische Werktage verwendet.



Als Kalibrierungs- und Validierungsgrundlage für das Mobilfunkdatenanalysemodell auf der Schiene wurden empirische Fahrgastzählungen am Querschnitt Stadtgrenze differenziert nach Zugkategorien auf den relevanten Bahnlinien vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und verwendet.

### 2.3.2. Synthese

Über einen sogenannten MapMatching-Algorithmus wurden die anonymisierten und vorverarbeiteten (segmentierten) Mobilfunktrajektorien dem Straßen- und Schienennetz zugeordnet. Dabei wurde über die Lage der einzelnen Trajektorien der wahrscheinlichste Weg am Netzgraphen ermittelt.

So wurden u.a. die einzelnen Trajektorien Straßenquerschnitten zugewiesen, die dann auf Korridore an der Stadtgrenze aggregiert werden. Für das Straßennetz wurde hierfür ein neues Raummodell für die VOR-Region aufgebaut, indem auf Basis von 1033 Verkehrszellen, die außerhalb Wiens im Wesentlichen den Gemeinden der VOR-Region entsprechen, Hochrechnungsfaktoren bestimmt wurden. Die 1033 Verkehrszellen setzen sich zusammen aus 250 Zellen in Wien, 609 Zellen in Niederösterreich, 171 Zellen im Burgenland und je eine Zelle für die drei Außenkordone Oberösterreich, Steiermark und Slowakei. Die vielen Verkehrszellen erlauben zwar eine detaillierte Hochrechnung, erfordern aber im Nachgang aus Datenschutzgründen zumindest eine Aggregation auf Korridorabschnitte an der Stadtgrenze, sowie außerhalb Wiens auf Gemeindeebene und innerhalb Wiens auf Bezirksebene. Jede anonymisierte Trajektorie verfügt über einen Hochrechnungsfaktor aus ihrer Quellzelle. Das Mapping auf die einzelnen Straßenquerschnitte erhöht den Detaillierungsgrad der Ergebnisse, erfordert jedoch eine Anpassung der quellseitigen Hochrechnungsfaktoren. Das Kalibrieren des quellseitigen Hochrechnungsfaktors verändert die Querschnittswerte aller Straßenzüge, die von Trajektorien ausgehend von dieser Quelle passiert werden. Der quellseitige Hochrechnungsfaktor muss dabei zwei Randbedingungen erfüllen: Einerseits müssen die Personenzielwerte, an jenen Straßenzügen mit Personenzählungen getroffen werden, andererseits müssen plausible Besetzungsgrade an allen Straßenzügen vorliegen, an denen nur Fahrzeugzählungen durchgeführt wurden. Für die Kalibrierung wurden auch die Fahrgastzählungen im Busverkehr mitberücksichtigt. In einem iterativen Prozess wurde das Modell so an allen Kordonquerschnitten kalibriert.

Nach dem Prozess der Zuordnung der mobilfunkbasierten Personenverkehre auf den Verkehrsträger Straße, wurden die Restverkehre mittels eines eigenen Wahrscheinlichkeitsmodells, unter Verwendungen verschiedener Merkmale (u.a. Schienennetzgraph pro Bahnlinie), auf die unterschiedlichen Bahnlinien verteilt. Diese Ergebnisse wurden mit den vorhandenen empirischen Zählungen abgeglichen und daraus bahnliniensbezogene QZ-Matrizen als Analyseergebnisse im Projekt generiert. Fehlerhafte Wegetrennung durch zu lange Wartezeiten am Bahnhof (z.B. Park&Ride) konnten ausgeschlossen werden, da für alle Bahnmatrizen jeweils die Etappe davor, somit der Zugang zum Bahnhof, in der Analyse mitberücksichtigt wurde.





Die Badner Bahn der Wiener Lokalbahnen GmbH (WLB) war nicht integrativer Bestandteil dieses Wahrscheinlichkeitsmodells, da hier keine Unterscheidung zwischen Straße und Schiene aufgrund der Ähnlichkeit mit einer Straßenbahn möglich ist. Die hier erzielten Ergebnisse für die Quell- bzw. Ziellagen basieren auf einem konventionellen Gravitationsmodell und die Querschnittsergebnisse stützen sich auf die reinen empirischen Zählraten. Quell- / Ziel – Relationen konnten für die Badner Bahn nicht ermittelt werden.

Aus der Gesamtpersonenanzahl, jener Mobilfunktrajektorien die der Straße zugeordnet wurden, wurden noch Schwerverkehr und Fahrgäste in Linienbussen herausgerechnet, um den Personenindividualverkehr gemäß den Analyseanforderungen abzubilden. Diese Bereinigung erfolgte über bekannte Querschnittsinformationen aus Zählraten an den Straßenquerschnitten. Die wahrscheinlichste Verteilung der auf die Querschnitte zugeordneten QZ-Matrizen im jeweiligen Zeitsegment wurde dabei verwendet. Die SV-Anteile der einzelnen Stundengruppen wurden aus den empirischen Zählraten verfügbar. Für den Schwerverkehr wurde ein Besetzungsgrad von einer Person pro Fahrzeug unterstellt. In einem ersten Schritt wurden, gemäß der proportionalen Verteilung der QZ-Beziehungen, die Personen im Schwerverkehr aus der QZ-Matrix auf jenen Relationen abgezogen, auf denen proportional eine ausreichende Personenanzahl vorhanden war, um eine Korrektur durchführen zu können. In einem zweiten Schritt wurde noch jene Restmenge an Personen im Schwerverkehr aus den wahrscheinlichsten Relationen abgezogen, die noch über genügend Personen verfügten.

Gemäß den Analyseanforderungen mussten auch für den Linienbusverkehr die gezählten Fahrgäste von der Gesamtpersonen QZ-Matrix auf der Straße in Abzug gebracht werden. Hier stellt die Lage der Haltestellen und deren Einzugsgebiet die primäre Grundlage zur Zuordnung der Fahrgäste zu den einzelnen QZ-Beziehungen dar. Dazu wurden die Fahrgastzahlen im Linienbus auf die QZ-Beziehungen jener Gemeinden, die von den jeweils relevanten Buslinien bedient werden, stadteinwärts quell- bzw. stadtauswärts zielseitig, eingegrenzt. Im Einzelfall wurde das Einzugsgebiet der Haltestellen auf die angrenzenden Gemeinden ausgeweitet. Die Fahrgastzahlen im Linienbus an einem linienbusrelevanten Straßenkordonquerschnitt wurden so von der Gesamtpersonenanzahl jener QZ-Beziehungen, mit Quell- bzw. Zielgemeinde im Einzugsbereich des Linienbusses, abgezogen.

Da in den ersten Stunden nach Mitternacht die tägliche ID-Randomisierung (Grundlage für Anonymisierung) der Mobilfunkdaten durchgeführt wird, kann auf Ebene der Straßenquerschnitte für diese Nachstunden mit der Standardmethode keine valide Personenhochrechnung durchgeführt werden. Dazu wurde für den Zeitraum von 3 bis 5 Uhr ein Besetzungsgrad aus Mobilfunkdaten ermittelt und damit die Fahrzeugzählungen von 0 bis 3 Uhr auf Personen hochgerechnet. Die so ermittelte Personenanzahl wurde gemäß der relativen Verteilung der QZ-Beziehungen aufgeteilt

Bei der Ermittlung des Besetzungsgrades Personen pro Pkw wurden die Nachstunden von 0 bis 5 Uhr nicht berücksichtigt und Reisebusse sowie Zweiräder vorab ausgeschieden. Dabei wurde für Reisebusse eine mittlere Anzahl von 20 Personen pro Bus bzw. bei Zweirädern von 1,1 Personen pro Fahrzeug angenommen.

Berechnet wurde der Besetzungsgrad am Gesamtkordon Stadtgrenze Wien in Fahrtrichtung stadteinwärts für das Frühsegment von 5 bis 9 Uhr und für den Zeitabschnitt 5 bis 24 Uhr.

### 2.3.3. Erkenntnisse

Anonymisierte Mobilfunkdaten erweisen sich als sehr nützliche Primärdatenquelle zur Beschreibung von stadtgrenzüberschreitenden Verkehren, insbesondere für Quell-Ziel-Informationen. Zusätzliche Sekundärdaten ermöglichen eine größere Detailierung der Ergebnisse. Die Analysen zeigen, dass für eine Beschreibung des stadtgrenzquerenden Verkehrsaufkommens Sekundärdaten aus vorhandenen bzw. begleitenden Verkehrserhebungen (MIV- Fahrzeugzählungen, ÖV- Fahrgaszählungen etc.) zwingend erforderlich sind. Mittels punktuellen automatischen Zählstellen und Fahrgastzählungen im Linienbus kann mit geringem Aufwand ein Großteil der benötigten Sekundärdaten gewonnen werden. Eine verbesserte Kalibrierungsgrundlage könnte durch eine Ausweitung der automatischen Zählstellen auf projektrelevante Querschnitte gewonnen werden, da so durchgehend längere Zeitreihen zur Verfügung stünden. Weiters sind auch punktuell Personenzählungen erforderlich, da eine automatisierte Umrechnung automatisch erhobener Kfz-Zählungen und Mobilfunkdaten in Personenverkehr noch nicht möglich ist.

Einen großen Vorteil des Mobilfunks stellt die, gegenüber manuellen Verkehrsbefragungen bzw. Stichtagszählungen, hohe Stichprobe über die gesamte Bevölkerung und auch deren räumliche Verteilung dar. Weiters ist die historische zeitliche Verfügbarkeit der Mobilfunkdaten gegenüber stichprobenhaften Befragungen ein wesentlicher zusätzlicher positiver Aspekt.

Herausforderungen in der Interpretation einzelner QZ-Beziehungen stellt die methodische Segmentierung der Mobilfunktrajektorien dar. Da z.B. Bring- und Holwege oder Lieferwege keinen längeren Aufenthalt am Aktivitätsort besitzen, wird dieser Weg im Mobilfunk nur unzureichend erkannt; eine Trennung in den Hin- und Rückweg eines Transportweges erfolgte nicht. Bei stadtgrenzüberschreitenden Transportwegen dieser Art werden diese daher als stadtgrenzquerende Binnenverkehrswege Wiens oder des Umlands abgebildet. Ebenfalls sind für einige Trajektorien methodisch keine klaren Quell- und Zielzellen zuordenbar. Beispiele für diese Wege sind:

- Stadtgrenzquerende Wege mit Start und Ziel in derselben Gemeinde in NÖ oder Wien, bei denen durch den Segmentierungsalgorithmus eine Aktivität der Wegekette jenseits der Stadtgrenze nicht erkannt wird („unechter Binnenverkehr“).
- Wege, die im Ausland starten und durch ein fehlendes stationäres Segment im österreichischen Mobilfunknetz nicht korrekt erkannt werden.
- Fehlerhafte Verortung der anonymisierten Trajektorien auf das Straßennetz durch z.B. schwache Datenlage, wegen sehr geringer Mobilfunk- bzw. Internetnutzung eines Mobilfunkgerätes.

In den Tabellen des Berichts wird der Anteil der oben aufgeführten Wege als „nicht zuordenbare Quell- / Ziel - Relationen“ ausgewiesen. Der jeweilige Anteil jener nicht zuordenbaren Trajektorien bewegt sich für die einzelnen





Korridore jedoch im niedrigen einstelligen Prozentbereich. Das Mobilfunkanalysemodell zur Berechnung der schienengebundenen Verkehre hat sich als sehr plausibel und valide erwiesen.

Für validere Aussagen auf QZ-Ebene empfiehlt es sich ein größeres Analysegebiet in Zukunft in einem solchen Projekt in Betracht zu ziehen. Ähnlich wie die Außenkordone Steiermark, Oberösterreich oder der Slowakei sollten hier weitere grobe Verkehrszellen, wie Ungarn oder Salzburg, berücksichtigt werden. Dazu sollte im Vorfeld eines Projektes immer eine genaue Definition des Planungs- und Untersuchungsraumes gemacht werden.

Ein wichtiger abschließender Aspekt bei der Nutzung von Mobilfunkdaten für Projekte dieser Art ist die notwendige Kenntnis der Datengrundlage in Kombination mit der verkehrsplanerischen Expertise der bearbeitenden Personen.

Jedenfalls sind Mobilfunkdaten immer mit „klassischen“ Zähldaten (Automatische und manuelle Straßenverkehrszählung, manuelle bzw. AFZ- Fahrgastzählungen) zu verschneiden, zu harmonisieren und synthetisieren. Weiters ist hier auch anzuführen, dass es schon viele automatisierte Analyseprozesse zur Bearbeitung der Mobilfunkdaten gibt, jedoch immer auch noch ein höherer manueller Aufwand von Personen mit einer Expertise im Bereich algorithmischer Datenverarbeitung notwendig ist.