



Diplomarbeit

# Räumliche und zeitliche Muster im Fahrgastaufkommen der Wiener U-Bahn

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplom-Ingenieurin eingereicht an der TU-Wien,  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Marina Rehse**

11814227

Betreuer: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Bardo Hörl  
Institut für Raumplanung  
Forschungsbereich Verkehrssystemplanung  
Technische Universität Wien,  
Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

Wien, am 21.10.2024



## Kurzfassung

In einer Großstadt wie Wien bildet der öffentliche Verkehr eine wesentliche Säule in der Mobilität der Menschen, 32 Prozent der Wege werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt. Gerade in Zeiten des wachsenden Bewusstseins für umweltfreundliche Mobilität wird dem Fortbewegungsmittel U-Bahn eine große Bedeutung beigemessen. Fast die Hälfte der Fahrgäste der Wiener Linien entfallen auf die U-Bahn.

Wie so oft in der Raumplanung, sind auch in Wien Personen, Arbeitsplätze und viel frequentierte Orte nicht gleichmäßig im Raum verteilt. Diese Unregelmäßigkeiten haben einen großen Einfluss auf den öffentlichen Verkehr, da Fahrgäste nicht regelmäßig verteilt sind. Betrachtet man die Fahrgastzahlen, kann man Muster zwischen Uhrzeiten, Wochentagen und räumlichen Gegebenheiten feststellen. Die vorliegende Arbeit widmet sich der Detektion und Beschreibung dieser Muster. Dafür wurden von den Wiener Linien Daten zu den Fahrgastzahlen zur Verfügung gestellt, die analysiert wurden.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit zeitlichen Differenzen, die in den Daten vorhanden sind. Es wird dabei auf Unterschiede der Fahrgastzahlen zwischen Uhrzeiten und Wochentagen sowie auf weitere spezifische zeitliche Phänomene eingegangen.

Im Fokus des zweiten Teils der Arbeit stehen räumliche Unterschiede bei den Zahlen der Fahrgäste. Dabei wird die Verteilung der Fahrgäste über alle Stationen und der Einfluss von Einwohner\*innendichte, Arbeitsplätzen und Wertigkeiten von Stationen untersucht.

Zuletzt werden Methoden zur Reduktion der negativen Auswirkungen von vorhanden Differenzen recherchiert. Hierbei werden Beispiele aus der Literatur herangezogen und zum Schluss die Umsetzbarkeit in Wien bewertet.



## Abstract

In a large city like Vienna, public transport plays a crucial role in people's mobility, with 32 percent of all journeys made using public transport. Especially in times of growing awareness of environmentally friendly mobility, the metro is of great importance as a means of transport, accounting for nearly half of all passengers using the Wiener Linien.

As is often the case in spatial planning, people, workplaces and busy places are not evenly distributed in Vienna. These irregularities have a major impact on public transport, as passengers do not leave regular patterns. Looking at the number of passengers, differences can be seen between hours, days of the week and spatial conditions. This work is dedicated to detecting and describing these patterns. For this purpose, Wiener Linien provided data on passenger numbers, which were analyzed.

The first part of the work examines time differences that are present in the data. Differences between times of the day and days of the week as well as other time specific phenomena are discussed.

The second part focuses on spatial differences in the number of passengers. The distribution of passengers across all stations and the influence of population density, jobs and station values are examined.

Finally, methods for reducing the negative effects of existing differences are researched. Examples are derived from the literature and finally the feasibility in Vienna is assessed.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>13</b>
1.1 Motivation	13
1.2 Problemstellung	13
1.3 Forschungsfragen	14
1.4 Methoden	14
1.5 Aufbau	15
<b>2 Grundlagen</b>	<b>19</b>
2.1 Mobilität	19
2.2 Anforderungen an den Betrieb eines Verkehrssystems	19
2.2.1 Sicherheit	20
2.2.2 Verlässlichkeit	20
2.2.3 Wirtschaftlichkeit	20
2.2.4 Legitimation	21
2.3 Qualität des öffentlichen Verkehrs	21
2.3.1 Bedienungsqualität	21
2.3.2 Beförderungsqualität	21
2.4 Kapazität des öffentlichen Verkehrs	22
2.5 Fahrplan	23
2.6 Mobilität in Wien	24
2.7 Öffentlicher Verkehr in Wien	25
2.8 Organisation des öffentlichen Verkehrs in Wien	25
2.9 Die Wiener U-Bahn	26
2.9.1 Fakten der Wiener U-Bahn	27
2.9.2 Bedienformen der Wiener U-Bahn	27
2.10 Die Daten der Wiener Linien	29
<b>3 Zeitliche Verteilungsmuster der Fahrgastnachfrage</b>	<b>33</b>
3.1 Vorgangsweise	33
3.2 Der Fahrplan der Wiener U-Bahn	34

3.3 Tagesganglinien der Einsteiger*innen	36
3.3.1 Tagesganglinie der Einsteiger*innen - Wochentag	37
3.3.2 Tagesganglinie der Einsteiger*innen - Samstag	39
3.3.3 Tagesganglinie der Einsteiger*innen - Sonntag/Feiertag	39
3.3.4 Tagesganglinien der Einsteiger*innen Fazit	39
3.4 Direkter Vergleich der Wochentage	42
3.5 Analyse der Abgehenden Belegung	44

## **4 Räumliche Verteilungsmuster der Fahrgastnachfrage** **45**

4.1 Einwohner*innen und Fahrgastzahlen	52
4.2 Beschäftigte und Fahrgastzahlen	53
4.3 Fahrgastzahlen und Wertigkeit der Stationen	55
4.4 Fahrtrichtungsbezogene Analyse	56
4.5 Externe Einflussfaktoren	62
4.5.1 Geschäftsstraße am Wochenende - Beispiel Mariahilfer Straße	62
4.5.2 Einfluss des Wetters	66
4.5.3 Jahreskarte	69
4.5.4 Parkpickerl	69

## **5 Konzepte für vorhandene Muster** **71**

5.1 Anpassung der externen Rahmenbedingungen	71
5.1.1 Flexibilität der Arbeitszeiten/Schulzeiten	71
5.1.2 Soziale Norm	72
5.1.3 Homeoffice	73
5.2 Belohnungen	74
5.3 Bauliche Maßnahmen der Fahrzeuge zur Erhöhung der Kapazität	76
5.4 Verkehrsabhängige Bedienungsweisen	77
5.4.1 Kurzführung	77
5.4.2 Flügelzüge	78
5.4.3 Kleine Einheiten am Linienende	78
5.5 Kurzzüge	78
5.6 Dynamischer Wageneinsatz	79
5.6.1 Taktgebundenes Grundangebot mit Verstärkerzüge	79
5.6.2 Verkehrsabhängiger Betrieb ohne Grundtakt	79
5.7 Nutzung von Echtzeitdaten	80
5.8 Der Umgang mit Mustern in Wien	81
5.9 Ausblick	83

Reflexion	86
Fazit	87
Abbildungsverzeichnis	88
Literaturverzeichnis	94



## Danksagung

Ein großes Dankeschön gilt dem Betreuer dieser Arbeit Herrn Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bardo Hörl. Das stets sehr konstruktive Feedback hat einen erfolgreichen Abschluss der Arbeit ermöglicht.

Weiters möchte ich den Wiener Linien und allen Beteiligten dort ein großes Dankeschön ausrichten. Ohne die Daten wäre die Erstellung der Arbeit nicht möglich gewesen. Die Unterstützung und Hilfsbereitschaft hat es mir erst ermöglicht, mir dieses Thema, welches mich sehr interessiert, erarbeiten zu können.

Zuletzt möchte ich meiner Familie und meinen Freunden danken, die mir stets zur Seite stehen und bei der Erstellung der Arbeit viel Verständnis und Unterstützung gezeigt haben.



# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die Idee, eine Diplomarbeit zum Thema Fahrgastzahlen der U-Bahn zu verfassen, ist mir durch die Arbeit, die ich zu diesem Zeitpunkt neben dem Studium ausgeübt habe, gekommen. Dadurch, dass ich sehr viel Zeit in U-Bahnen verbracht habe und dabei auch regelmäßig alle Stationen zu verschiedenen Zeiten erlebt habe, ist mir die Frage gekommen, ob Muster, die subjektiv wahrgenommen werden, auch quantitativ in Daten zu erkennen sind.

Ich habe in einem ersten Schritt die Wiener Linien kontaktiert um überhaupt abzuklären, ob es möglich ist, mit diesen Daten zu arbeiten. Dankenswerter bekam ich bald die Zusage einen Datensatz zu erhalten. Zu meiner Überraschung habe ich festgestellt, dass es zu diesem Thema zwar bereits wissenschaftliche Forschung gibt, aber wenige Arbeiten beschäftigen sich direkt mit dem Thema bzw. haben mit entsprechenden Daten gearbeitet. Für mich persönlich ist diese Arbeit ein Abbild der Methoden, die mir im Studium am meisten gelegen sind, statistische Aufgaben in Verbindung mit geografischen Informationssystemen haben mir immer besonders große Freude bereitet.

## 1.2 Problemstellung

Der Grund, warum eine Untersuchung der Muster des Fahrgastaufkommens der Wiener U-Bahn notwendig ist, ist folgender: Durch diese Muster im Fahrgastaufkommen entstehen Unregelmäßigkeiten im Netz. Durch eine unterschiedlich große Zahl an Ein- und Aussteiger\*innen an den verschiedenen Stationen sind die vorhandenen Kapazitäten unterschiedlich stark ausgelastet. Zu bestimmten Zeiten würde es bei einem konstanten Wageneinsatz an bestimmten Stationen zu Über- oder Unterlastungen kommen. Damit dies nicht eintritt, müssen Maßnahmen gesetzt werden. Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, eine größtmöglich Effizienz für das Unternehmen und gleich-

zeitig eine größtmöglich Qualität für die Fahrgäste zu erreichen. Um Maßnahmen festsetzen zu können, ist im ersten Schritt die Kenntnis über Muster im Fahrgastaufkommen unerlässlich.

### 1.3 Forschungsfragen

Das Thema der Arbeit sind räumliche und zeitliche Muster in Fahrgastdaten der Wiener U-Bahn. Der Aufbau der Arbeit folgt dieser Einteilung in die zwei Kategorien, wobei auch Muster angesprochen werden, die beide Dimensionen beinhalten. Diese Differenzierung lässt sich auch in den Forschungsfragen nachvollziehen.

Die drei Forschungsfragen lauten:

- 1. Welche zeitlichen Muster gibt es bei den Fahrgastzahlen der Wiener U-Bahn?**
- 2. Welche räumlichen Muster gibt es bei den Fahrgastzahlen der Wiener U-Bahn?**
- 3. Wie kann mit den Problemen, die sich ergeben haben, umgegangen werden, um eine größtmögliche Effizienz und gleichzeitig Qualität zu erreichen?**

Die ersten beiden Fragen werden durch statistische und räumliche Analyse der zur Verfügung gestellten Daten bearbeitet. Bei der dritten Frage wird eine andere Herangehensweise gewählt: Zuerst einmal baut sie auf den Ergebnissen der ersten beiden Forschungsfragen auf. Dann werden bei dieser Frage nicht nur Ergebnisse, die in Wien entstehen, berücksichtigt, sondern durch Literaturrecherche und Best-Practice Beispiele sollen Wege gefunden werden, wie mit den Ergebnissen umgegangen werden kann und wie die entdeckten Differenzen positiv genutzt werden können.

### 1.4 Methoden

Im zweiten Kapitel werden die Grundlagen, die für diese Arbeit notwendig sind, erläutert. Diese wurden durch Literaturrecherche unterstützt erarbeitet.

Das dritte Kapitel, beschäftigt sich mit den zeitlichen Unterschieden, die in den Fahrgastzahlen der U-Bahn vorhanden sind. Hierbei wurden die Daten der Wiener Linien mittels deskriptiver Statistik bearbeitet. Beim vierten Kapitel, welches sich mit den räumlichen Unterschieden beschäftigt, kommen räumliche Analysemethoden, die mittels GIS durchgeführt wurden, zum Einsatz. Es werden außerdem weitere statistische Methoden, wie beispielsweise die Korrelationsanalyse, angewendet.

Das letzte Kapitel stützt sich wiederum auf eine Literaturrecherche. Hier erfolgt eine Interpretation der Ergebnisse, die gewonnen werden konnten.

## 1.5 Aufbau

Die Struktur der Arbeit kann aus den Forschungsfragen abgeleitet werden. Während im ersten Teil die Daten analysiert werden, um Muster aufzudecken und zu beschrei-

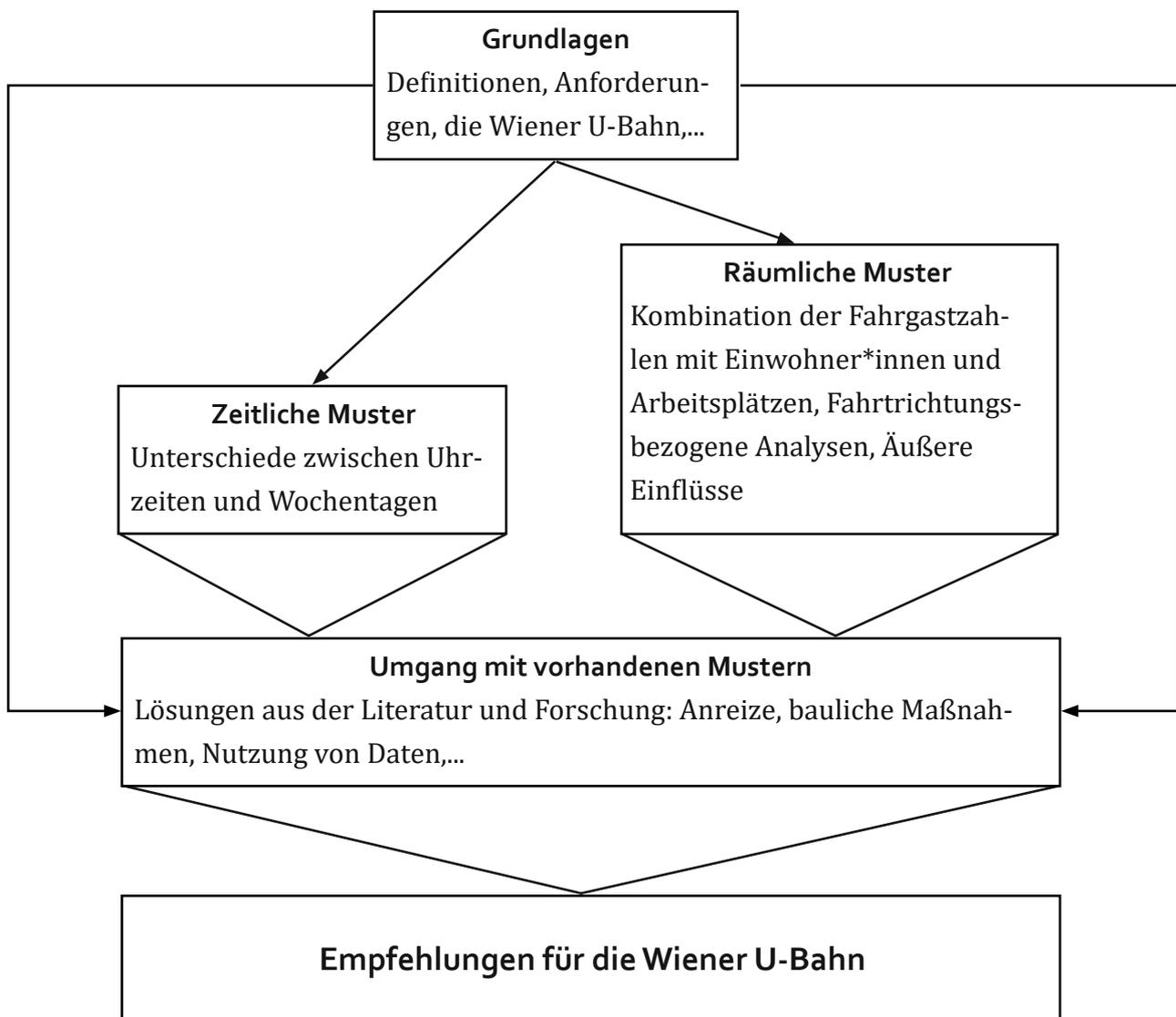


Abbildung 1: schematischer Aufbau der Arbeit

ben, beschäftigt sich der zweite Teil der Arbeit mit den Schwierigkeiten, die Differenzen mit sich bringen. Dafür wird wissenschaftliche Literatur analysiert und die dadurch gewonnen Erkenntnisse werden mit den Ergebnissen der Analyse der Fahrgäste der Wiener U-Bahn in Verbindung gesetzt. So sollen Schlussfolgerungen, wie mit der Situation in Wien umgegangen werden kann, gewonnen werden. (vgl. Abbildung 1)





## 2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Begriffe definiert und erklärt. Außerdem wird auf Anforderungen, die an den Betrieb eines Verkehrssystems gestellt werden, eingegangen. Dies ist wichtig, da das Ergebnis der Arbeit Empfehlungen zum Umgang mit Differenzen in Wien darstellen soll. Diese können aber nur getroffen werden, wenn grundlegende Notwendigkeiten eines Betriebs beachtet werden. In dem vorliegenden Kapitel wird auch auf die Wiener U-Bahn eingegangen. Zum Schluss werden die Daten, auf welchen die Arbeit basiert und die von den Wiener Linien zur Verfügung gestellt wurden, vorgestellt.

### 2.1 Mobilität

Der Begriff Mobilität allgemein beschreibt die Bewegung von Menschen und Dingen. In der Verkehrsplanung wird der Begriff als „... *Beweglichkeit des Menschen außer Haus zum Zweck der Überwindung räumlicher Distanzen*“ (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2012, 87) definiert. In dieser Arbeit steht die zirkuläre Mobilität von Personen im Vordergrund. Es handelt sich hierbei um eine Mobilität, welche alltägliche Ortsveränderungen, die außerhalb des Wohnsitzes stattfinden, beschreibt. (vgl. ebd.) Wie diese Mobilität im Detail aussieht, ist von verschiedenen Aspekten wie beispielsweise sozioökonomischen oder räumlichen Faktoren abhängig. In der Arbeit wird untersucht, welche Auswirkung das Mobilitätsverhalten auf den öffentlichen Verkehr, speziell die U-Bahn, in Wien hat. Betrachtet man den Unterschied zwischen den Begriffen Verkehr und Mobilität, dann kann ersteres als gebiets- und verkehrsinfrastrukturbezogen und zweiteres als personenbezogene Nachfragegröße gesehen werden. (vgl. Cerwenka et al. 2007, 3)

### 2.2 Anforderungen an den Betrieb eines Verkehrssystems

Um einen Betrieb eines Verkehrssystems sicherstellen zu können, müssen verschiede-

ne Faktoren beachtet werden. Diese werden hier betrachtet, da im späteren Verlauf der Arbeit analysiert wird, welche Muster bei Fahrgastzahlen bestehen und wie mit diesen umgegangen werden kann. Bei letzterem müssen die in diesem Kapitel beschriebenen Punkte berücksichtigt werden.

Unter Betrieb versteht man die Summe von 3 Begriffen (Schnieder 2018, 5):

- Verkehrsmittel (Fahrzeuge), im Falle der U-Bahn sind es Züge
- Verkehrsweginfrastruktur (Fahrwege): Darunter fällt unter anderem das Stellen einer Fahrstraße
- Personal

### 2.2.1 Sicherheit

Öffentlicher Personennahverkehr wird vor allem in Großstädten der kritischen Infrastruktur zugeordnet. Das wird damit begründet, dass ein Ausfall des Systems große Folgen nach sich ziehen würde. Aufgrund dieser Tatsache ist eine Betriebssicherheit und eine Angriffssicherheit erforderlich. Unter erstere fällt, dass die entsprechenden Anlagen und Fahrzeuge die jeweiligen Anforderungen erfüllen. Zweitere bedeutet, dass Maßnahmen zur Vermeidung von Störungen jeglicher Art getroffen werden müssen. (vgl. Schnieder 2018, 2f)

### 2.2.2 Verlässlichkeit

Informationen über Weg, Zeit und Kosten müssen Fahrgästen im Vorhinein bekannt sein und entsprechend eingehalten werden. Im ÖPNV ist vor allem die Pünktlichkeit und Einhaltung von Anschlüssen wichtig für den Fahrgast. Sollte es dennoch zu Störungen kommen, ist eine schnelle und zuverlässige Information wichtig. (vgl. ebd)

### 2.2.3 Wirtschaftlichkeit

Da die öffentliche Hand einen Teil des Betriebes finanziert, sollte darauf geachtet werden, einen möglichst großen Teil der Kosten durch Einnahmen decken zu können. Maßnahmen müssen einer Kosten-Nutzen Analyse unterzogen werden. (vgl. ebd.) Beachtet werden muss hierbei allerdings, dass die Bereitstellung eines öffentlichen Verkehrs einen Teil der Daseinsvorsorge darstellt. Bei einer solchen stehen andere Ziele als jenes der Wirtschaftlichkeit im Vordergrund.

#### 2.2.4 Legitimation

Verkehrsunternehmen werden entweder aufgrund von Gesetzen oder Verträgen, die mit Aufgabengeber\*innen bestehen, aktiv. Aufgrund dieser rechtlichen Verpflichtungen müssen sie auch dafür sorgen, dass selbst bei einer Störung der Betrieb, soweit es möglich ist, aufrechterhalten wird, bzw. möglichst schnell wiederhergestellt wird. Um dies zu erreichen, müssen Planungen, bevor eine Betriebsstörung auftritt, gemacht werden, die dafür sorgen, dass möglichst wenig Auswirkungen entstehen. (vgl. Schnieder 2018, 3f)

Um diese Anforderungen einhalten zu können, ist es wichtig, dass die entsprechenden Daten als Grundlage für Entscheidungen zu Verfügung stehen. Durch Daten zu Fahrgastzahlen kann die Legitimation für den Betrieb eines Verkehrssystems hergestellt werden. Die Sicherheit der Fahrgäste kann gewährleistet werden, wenn Daten zu deren Anzahl vorhanden sind. Auch für die Verlässlichkeit sind Daten unerlässlich, da die Planung eines entsprechenden Angebotes die Grundlage für die Verlässlichkeit eines Verkehrssystems bietet.

### 2.3 Qualität des öffentlichen Verkehrs

Qualität im öffentlichen Verkehr kann auf zwei verschiedene Arten definiert werden:

#### 2.3.1 Bedienungsqualität

Unter diesen Begriff fallen sowohl räumliche (Erschließungsqualität) als auch zeitlichen Faktoren (Angebotsqualität). Diese werden bei den Analysen in dieser Arbeit vorrangig betrachtet. Es werden dabei räumliche Faktoren wie Anbindung und Erreichbarkeit und zeitliche Faktoren wie Bedienungshäufigkeit, Betriebszeiten, Betriebstage und der Besetzungsgrad einbezogen. (vgl. Dorsch 2023, 27)

#### 2.3.2 Beförderungsqualität

Ausschlaggebend hierbei sind Gebrauchswertmerkmale wie die Ausstattung von Fahrzeugen und Stationen. (vgl. ebd.)

Es gibt Werte für den maximalen Besetzungsgrad eines Fahrzeuges, welche auf das unterschiedliche Fahrgastaufkommen zu den verschiedenen Zeiten reagieren. Die

Empfehlung für die Hauptverkehrszeit lautet, dass während der 20 Minuten Spitze ein Wert von 80% generell und ein Mittelwert von 65% nicht überschritten werden sollen. Zur Normalverkehrszeit wird ein Mittelwert von maximal 50% vorgeschlagen. In der Schwachverkehrszeit soll die Kapazität so ausgelegt sein, dass für jeden Fahrgast ein Sitzplatz zur Verfügung steht. (vgl. Schnieder 2018, 59)

Bezüglich der Stehzeit (Zeit der Fahrgäste in einem Fahrzeug ohne Sitzplatz) gibt es zur Hauptverkehrszeit die Empfehlung 20 Minuten und in der Normalverkehrszeit 15 Minuten nicht zu überschreiten. Dies ist für die U-Bahn aber von geringer Relevanz, da es sich oft um kurze Fahrzeiten handelt. (vgl. ebd. 60)

Fahrgäste messen die Qualität eines öffentlichen Verkehrsmittels unter anderem an der Verfügbarkeit von Sitzplätzen. Ist ein Sitzen nicht möglich kann auch die Qualität der Fahrt noch beeinflusst werden. Wenn viele Fahrgäste auf einem kleinen Raum sind, dann mindert das die Qualität, da Bequemlichkeit und persönlicher Raum nicht mehr gegeben sind. Auch für das Unternehmen sind stehende Fahrgäste insofern von Nachteil, da Sitzplätze die Sicherheit der Fahrgäste, zum Beispiel bei einem Bremsvorgang, erhöhen. (vgl. ebd. 47)

Ist ein Fahrzeug nahe der Kapazitätsgrenze kann dies Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Fahrgäste haben. Es können unter anderem Angstgefühle, Stress, Erschöpfung und ein Gefühl der fehlenden Privatsphäre auftreten. (vgl. Tirachini et al. 2013, 39)

## 2.4 Kapazität des öffentlichen Verkehrs

Die Kapazität eines Systems ergibt sich aus dem Produkt von zwei Faktoren: die Fahrtenhäufigkeit und die Kapazität eines Fahrzeuges. Um die Kapazität optimal auszunutzen, dürfen also nicht unnötig große Fahrzeuge verkehren. Die Ressourcen, wie zum Beispiel Energie, wären dann verschwendet. Das gleiche gilt auch, wenn unnötig viele Fahrzeuge eingesetzt werden. Auch dann kommt es zu einer nicht optimalen Ausnutzung von beispielsweise Personalressourcen. (vgl. Schnieder 2018, 45)

Aus der Zusammensetzung der Kapazität ergeben sich auch Möglichkeiten, wie auf eine sowohl räumlich als auch zeitlich schwankende Nachfrage reagiert werden kann. Auf die zeitlichen Unterschiede kann mit unterschiedlichen Kapazitäten der Fahrzeuge oder Abständen der Fahrten reagiert werden. Bezogen auf räumliche Unterschiede

können Züge entsprechend verkürzt oder verlängert werden. (vgl. Schnieder 2018, 46)

## 2.5 Fahrplan

*„Der Fahrplan legt hierbei die zeitliche und räumliche Ordnung des Fahrangebots fest. Die räumliche Ordnung umfasst hierbei die Linienführung mit Ausgangs- und Endpunkten und den Unterwegshalten. Die zeitliche Ordnung umfasst die Fahrzeiten, die entsprechend zu gestalten und zu veröffentlichen sind.“*  
(Schnieder 2018, 101)

Ein Fahrplan hat sowohl für das Unternehmen nach innen als auch nach außen für die Fahrgäste eine wichtige Funktion. Für ersteren Punkt ist er ein wesentlicher Teil, um den Betriebsablauf zu planen. Für die Fahrgäste wiederum, ist er eine Information auf dessen Basis diese Entscheidungen treffen. Daraus folgt, dass der Fahrplan den Bedürfnissen der Fahrgäste, was Betriebszeiten und -häufigkeit betrifft, entsprechen soll. Auch die räumliche Struktur eines Gebiets sollte bei der Erstellung eine Rolle spielen (zum Beispiel Einwohner\*innen im Einzugsgebiet). (vgl. Dorsch 2023, 35)

Bei der Erstellung von Fahrplänen werden unterschiedliche Ziele verfolgt: (nach Schnieder 2018, 78f)

- Minimierung der Reisezeiten: Dies kann durch zwei verschiedene Ansätze geschehen: Durch eine Minimierung der eigentlichen Fahrzeiten oder durch Minimierung der Wartezeiten. Dieser Punkt beeinflusst auch die Wahl des Verkehrsmittels. Die Reisezeit steht in Konkurrenz zu der Reisezeit anderer Verkehrsmittel.
- Maximierung der Fahrplanstabilität: Darunter ist zu verstehen, dass der Fahrplan trotz Störungen, die auftreten, bestehen bleibt. Dies kann durch Fahrzeitzuschläge oder Pufferzeiten geschehen, was allerdings zu einem Kapazitätsverlust führen kann.
- Optimierung der Fahrzeuganzahl: Um das Ziel der Wirtschaftlichkeit eines Betriebes zu verfolgen, wird mit einer möglichst geringen Fahrzeuganzahl geplant.
- Kapazitätsmaximierung: Das Ziel ist es in möglichst kurzer Zeit, möglichst viele Fahrten durchzuführen.
- Optimierung des Energiemanagements: Hierbei können mit Ansätzen einer energiesparenden Fahrweise gearbeitet werden. Das heißt, dass die Beschleunigung maximiert und eine möglichst lange Auslaufphase sowie ein Bremsvorgang mit maximal möglicher Bremsverzögerung sichergestellt werden sollten. Weiters

kann, wenn dies durch den Fahrplan möglich ist, auf ein Erreichen der erlaubten Höchstgeschwindigkeit verzichtet werden.

Diese Ziele können sich widersprechen. Daher sollten bei der Erstellung der Pläne Prioritäten gesetzt werden können, beziehungsweise die verschiedenen Möglichkeiten in Betracht gezogen werden. So sind zwar dichte Intervalle aus Sicht der Fahrgäste wünschenswert, sie erfordern aber einen hohen Wageneinsatz. (vgl. Dorsch 2023, 36) Weiters müssen Faktoren wie Werk-, Sonn- und Feiertag berücksichtigt werden, da sich das Fahrgastaufkommen unterscheidet. (vgl. ebd. 37)

Aus dem Fahrplan wird dann im nächsten Schritt der Wagenumlaufplan erstellt. Dieser weist den Einsatz der Fahrzeuge aus. Bei der Erstellung sind Faktoren wie Fahrer\*innen (Ablösung, Qualifikationen) und Wartung der Züge zu berücksichtigen. (vgl. ebd. 38)

## 2.6 Mobilität in Wien

Zur Beschreibung der Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel in Wien eignet sich die Betrachtung des Modal Splits. Dieser gibt an, mit welchem Fortbewegungsmittel Personen tägliche Wege zurücklegen. In Wien weisen der öffentliche Verkehr und das zu Fuß gehen mit 32 Prozent den größten Anteil der Wege auf. 26 Prozent der Wege

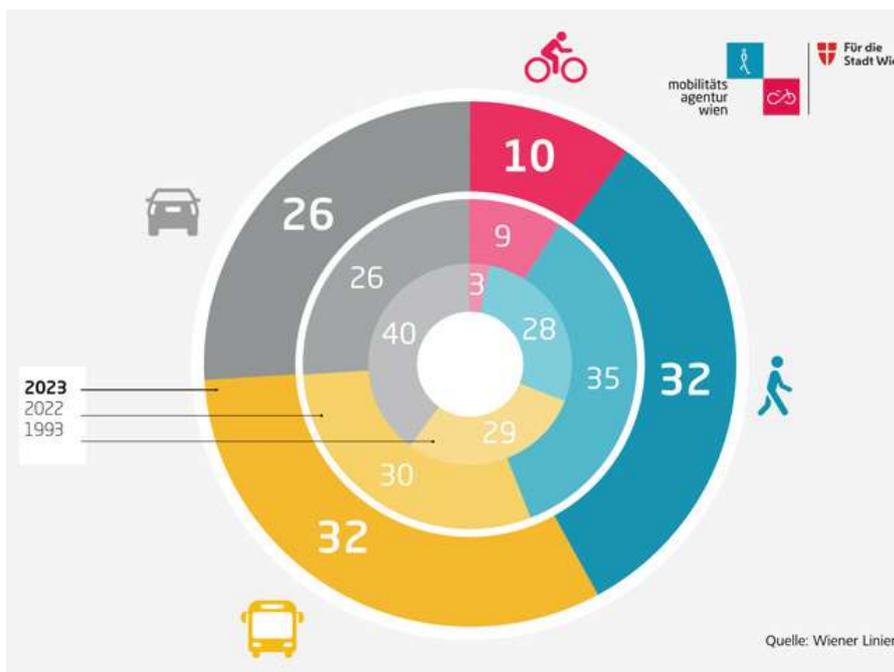


Abbildung 2: Modal Split Wien, 2023

werden mit dem MIV und 10 Prozent der Wege mit dem Rad zurückgelegt. (vgl. Abbildung 2) Auffällig ist, dass der Anteil des MIVs im Vergleich zu 1993 deutlich zurückgegangen ist, während jener des öffentlichen Verkehrs angestiegen ist. (vgl. Stadt Wien 2024a)

## 2.7 Öffentlicher Verkehr in Wien

Der öffentliche Verkehr in Wien besteht aus einem Verkehrsangebot, welches U-Bahn, S-Bahn, Straßenbahn und Bus umfasst. Von den Wiener Linien werden täglich 2 Millionen Fahrgäste befördert. Zu den Spitzenzeiten sind gleichzeitig bis zu 1000 Fahrzeugen mit einer Kapazität von bis zu 260.000 Personen gleichzeitig im Netz unterwegs. (vgl. Wiener Linien 2024b) Der öffentliche Verkehr hat in Wien einen Anteil von 32 Prozent am Modal Split. (vgl. Kapitel 2.6)

Betrachtet man das Jahr 2023 haben die Wiener Linien insgesamt 792 Millionen Fahrgäste befördert. (vgl. Wiener Linien 2024a) Im Jahr 2021 entfielen 46 Prozent der Fahrgäste auf die U-Bahn, was fast der Hälfte der Gesamtzahl entspricht. Zu beachten ist bei diesen Zahlen, dass sie während der Corona Pandemie aufgenommen wurden. Betrachtet man die Zahlen aus dem Jahr 2019, ergeben sich erhebliche Unterschiede. In dem Jahr verzeichneten die Wiener Linien insgesamt 961 Millionen Fahrgäste. Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Betriebszweigen ist allerdings sehr ähnlich. Mit 460 Millionen Fahrgästen entfielen 48 Prozent auf die U-Bahn. (vgl. Stadt Wien 2024b) Die Zahl der Fahrgäste ist bis zum Jahr 2023 nicht an jene vor der Pandemie herangekommen. (vgl. wien.orf.at 2024)

## 2.8 Organisation des öffentlichen Verkehrs in Wien

Betrieben wird der öffentliche Verkehr in Wien von den Wiener Linien und der ÖBB. Erstere sind ein Tochterunternehmen der Wiener Stadtwerke GmbH. Diese wiederum ist zu 100 Prozent im Besitz der Stadt Wien. (vgl. Wiener Stadtwerke 2024) Damit sind die Wiener Linien kein Bestandteil der Stadtverwaltung, indirekt ist aber eine Zugehörigkeit zur Stadt Wien vorhanden.

Die Wiener Linien erfüllen in Wien die Verpflichtung ein integriertes öffentliches Gesamtverkehrsangebot bereitzustellen. Darunter werden sowohl die 3 Verkehrsmodi als auch die Bereitstellung von Infrastruktur und Fahrzeugen verstanden. Der entsprechende Dienstleistungsauftrag wurde 2016 von der Stadt Wien direkt an die Wiener

Linien als interne Betreiberin vergeben. (vgl. StRH 2020b, 2)

Wien ist gemeinsam mit den Bundesländern Burgenland und Niederösterreich Bestandteil des Verkehrsverbundes Ost-Region (VOR). Dieser wurde im Jahr 1984 gegründet. Zweck des Verbundes ist es, den Personennahverkehr in diesen Bundesländern zu organisieren. Es wird das Tarifsysteem installiert und in weiterer Folge die Einnahmen aufgeteilt. Außerdem führt der Verkehrsverbund Ausschreibungen im Auftrag der Länder durch. Dies betrifft die Bundesländer Niederösterreich und Burgenland. (vgl. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 2024)

Innerhalb des Verkehrsverbundes werden im Jahr ca. 1 Milliarde Fahrgäste verzeichnet. (vgl. Verkehrsverbund Ost-Region 2024)

## 2.9 Die Wiener U-Bahn

*„U-Bahnen sind vorwiegend unterirdisch verkehrende, elektrische Bahnen im Stadtbereich, die auf einer eigenen Trasse – und völlig unabhängig von anderem städtischen Verkehr – mit Spezialfahrzeugen nach einem starren Fahrplan mit dichter Zugfolge und Zugsicherung fahren und dieserart hohe Kapazitäten zur Personenbeförderung schaffen.“* (Dorsch 2023, 66 nach Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (Hrsg.): Stadtbahnsysteme, Köln 2014, 32)

Diese allgemeine Definition trifft auch auf die Wiener U-Bahn zu. Sie verkehrt auf einer eigenen Trasse und ist dadurch im Gegensatz zur Straßenbahn in den allgemeinen Straßenverkehr nicht eingebunden. Dadurch erreicht eine U-Bahn eine höhere Reisegeschwindigkeit.

Weitere Merkmale einer U-Bahn sind die hohen Bahnsteige. Durch die Nutzung von Hochflurfahrzeugen kann so ein niveaugleiches Ein- und Aussteigen sichergestellt werden. Dies beschleunigt den Fahrgastwechsel. Da der Bau einer U-Bahn sehr viele Ressourcen benötigt, wird diese nur beim Vorliegen von großen Verkehrsströmen als sinnvoll erachtet. (vgl. Dorsch 2023, 66)

Die U-Bahn in Wien wurde erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts errichtet. Der Gemeinderatsbeschluss zum Bau einer U-Bahn fiel am 26. Jänner 1968. Mit dem Bau wurde dann im darauffolgenden Jahr begonnen. (vgl. Marincig 2005, 148) Bis heute wird das Netz erweitert und sogar durch eine neue Linie, die zukünftige U5, er-

gänzt. Diese soll von der Station Hernalz zur bestehenden Station Karlsplatz führen. (vgl. Stadt Wien o.J.a)

Bei der U-Bahn in Wien wird seit dem Jahr 1977 auf fast allen Linien ein Linienzugbeeinflussungssystem verwendet. Dabei gibt es keine optischen Signale auf der Strecke. Sendeantennen, die im Gleis verlegt sind, senden die notwendigen Informationen direkt an den Zug. Die U6 ist nicht mit einem solchen System ausgerüstet. Der Vorteil, den dieses System bietet, ist, dass kürzere Zugfolgezeiten ermöglicht werden (bis zu 90 Sekunden). Weiters ist durch dieses System ein teilweiser automatisierter Fahrbetrieb möglich. (vgl. Marincig 2005, 150)

### 2.9.1 Fakten der Wiener U-Bahn

In Wien gibt es 5 U-Bahnlinien mit 109 Stationen (vgl. Abbildung 3):

- U1: Oberlaa - Leopoldau
- U2: Karlsplatz (aufgrund von Bauarbeiten Daten nur ab Schottentor) - Seestadt
- U3: Ottakring - Simmering
- U4: Hütteldorf - Heiligenstadt
- U6: Floridsdorf - Siebenhirten

Der mittlere Abstand zwischen zwei Stationen beträgt 762 m. Die mittlere Länge einer Linie 17 km. Zu den Stoßzeiten beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit 32,7 km/h. Insgesamt hat das U-Bahnnetz eine Baulänge von 87 km und eine Betriebslänge von 83 km. Der Bestand an Triebwagen betrug im Jahr 2019 758. (vgl. Wiener Linien 2020)

### 2.9.2 Bedienformen der Wiener U-Bahn

Alle in dieser Arbeit betrachteten Linien und somit alle U-Bahnlinien in Wien sind dem klassischen Linienverkehr zuzuordnen. Dabei wird eine Linie nach den Vorgaben des Fahrplanes über die gesamte Länge befahren, der Zug hält dabei in allen Stationen. Ausnahmen gibt es in Wien zum Beispiel bei der U1, da zu bestimmten Zeiten nur jeder zweite Zug bis nach Oberlaa verkehrt. Da es sich hierbei aber um einen planmäßigen Vorgang handelt, kann trotzdem von einem Linienverkehr gesprochen werden. (vgl. Dorsch 2023, 28) Bezogen auf die Linienform lassen sich Durchmesserlinien (U1, U3, U4), eine Radiallinie (U2) und eine Tangentiallinie (U6) identifizieren. (nach Dorsch

2023, 29) Betrachtet man Plan der Schnellverbindungen fällt auf, dass mit Ausnahme der U6, alle Linien das Stadtzentrum von Wien erschließen. (vgl. Abbildung 3)

Die Abbildung 3 zeigt einen schematischen Plan der Wiener Schnellverbindungen. Auf dem Plan sind also nicht nur die U-Bahnlinien sondern auch S-Bahnlinien, die in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt werden, dargestellt. Sie haben aber trotzdem Einfluss auf die Ergebnisse der Arbeit und dürfen nicht außer Acht gelassen werden, da Umsteigeknoten einen Einfluss auf Fahrgastzahlen haben können.

## Schnellverbindungen in Wien

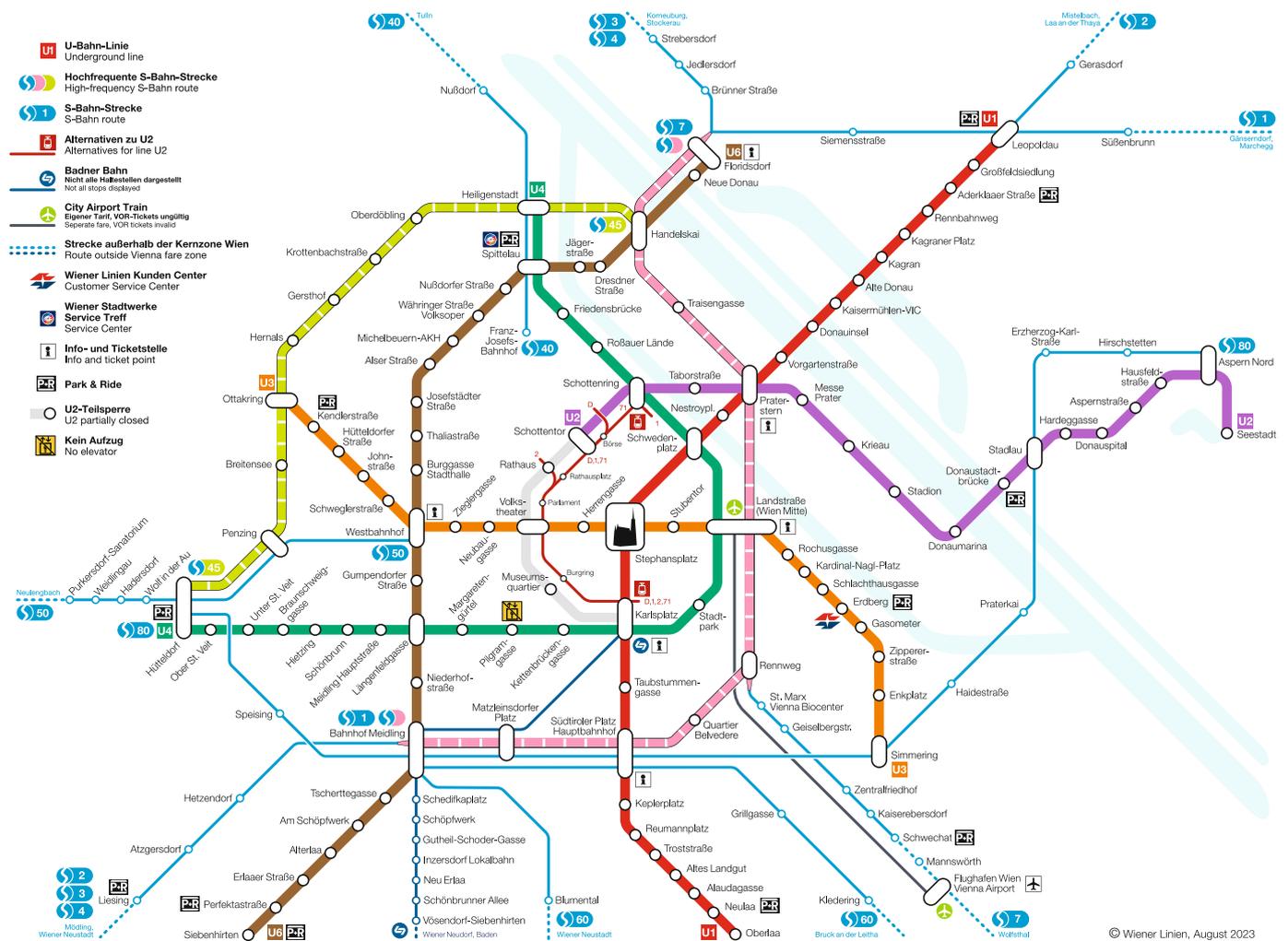


Abbildung 3: Schnellverbindungen in Wien

## 2.10 Die Daten der Wiener Linien

In dieser Arbeit wird auf Daten zurückgegriffen, die von den Wiener Linien zur Verfügung gestellt wurden. In einem ersten Schritt wird deshalb die Frage durchleuchtet, um was für Daten es sich dabei handelt.

Grundsätzlich weisen Daten verschiedene Charakteristika auf: Eines davon ist, dass den Angaben eine Bedeutung zugewiesen werden kann. Es handelt sich also um „mit Sinn behaftete, bedeutungsvolle Informationen“. (Lünich 2012, 19 nach Gleick 2012) Im Fall der vorliegenden Arbeit liegen die Daten größtenteils als Zahlen vor, deren Bedeutung die Anzahl der Fahrgäste zu einer bestimmten Uhrzeit an einem bestimmten Ort ist.

Eine weitere Definition ist, dass Daten eine „manifest dokumentierte Beobachtung von Tatsachen“ darstellen. (Lünich 2012, 19)

Bei den vorliegenden Daten handelt es sich um quantitative Daten. Sie treffen also keine Aussage über das Warum?. Da diese Frage im Zuge der Arbeit allerdings auch beleuchtet werden soll, werden zusätzlich Daten über Einwohner\*innenzahlen oder Arbeitsplätze herangezogen. Im vorliegenden Fall kann ein quantitativer Forschungsansatz gewählt werden, da bereits Hypothesen vorliegen, die nun überprüft werden. (vgl. Academic Lab 2021)

Daten über die Nachfrage sind in der Planung des Angebotes im öffentlichen Verkehr sehr wichtig. Damit können Fragen zur Auslastung und zur Qualität des Angebotes beantwortet werden. Zu beachten ist dabei, dass die Erhebung der Daten wirtschaftlich ist, gleichzeitig aber eine Aussage über die Grundgesamtheit getroffen werden kann. (vgl. Schnieder 2018, 47f)

Die automatische Erhebung von Fahrgastzahlen kann als wirtschaftlich bezeichnet werden, da der Aufwand einer Erhebung, abgesehen von der Beschaffung und dem Einbau der Sensoren, gering ist. Die Methode bietet außerdem den Vorteil, dass theoretisch die Daten in Echtzeit zur Verfügung stehen und damit die Chance bieten, auf entsprechende Situation reagieren zu können. Außerdem stehen die Daten für jeden Zeitpunkt zur Verfügung und sind nicht, wie beispielsweise bei einer Befragung, auf einen bestimmten Zeitraum beschränkt. Auf der anderen Seite birgt die Methode den Nachteil, dass Umsteiger\*innen nicht erfasst werden, sich Wege von einzelnen Personen also nicht zurückverfolgen lassen. (vgl. Schnieder 2018, 47f)

Bei der Planung des Angebotes sind Unterschiede, die zu verschiedenen Jahreszeiten, Wochentagen und Uhrzeiten auftreten, zu beachten. (vgl. ebd. 53)

Weiters ist für die Planung des Angebotes jener Querschnitt einer Linie relevant, der von der größten Anzahl an Fahrgästen durchquert wird. (vgl. ebd. 57)

Die Daten wurden von den Wiener Linien auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Es handelt sich also nicht um Messungen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden.

Die Wiener Linien verwenden bei der U-Bahn ein Messsystem, welches automatisch Fahrgastzahlen aufzeichnet. Um dies zu ermöglichen, sind im Türsturz der Türen der Fahrzeuge jeweils 3 Sensoren angebracht. Diese ermitteln mittels Infrarotstrahlen, wie viele Personen die Tür durchschreiten. Dies ist möglich, da Personen die Infrarotstrahlen reflektieren und so ein Signal erzeugt wird. Dieses Signal wird dann an ein Zählgerät weitergeleitet, welches Anzahl und Richtung der Personen errechnet. Die Ermittlung der Richtung der Personen wird durch zwei hintereinander angeordnete Lichtstrahlen ermöglicht. (vgl. StRH 2020a, 26)

Bei der Wiener U-Bahn sind nicht alle Fahrzeuge mit einem automatischen Fahrgastzählsystem ausgestattet. Im Jahr 2019 waren bei der U-Bahn mit Stromschiene rund 12 Prozent der Fahrzeuge mit einem solchen System ausgestattet. Die U6 hingegen wies einen Wert von 25 Prozent auf. (vgl. ebd. 27f) Der Wert der U-Bahn mit Stromschiene erhöht sich im Moment sukzessive, da Fahrzeuge eines neuen Modelles ausgeliefert werden, welche alle mit einem automatischen Fahrgastzählsystem ausgestattet sind. Aufgrund der langen Lebensdauer eines Schienenfahrzeuges und der hohen Kosten einer Nachrüstung wird es aber noch dauern bis alle Fahrzeuge automatisch die Fahrgastzahlen ermitteln. (vgl. ebd., Stadt Wien 2023a)

Es wurden Daten für den Mai 2023 und den Oktober 2023 zur Verfügung gestellt. Die Daten vom Mai stellen jeweils die aufgezeichneten Fahrten (Einsteiger\*innen, Aussteiger\*innen und abgehende Belegung) je halber Stunde bei einer Station dar. Im Oktober hingegen können einzelne Fahrten verfolgt werden, die Daten wurden nicht in halben Stunden zusammengefasst.

Für die vorliegende Arbeit bedeutet dies, dass nicht alle Fahrten aufgezeichnet wurden. Daraus können Ungenauigkeiten entstehen, es kann auch vorkommen, dass bestimmte Fragestellungen aufgrund einer zu geringen Menge an vorliegenden Daten

nicht beantwortet werden können. Da die Fahrzeuge, welche Messungen durchführen, auch nicht unbedingt hintereinander verkehren, kann es zu Verzerrungen kommen.



## 3. Zeitliche Verteilungsmuster der Fahrgastnachfrage

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Unterschieden, die in den Daten zwischen den einzelnen Uhrzeiten und Wochentagen zu finden sind. Die Betrachtung der zeitlichen Muster, welche im Fahrgastaufkommen vorhanden sind, ist wichtig, da eine ungleiche Verteilung des Fahrgastaufkommens Probleme, wie überlastete Fahrzeuge, hervorrufen kann. Es ist also notwendig auf Muster, welche in diesem Kapitel aufgedeckt werden, zu reagieren. Beachtet werden muss hierbei, dass ein wesentlicher Punkt die Anpassung der Fahrpläne ist. Wie in Kapitel 3.2.2 erläutert, wurde diese Maßnahme in Wien bereits getroffen.

### 3.1 Vorgangsweise

Die Daten, welche von den Wiener Linien zur Verfügung gestellt wurden, mussten vor der eigentlichen Analyse bereinigt werden.

Die Daten wurden nach den Linien getrennt zur Verfügung gestellt. Weiters waren sie nach Wochen geordnet. Dies führt dazu, dass die Daten vom 1.5.2023 bis zum 4.6.2023 reichen. Aufgrund der Menge an Informationen wurden die meisten Schritte der Bereinigung der Daten und auch der Analyse mit einem Makro und den entsprechenden VBA Tools in Excel automatisiert durchgeführt. Die Daten wurden um die Information, ob es sich um einen Feiertag handelt, ergänzt. Diese Tage wurden dann bei einer weiteren Analyse, welche die einzelnen Wochentage betrifft, nicht beachtet.

Die Daten sind nach Wochentagen, Stationen und Uhrzeiten sortiert. Letzteres erfolgt in 30 Minuten Schritten. Abgesehen von dem Fall, dass in einer halben Stunde nur eine einzige Messfahrt stattgefunden hat, ist es also nicht möglich eine einzelne Fahrt genau nachzuvollziehen. Letzteres ist zur Erstellung von Tagesganglinien und zum Untersuchen der zeitlichen Unterschiede nicht zwingende notwendig. Zur Verfügung gestellt

wurden jeweils Mittelwert und Maximum der Einsteiger\*innen, Aussteiger\*innen und der abgehenden Belegung. In weiteren Spalten wurden außerdem die Anzahl der Fahrplanfahrten und der Messfahrten in der ausgewählten halben Stunde an dieser Station zur Verfügung gestellt. Weiters beinhaltet eine Spalte die Linien-Variantenbeschreibung. Dies ist insofern relevant, als dass es vorkommen kann, dass ein Zug kurzgeführt wird und somit nicht die gesamte Linie befährt. Es ist allerdings anzunehmen, dass dies Auswirkungen auf die Fahrgastzahlen haben kann, weshalb Relationen, die nicht im Fahrplan enthalten sind, bzw. nur in einzelnen Ausnahmefällen vorkommen, bei der Analyse nicht beachtet wurden.

### 3.2 Der Fahrplan der Wiener U-Bahn

Eine Herausforderung vor welcher viele Unternehmen stehen, welche die Wiener Linien auch betrifft, ist jene des Personalbedarfs. Besonders beim Fahrpersonal aber auch bei Mitarbeiter\*innen in Werkstätten wird Personal gesucht. Ein Mangel beim Fahrpersonal führt dazu, dass das Angebot eingeschränkt werden muss. (vgl. Dorsch 2023, 90)

Betrachtet man den Fahrplan der Wiener U-Bahn dann kann man erkennen, dass dieser bereits an das Fahrgastaufkommen angepasst ist. So ist unter der Woche zu erkennen, dass der Wageneinsatz zu den Spitzenzeiten in der Früh und am Nachmittag am höchsten ist und danach sukzessive reduziert wird. (vgl. Abbildung 4) Durch diese Maßnahmen kann sichergestellt werden, dass die Kapazität der Fahrzeuge auch zu jenen Zeiten, in denen die meisten Fahrgäste verzeichnet werden, nicht überschritten wird. An Wochentagen ist das Intervall auf den Linien unterschiedlich, wobei zu den Spitzenzeiten das dichteste auf der U1 zu finden ist.

In Abbildung 4 ist der Wageneinsatz (Fahrplanfahrten) eines Wochentages (Montag bis Donnerstag) dargestellt. Es wurden dabei jeweils die Werte der Stationen, welche sich in der Mitte einer Linie befinden, addiert. Da nicht auf allen Linien und deren Stationen vor 05:00 und nach 00:30 Züge verkehren, wurden diese Zeiten für die Darstellung nicht berücksichtigt.

Betrachtet man den Wageneinsatz eines Samstages und Sonntages (Abbildungen 5 und 6), kann man erkennen, dass diese ein anderes Muster aufweisen. An diesen Tagen findet ein konstanter Anstieg des Wageneinsatzes am Vormittag statt. Am Sonntag ist der größte Wageneinsatz von 30 Zügen später erreicht. Die Reduktion am Abend

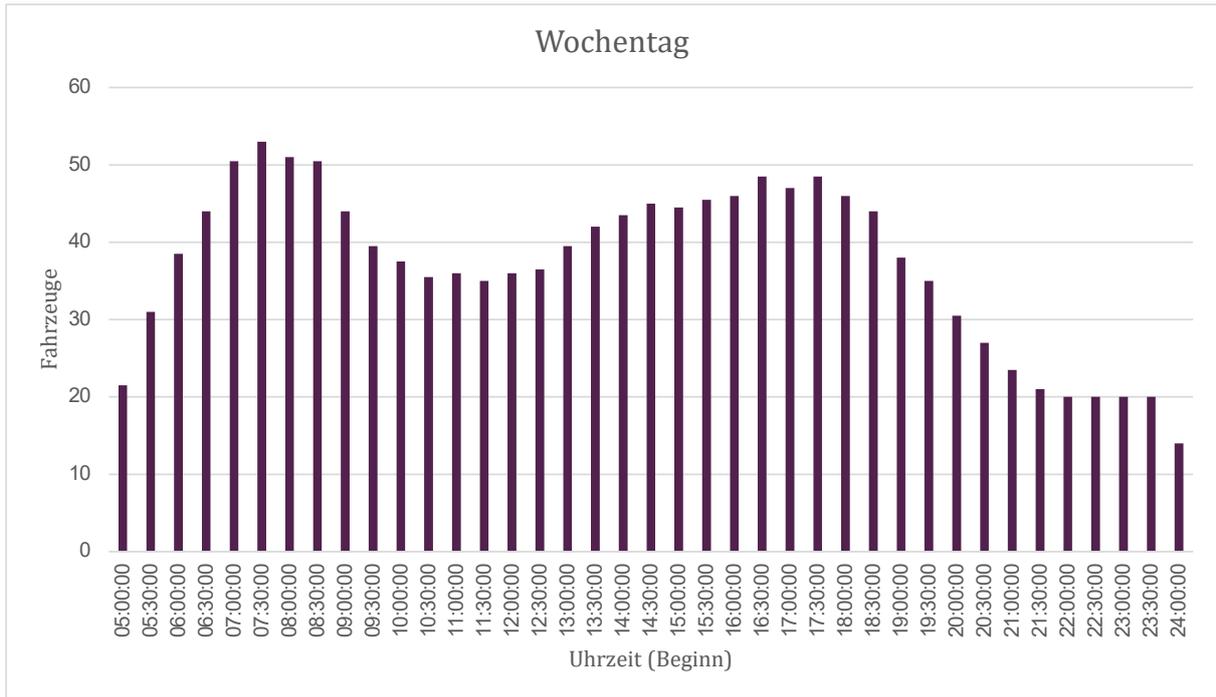


Abbildung 4: Fahrplanfahrten Wochentag, alle Linien

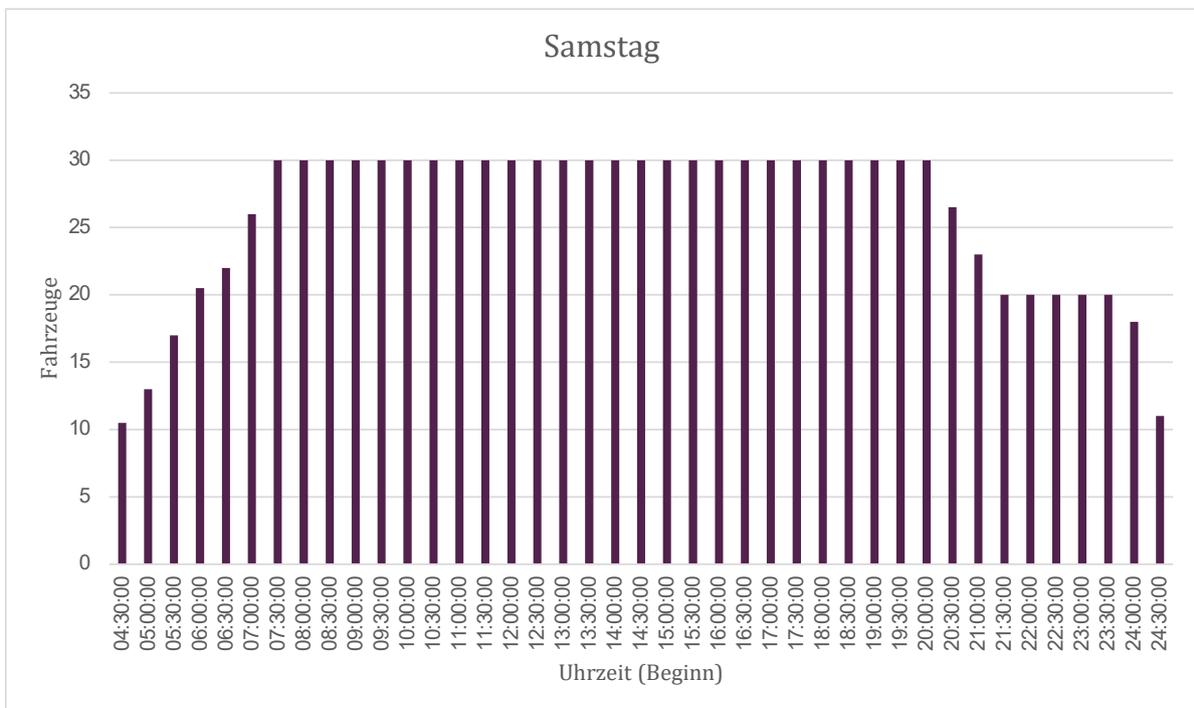


Abbildung 5: Fahrplanfahrten Samstag, alle Linien

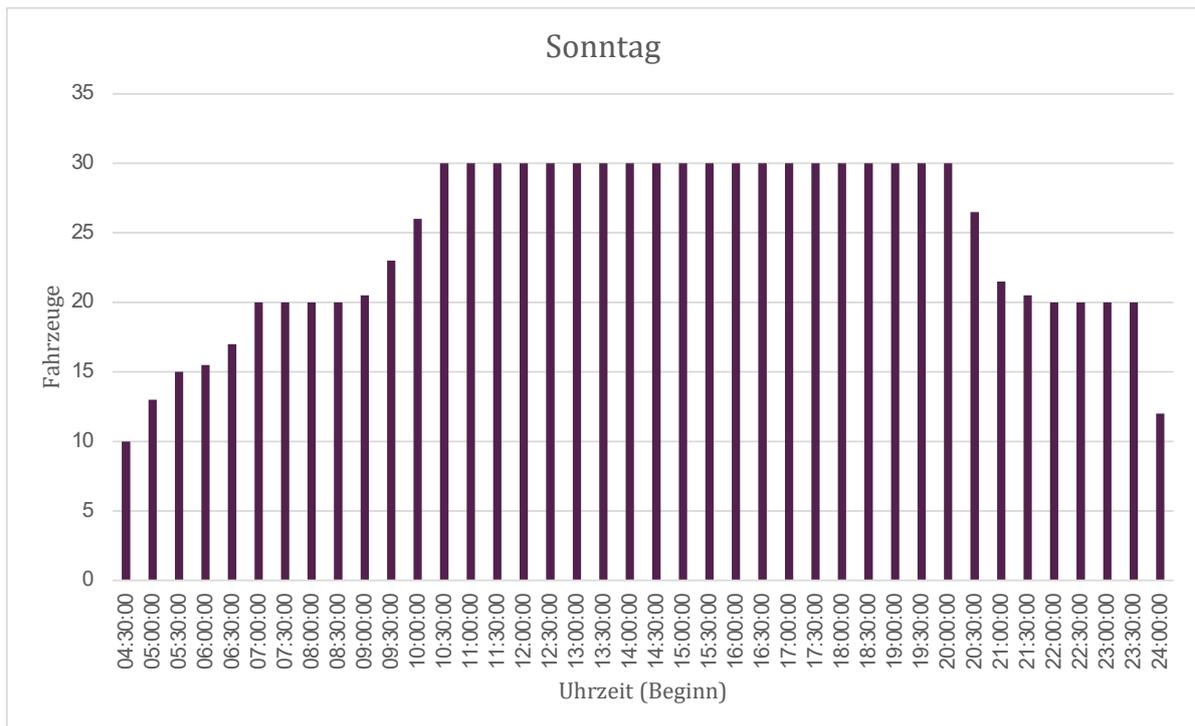


Abbildung 6: Fahrplanfahrten Sonntag, alle Linien

ist an beiden Tagen gleich. An Samstagen und Sonntagen ist das Intervall tagsüber mit 5 Minuten auf allen Linien gleich. Feiertage sind bezogen auf den Wageneinsatz Sonntagen gleichzusetzen. Ein Unterschied zwischen Wochentagen und dem Wochenende ist, dass die U-Bahn am Wochenende die gesamte Nacht auf allen Linien in einem 15 Minuten Intervall verkehrt.

### 3.3 Tagesganglinien der Einsteiger\*innen

Für die Analyse wurden die Zahlen der Einsteiger\*innen je Station ausgewählt. Die Analyse wurde in einem ersten Schritt für jede einzelne Linie durchgeführt. Im Anschluss daran wurden die Ergebnisse zusammengeführt. Weiters wurden auch Analysen mit der abgehenden Belegung durchgeführt. Damit sollte untersucht werden, ob zwischen den zwei Kategorien Unterschiede vorhanden sind.

Die auf den nächsten Seiten abgebildeten Diagramme zeigen den Verlauf der Einsteiger\*innen während eines Tages. Unter Wochentag wurden jene Werte vom Dienstag, Mittwoch und Donnerstag zusammengefasst. Bei Sonntag/Feiertagen wurden jene der Sonntage und Feiertage zusammengefasst. Dies ergibt sich unter anderem dadurch, dass die Anzahl der Fahrplanfahrten sich an beiden Tagen nicht unterscheidet. Weiters sind auch Rahmenbedingungen wie geschlossene Geschäfte und Schulen gleich.

Abgebildet ist jeweils ein Diagramm zu den durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde ergänzt durch den Wageneinsatz und ein Diagramm, welches die durchschnittliche Anzahl der Einsteiger\*innen je halber Stunde und Station anzeigt.

### 3.3.1 Tagesganglinie der Einsteiger\*innen - Wochentag (Abb.7 und 8):

Bei der Betrachtung des Diagramms Wochentag (Abbildung 7) fällt auf, dass zwei deutlich ausgeprägte Spitzen vorhanden sind. Die erste ist zwischen 7:00 und 8:30 in der Früh. In dieser Zeit ist ein großer Unterschied der durchschnittlichen Einsteiger\*innen vor allem im Vergleich zu den Zeiten davor (zum Beispiel 05:30-06:00) zu erkennen, der Wert verdoppelt sich nahezu. Diese Spitze ist vorhanden, obwohl der Wageneinsatz in dieser Zeit der größte des gesamten Tages ist. Eine weitere Spitze ist zwischen 15:30 und 18:00 zu erkennen. In diesem Zeitraum erreichen die Zahlen der durchschnittlichen Einsteiger\*innen den Tageshöchstwert. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Auslastung der Fahrzeuge in diesem Zeitraum ebenfalls einen Höhepunkt erreicht. Der Wageneinsatz ist etwas geringer als während der Frühspitze. Eine weitere, weniger stark ausgeprägte Spitze, ist zwischen 12:00 und 13:30 zu erkennen. Eine leichte ist weiters zwischen 21:00 und 22:30 zu erkennen, wobei die sich vor allem dadurch auszeichnet, dass die Werte höher als in der Zeit davor sind.

Für Abbildung 8 wurden die Werte der durchschnittlichen Einsteiger\*innen mit den Werten der durchschnittlichen Anzahl an Fahrplanfahrten multipliziert. Es wird also die durchschnittliche Anzahl an Einsteiger\*innen in der entsprechenden halben Stunde bei einer Station in einer Fahrtrichtung dargestellt.

Hierbei ist zu erkennen, dass die Spitze in der Früh noch stärker ausgeprägt ist, als in der vorigen Abbildung. Daraus kann geschlossen werden, dass der verstärkte Wageneinsatz Wirkung zeigt, die Auslastung der Fahrzeuge dadurch reduziert werden kann um Überlastungen vorzubeugen. Dasselbe trifft auch auf die Spitze am Nachmittag zu, auch diese ist stärker ausgeprägt als in der vorigen Abbildung. Aufgrund des großen Unterschiedes zu den Zeiten davor und danach ist die Spitze in der Früh noch hervorstechender.

Weniger sichtbar sind hingegen die in der vorigen Abbildung erwähnten Spitzen zu Mittag und am Abend. Dies kann dadurch erklärt werden, dass diese jeweils vor bzw.

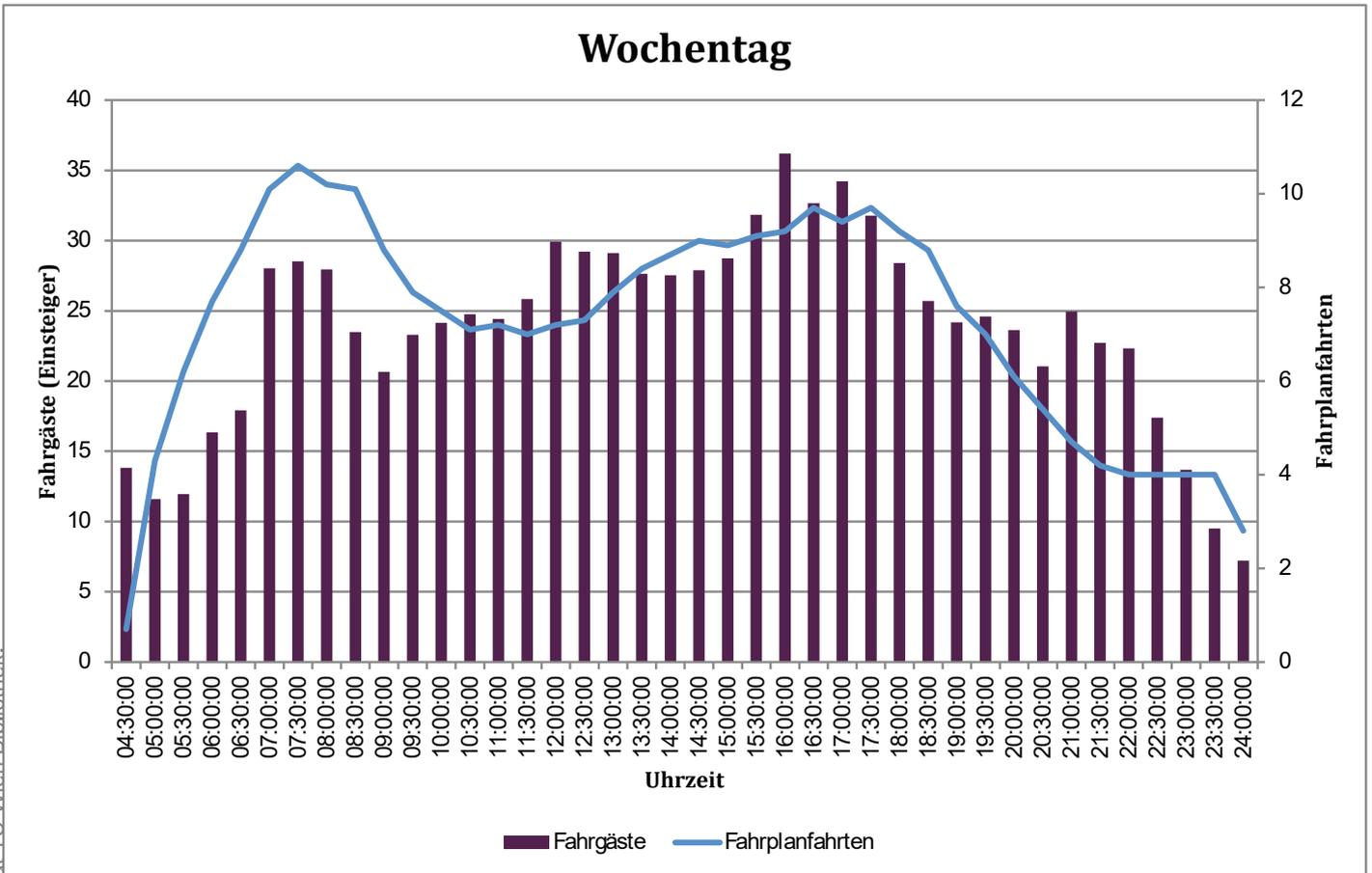


Abbildung 7: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Wochentag, alle Stationen, 2023

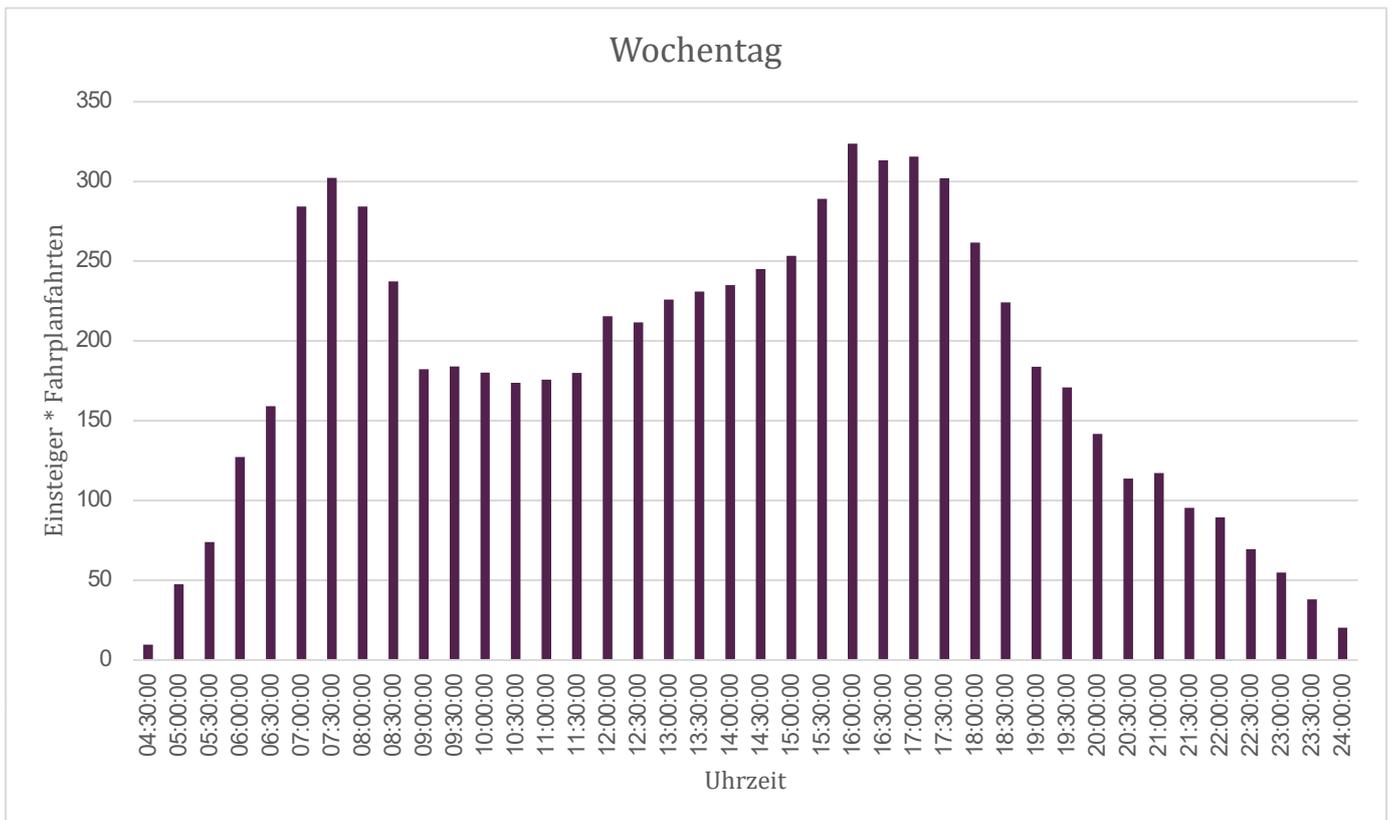


Abbildung 8: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Wochentag, alle Stationen, 2023

nach der entsprechenden Aufstockung bzw. Reduktion des Wageneinsatzes stattfinden.

### 3.3.2 Tagesganglinie der Einsteiger\*innen - Samstag (Abb.9, 10)

Das Diagramm des Samstages weist im Gegensatz zu jenem der Wochentage keine ausgeprägten Spitzen auf. Die Zahl der durchschnittlichen Einsteiger\*innen steigt ab 8:00 konstant an, nachdem sie in der Zeit davor auf einem konstanten Niveau war. Den Höhepunkt erreicht die Kurve zwischen 14:00 und 18:30. Danach flacht sie konstant ab, wobei die Zahl der Einsteiger\*innen zwischen 20:30 und 22:00 konstant bleibt. Dies fällt allerdings mit der Reduktion des Wageneinsatzes zusammen.

Die Tatsache, dass die erwähnte Unregelmäßigkeit am Abend durch die Reduktion des Wageneinsatzes zustande kommt, lässt sich auch an Abbildung 10 erkennen. Hier zeigt sich, dass die Zahl der Einsteiger\*innen je Station, Richtung und halben Stunde eine konstante Kurve ergibt, die ihren Höhepunkt am Nachmittag erreicht. Weiters ist festzuhalten, dass der Abfall am Abend stärker ausgeprägt ist als der Anstieg in der Früh/am Vormittag. Es sind leichte Ausreißer zu erkennen, die können aber dadurch begründet sein, dass im Gegensatz zu den Wochentage weniger Tage in die Analyse einbezogen werden konnten und aufgrund der geringeren Menge an Daten Unregelmäßigkeiten entstehen.

### 3.3.3 Tagesganglinie der Einsteiger\*innen - Sonntag/Feiertag (Abb.11, 12)

Auch am Sonntag ergibt sich das Bild einer konstanten Kurve. In der Früh gibt es eine leicht ausgeprägte Spitze, wobei diese genau zu jenem Zeitpunkt stattfindet, bevor der Wageneinsatz verstärkt wird. Diese Spitze ist in der Abbildung 12, welche den Wageneinsatz einbezieht, nicht mehr zu erkennen. In der Abbildung 12 zeigt sich eine konstante Kurve deren Höhepunkt zwischen 15:00 und 18:00 zu finden ist.

### 3.3.4 Tagesganglinie der Einsteiger\*innen Fazit

Betrachtet man die Abbildungen erkennt man, dass zwischen den Wochentagen und dem Wochenende ein großer Unterschied besteht. Während an den Wochentagen mehrere Spitzen zu erkennen sind, ist dies am Wochenende nicht der Fall. Auf diese Spitzen wird bereits mit Veränderungen des Wageneinsatzes reagiert, sie sind trotzdem noch zu erkennen. Bei der Interpretation der Spitzen vor allem am Nachmittag ist

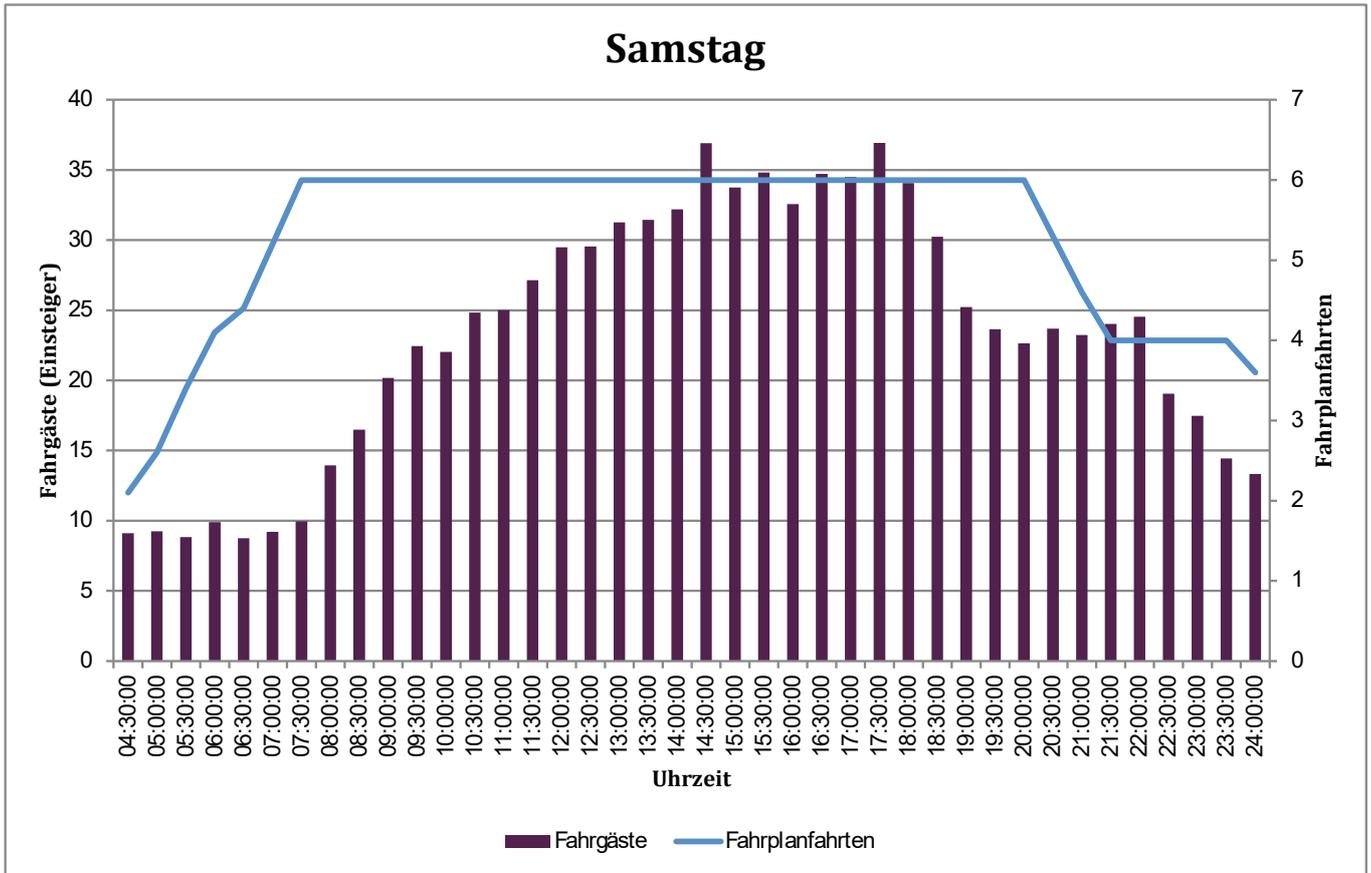


Abbildung 9: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Samstag, alle Stationen, 2023

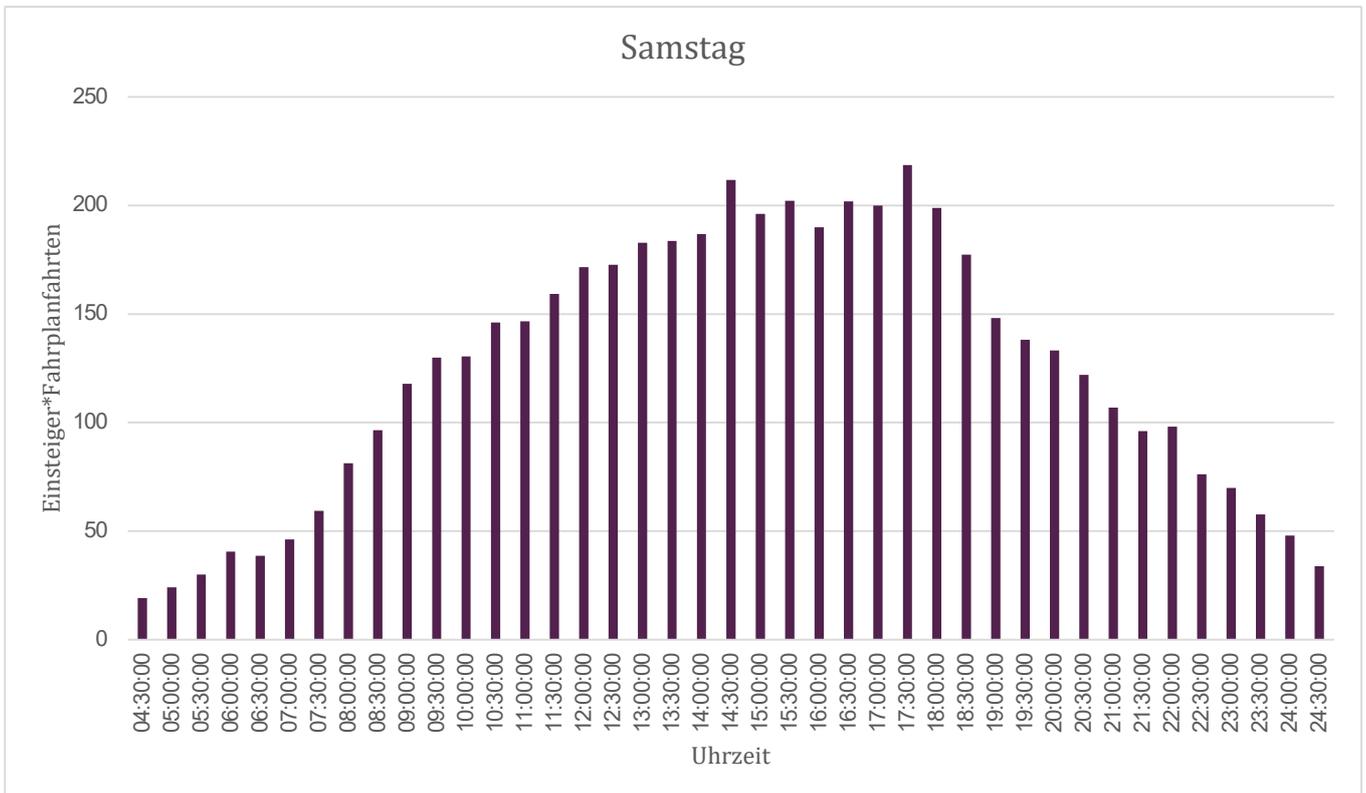


Abbildung 10: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Samstag, alle Stationen, 2023

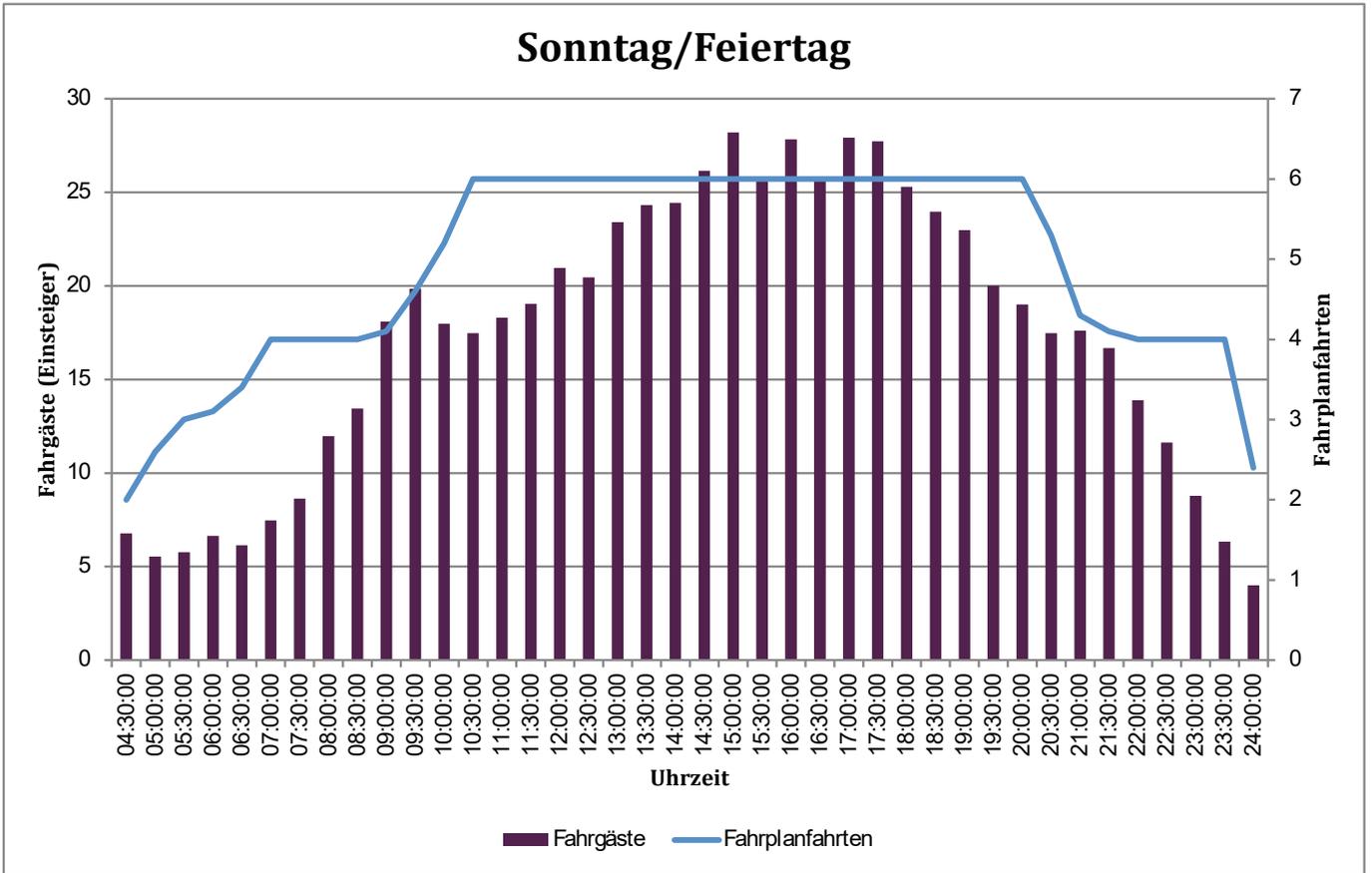


Abbildung 11: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Sonntag/Feiertag, alle Stationen, 2023

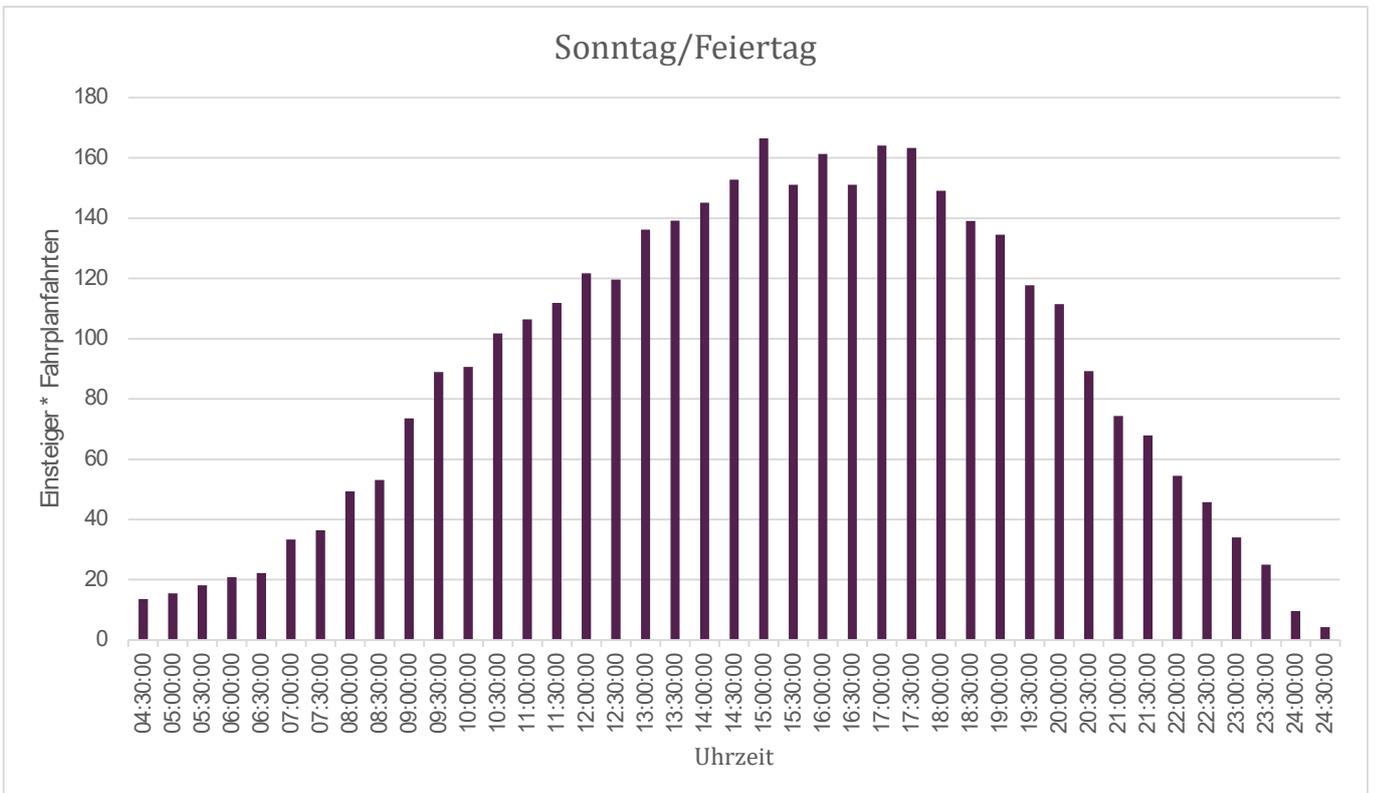


Abbildung 12: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Sonntag/Feiertag, alle Stationen, 2023

zu bedenken, dass für die Analyse nur Daten eines Monats herangezogen wurden, die Ausprägungen im Winter beispielsweise kleine Unterschiede aufweisen könnten. Die Unterschiede zwischen Samstag und Sonntag/Feiertag sind weniger stark ausgeprägt, sie sind aber trotzdem sichtbar. Die Zahl der Einsteiger\*innen ist am Sonntag/Feiertag geringer als am Samstag. Auch der Verlauf der Kurve ist anders, der Anstieg am Vormittag ist am Sonntag/Feiertag später und dafür etwas stärker ausgeprägt. Insgesamt kann gesagt werden, dass die Zahl der Einsteiger\*innen unter der Woche deutlich höher ist als jene am Wochenende.

### 3.4 Direkter Vergleich der Wochentage

Die Abbildungen 13-16 stellen die durchschnittliche Zahl der Einsteiger\*innen pro Station und Zug in der angegebenen halben Stunde dar. Die auffälligsten Unterschiede gibt es in der Zeit zwischen 7:30 und 8:00. Hier sind die Unterschiede zwischen Wochentagen und Samstag und Sonntag deutlich zu erkennen. Zu beachten ist allerdings, dass auch zwischen den Wochentagen Unterschiede bestehen, beispielsweise ist der Wert am Freitag deutlich geringer als an den anderen Wochentagen. Bei den anderen Zeiten sind auch Unterschiede zu erkennen, diese sind allerdings weniger stark ausgeprägt. Bei der Interpretation der Diagramme muss beachtet werden, dass der Wageneinsatz nicht einberechnet wurde, das heißt in der Früh sind die Unterschiede zwischen Wochentag und Wochenende beispielsweise größer als diese Diagramme den Eindruck vermitteln.

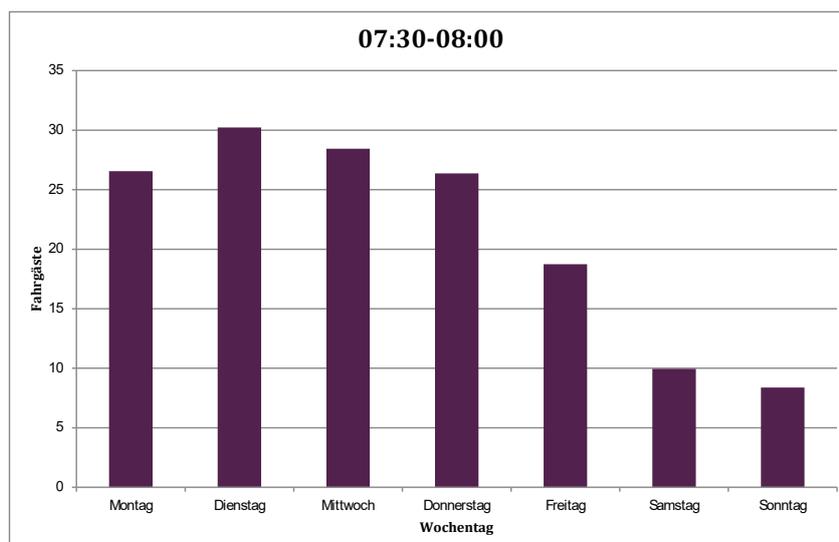


Abbildung 13: Einsteiger\*innen je Station und Zug, 07:30-08:00, alle Stationen, 2023

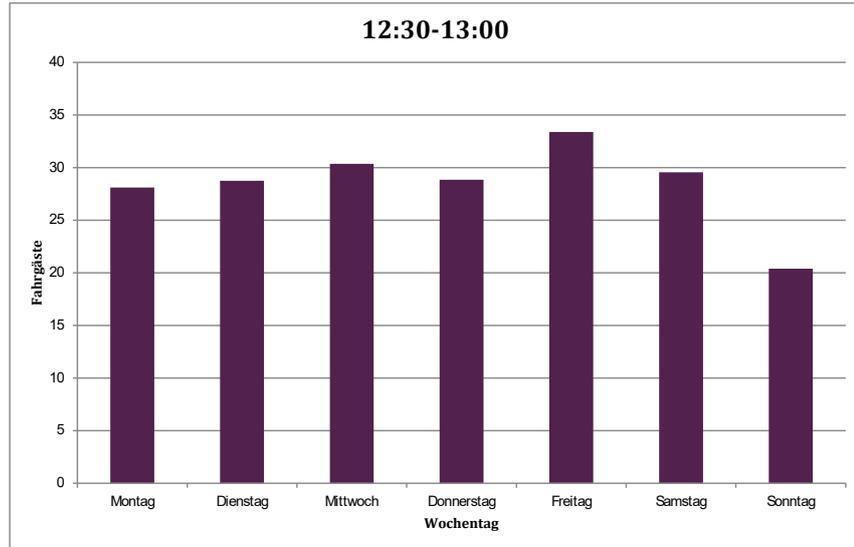


Abbildung 14: Einsteiger\*innen je Station und Zug, 12:30-13:00, alle Stationen, 2023

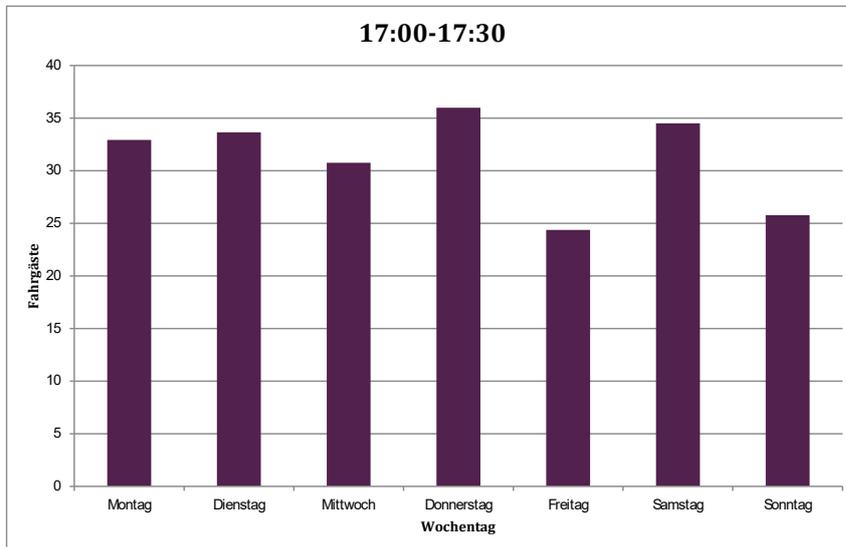


Abbildung 15: Einsteiger\*innen je Station und Zug, 17:00-17:30, alle Stationen, 2023

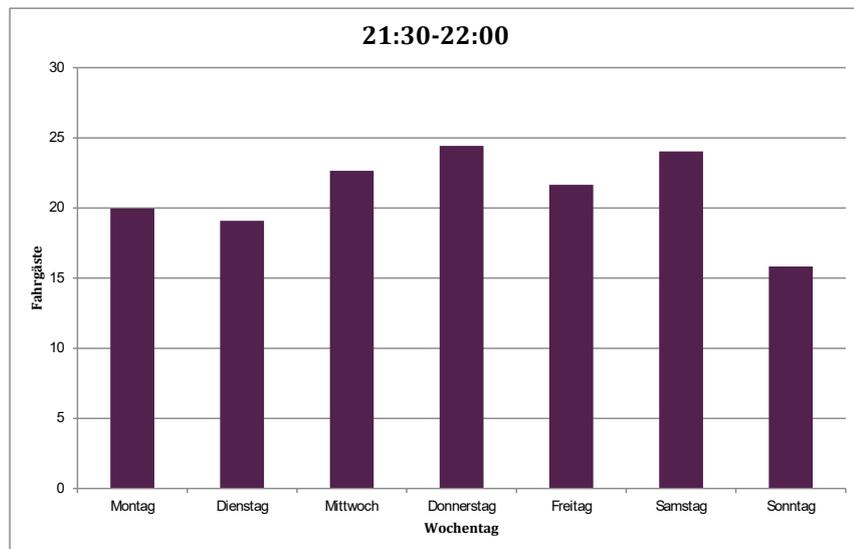


Abbildung 16: Einsteiger\*innen je Station und Zug, 21:30-22:00, alle Stationen, 2023

### 3.5 Analyse der Abgehende Belegung

Die Analyse der abgehenden Belegung liefert keine anderen Ergebnisse bezüglich der zeitlichen Verteilung, wie die Analyse der Einsteiger\*innen. Daraus kann geschlossen werden, dass jene Aussagen, die im vorigen Kapitel getätigt wurden, auch auf die Auslastung umgedeutet werden können. Es folgt also, dass, wenn weniger Einsteiger\*innen verzeichnet sind, die Auslastung der Fahrzeuge geringer ist und umgekehrt. Dies ist von Bedeutung, da es theoretisch möglich wäre, dass Fahrgäste zu bestimmten Zeiten und an bestimmten Wochentagen unterschiedlich lange Strecken zurücklegen und deshalb Unterschiede zwischen Einsteiger\*innen und abgehender Belegung erkannt werden können. Dies ist bei den vorliegenden Daten nicht bzw. in einem vernachlässigbaren Umfang vorhanden.

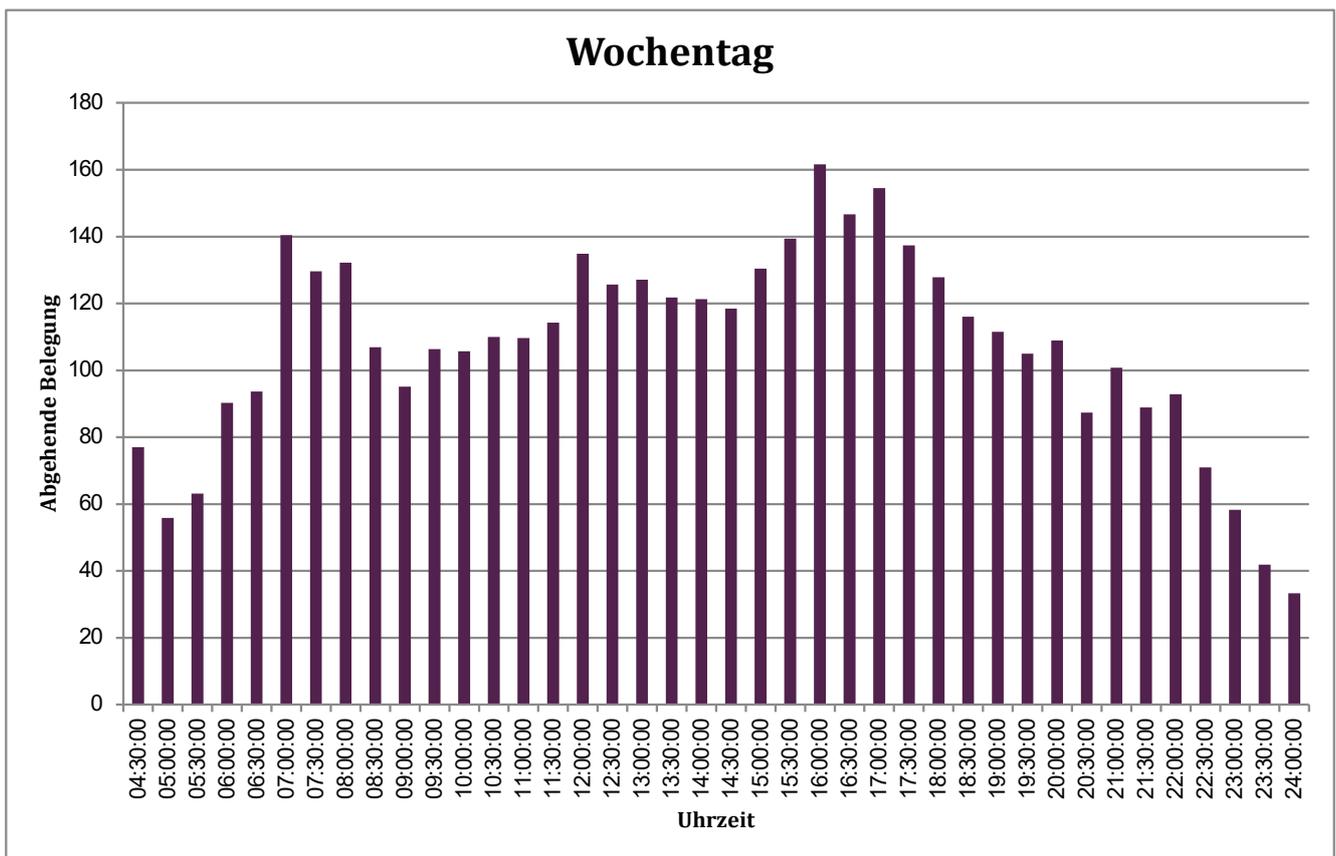


Abbildung 17: Abgehende Belegung je Station und Zug, Wochentag, alle Stationen, 2023





## 4 Räumliche Verteilungsmuster der Fahrgastnachfrage

Das folgende Kapitel widmet sich den räumlichen Differenzen und Mustern, die in den Fahrgastzahlen der U-Bahnlinien vorkommen. Die Untersuchung der räumlichen Verteilung der Fahrgäste ist relevant, da daraus Auswirkungen auf die Auslastung der Züge entstehen. Für die Planung des Angebots ist das Wissen über die räumliche Verteilung der Fahrgäste relevant, da so darauf reagiert werden kann. Möglichkeiten sind hierbei beispielsweise die Kurzführung von Zügen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass räumliche Differenzen im Fahrgastaufkommen Herausforderungen für ein Verkehrsunternehmen darstellen, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen.

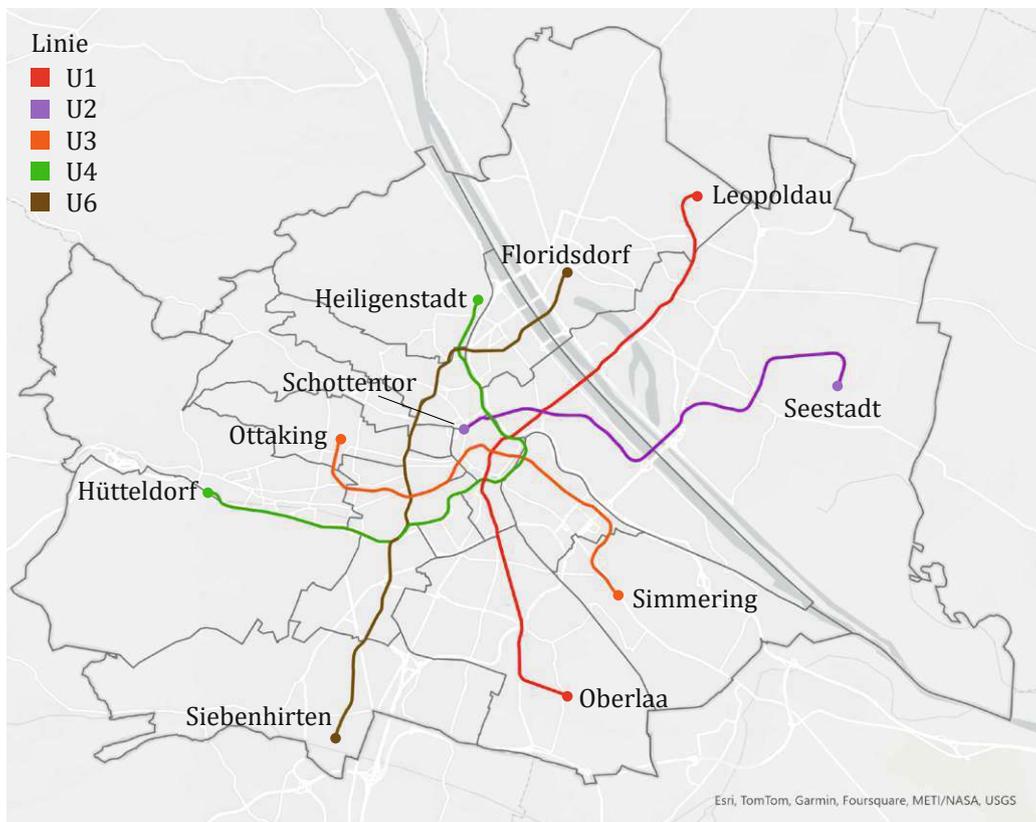
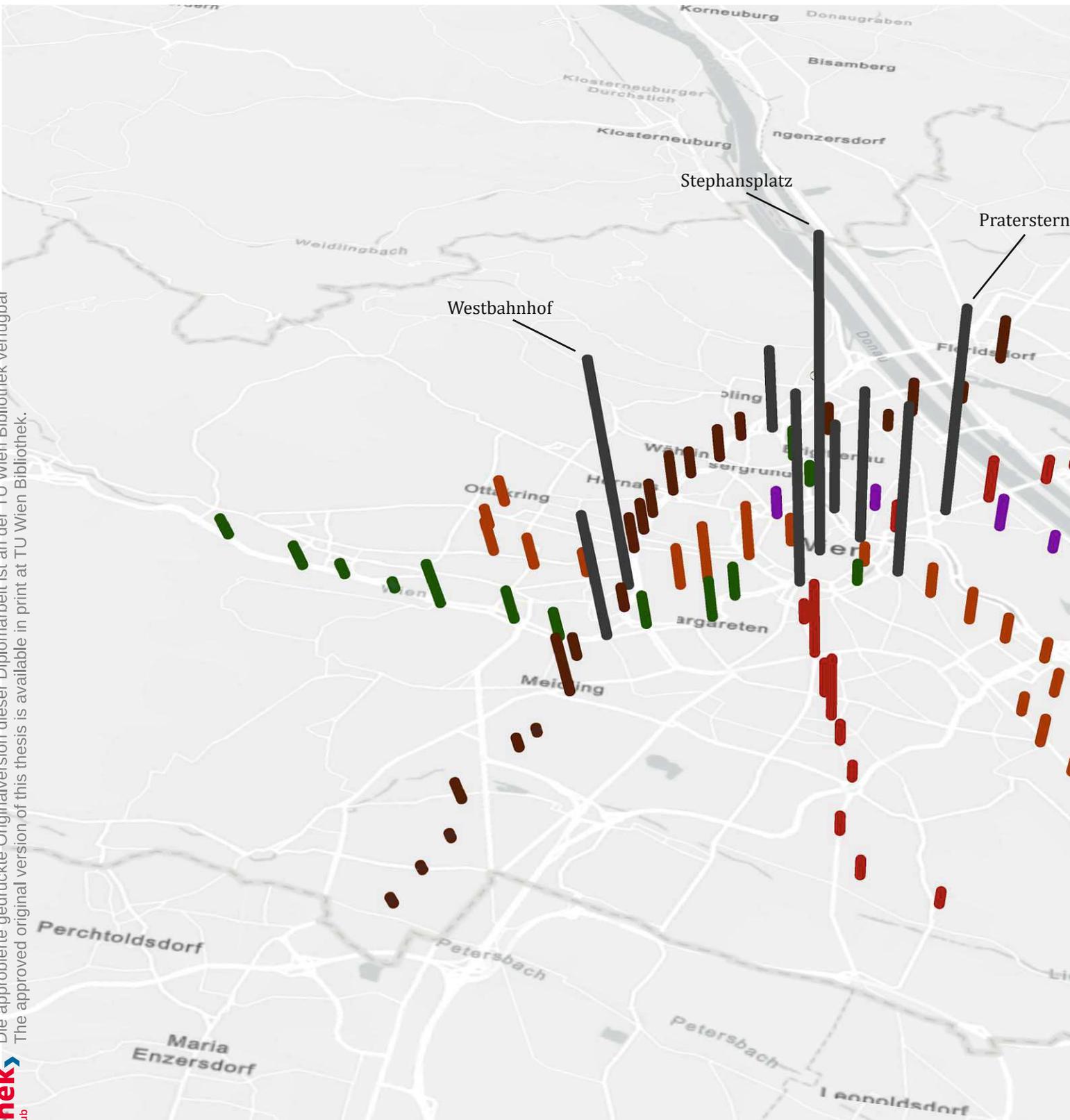
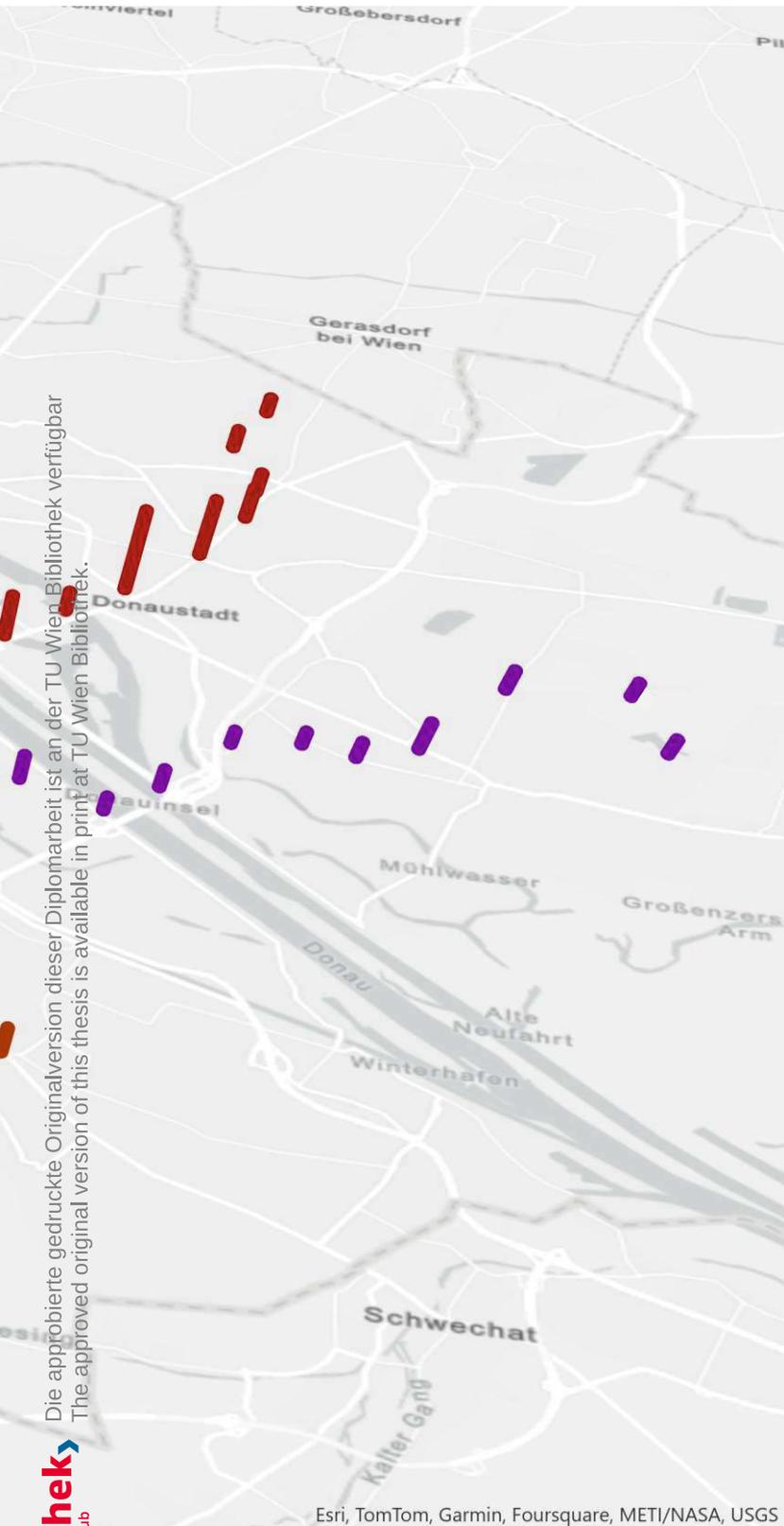


Abbildung 18: Räumliche Verteilung U-Bahnlinien Wien





Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS

Linie

■ U1

■ U2

■ U3

■ U4

■ U6

■ Umsteigeknoten

Abbildung 19: Räumliche Verteilung der durchschnittlichen Einsteiger\*innen je Station beider Fahrtrichtungen, Mai 2023

- Umsteigeknoten mit verhältnismäßig mehr Fahrgästen
- U2 schwächer als andere Linien



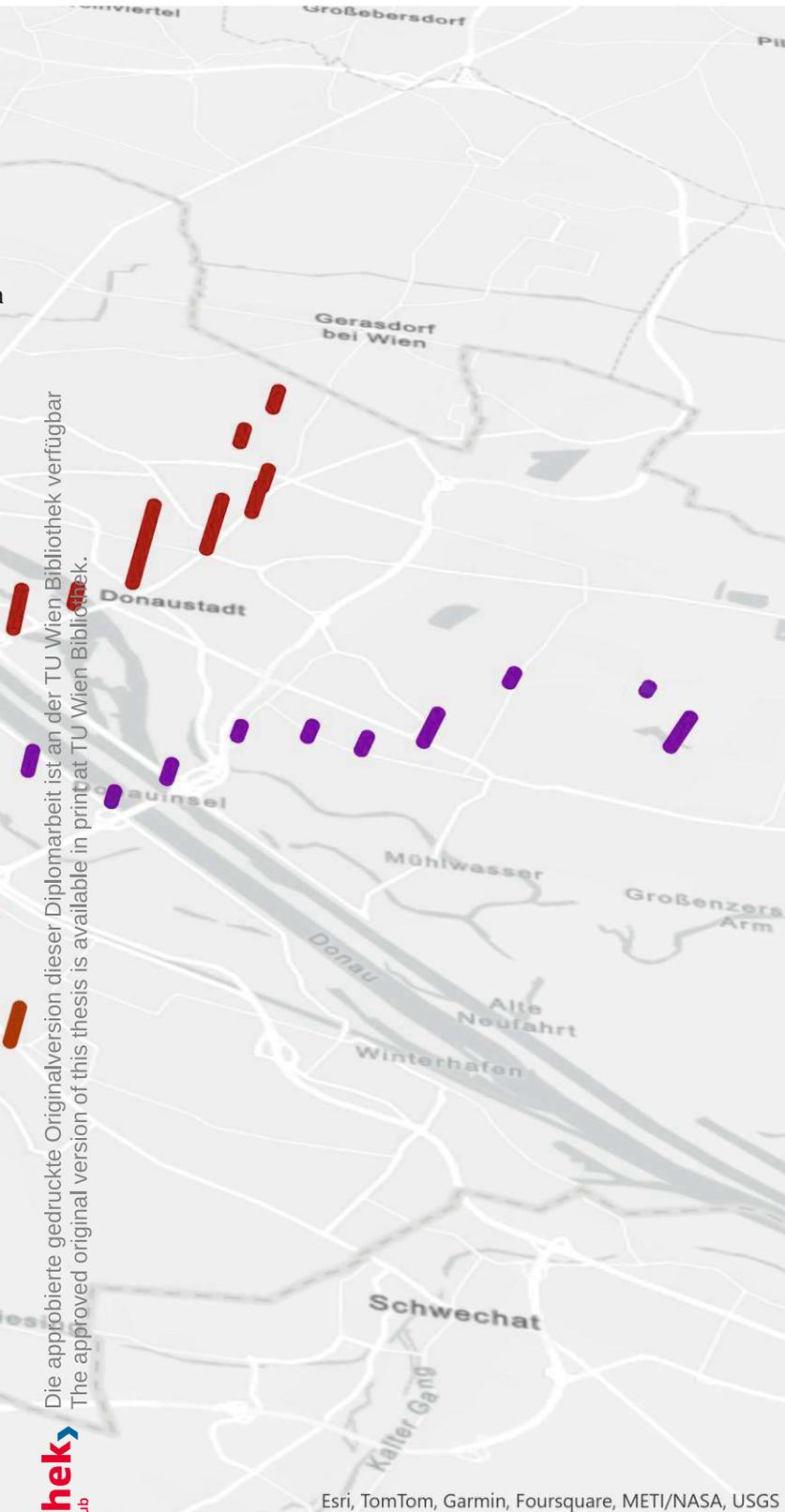


Abbildung 20: Räumliche Verteilung der durchschnittlichen Aussteiger\*innen je Station beider Fahrtrichtungen, Mai 2023

- Umsteigeknoten mit verhältnismäßig mehr Fahrgästen
- U2 schwächer als andere Linien

## 4.1 Einwohner\*innen und Fahrgastzahlen

Die Abbildung 21 zeigt, dass Wien mit den bis heute 5 U-Bahnlinien, bezogen auf die räumliche Verteilung der Bevölkerung, bereits eine gute Abdeckung erreicht. Die Bevölkerung ist im 100m Raster dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Bevölkerung Wiens nicht gleichmäßig auf die besiedelten Gebiete verteilt ist. Die U-Bahn folgt in vielen Gebieten der Bevölkerungsdichte. Es gibt aber dicht besiedelte Gebiete, zum Beispiel im 10. Bezirk oder im 17. Bezirk, die bis jetzt über keinen Anschluss an das U-Bahnnetz verfügen. Es ist aber geplant, dass sich das in Zukunft ändern wird (Bau U5, U2 Verlängerung).

In Abbildung 22 ist die räumliche Verteilung der Einwohner\*innen und der durchschnittlichen Einsteiger\*innen dargestellt. Der Darstellung kann entnommen werden,

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

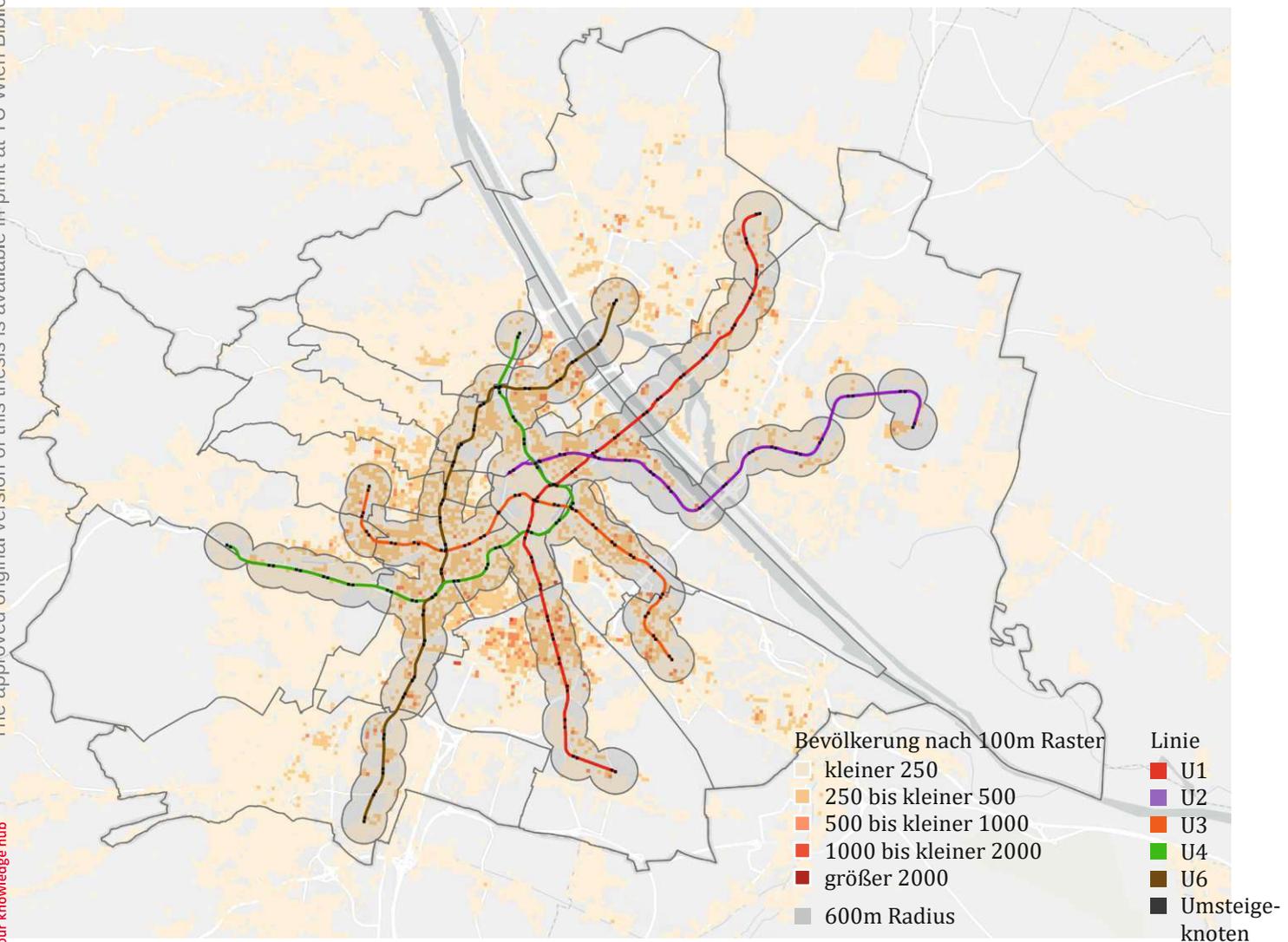


Abbildung 21: Einwohner\*innen, Einzugsgebiete der U-Bahnlinien, 600m Radius



dass Einwohner\*innenzahlen einen Einfluss auf die Fahrgastzahlen haben. Bei den Station im dicht besiedelten Teil des 10. Bezirks werden mehr Fahrgäste verzeichnet als bei anderen Stationen der Linie U1. Auch bei der U6 kann die Hypothese bestätigt werden. Bei der Station Alterlaa werden mehr Einsteiger\*innen verzeichnet als beispielsweise bei der Station Perfektastraße. Zu beachten ist bei dieser Interpretation allerdings, dass Umsteigemöglichkeiten zu S-Bahn, Straßenbahn und Bus nicht berücksichtigt wurden. Eine Korrelationsanalyse konnte aufgrund der Daten nicht durchgeführt werden.

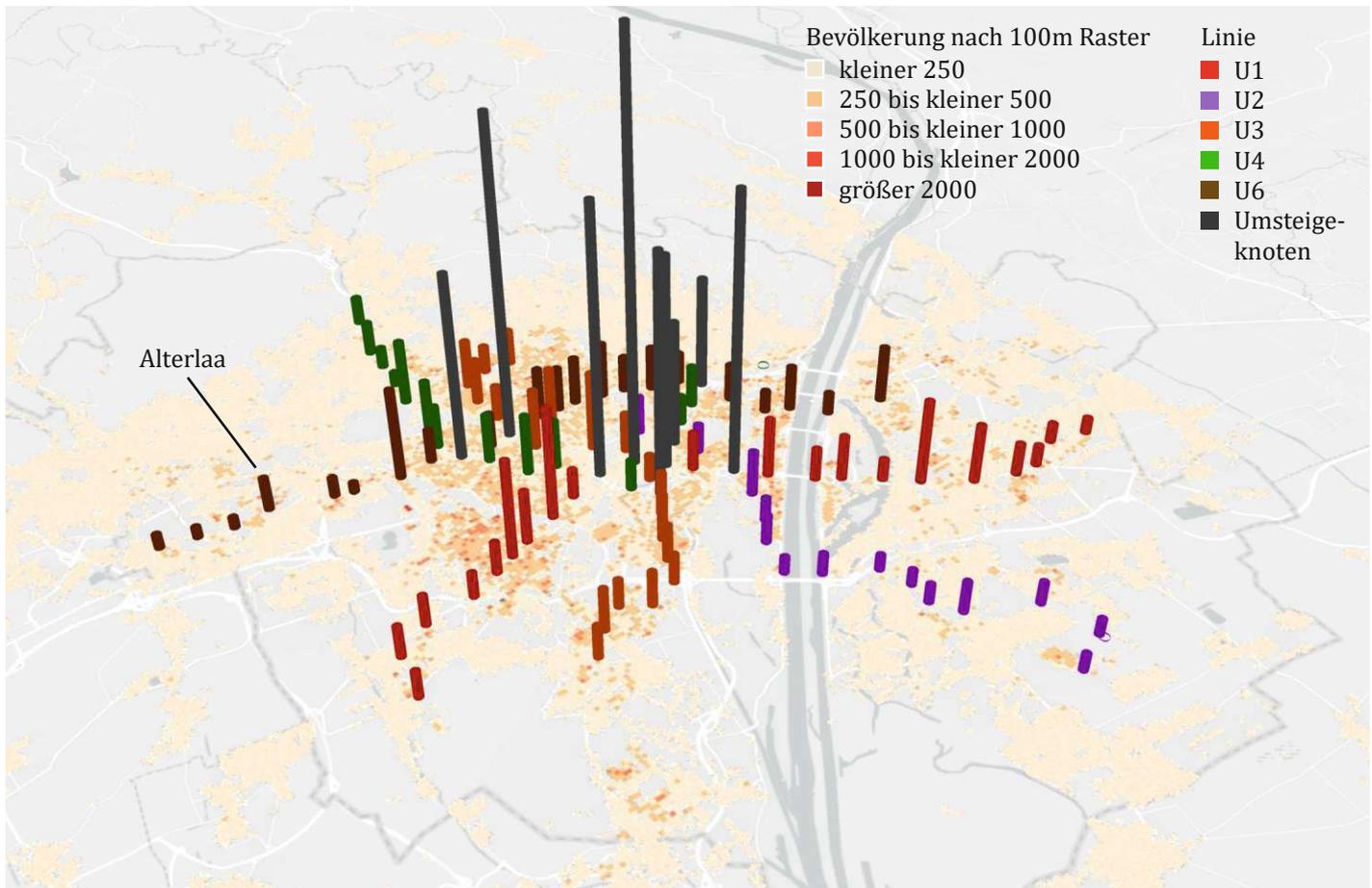


Abbildung 22: Räumliche Verteilung der Einwohner\*innen und Einsteiger\*innen

## 4.2 Beschäftigte und Fahrgastzahlen

Ein Faktor, der untersucht wurde, sind die Beschäftigten am Arbeitsort und deren Einfluss auf die Zahl der Fahrgäste. Für die Analyse wurden einerseits die Daten der Wiener Linien, andererseits Daten zu Arbeitsstätten und Beschäftigten verwendet, die von der TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung zur Verfügung gestellt

wurden und von der Statistik Austria stammen. Diese sind aus dem Jahr 2011, sie müssen also mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden. Sie wurden aber trotzdem für die Analyse herangezogen, da angenommen wird, dass sich die Verteilung der Arbeitsplätze im Stadtgebiet nicht allzu sehr verändert hat. Abbildung 23 zeigt die Verteilung der Arbeitsplätze in Wien im Jahr 2011.

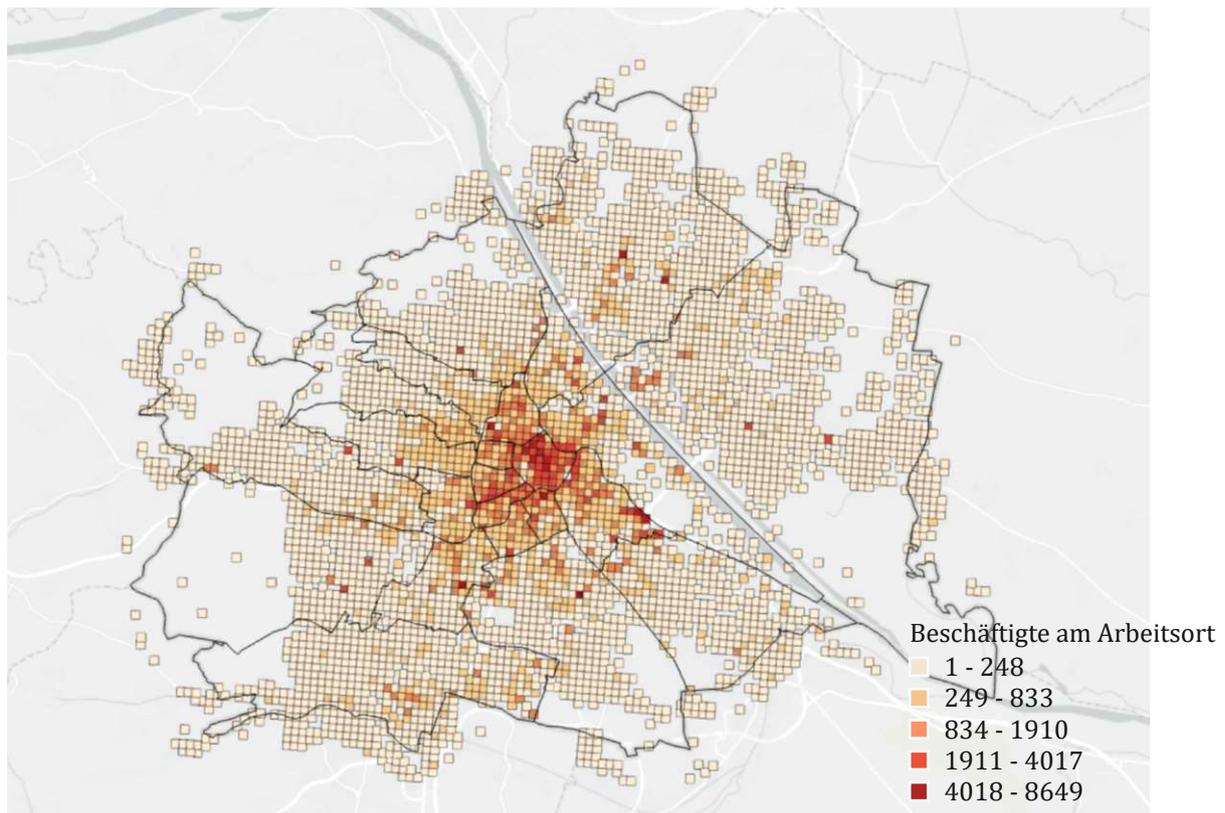
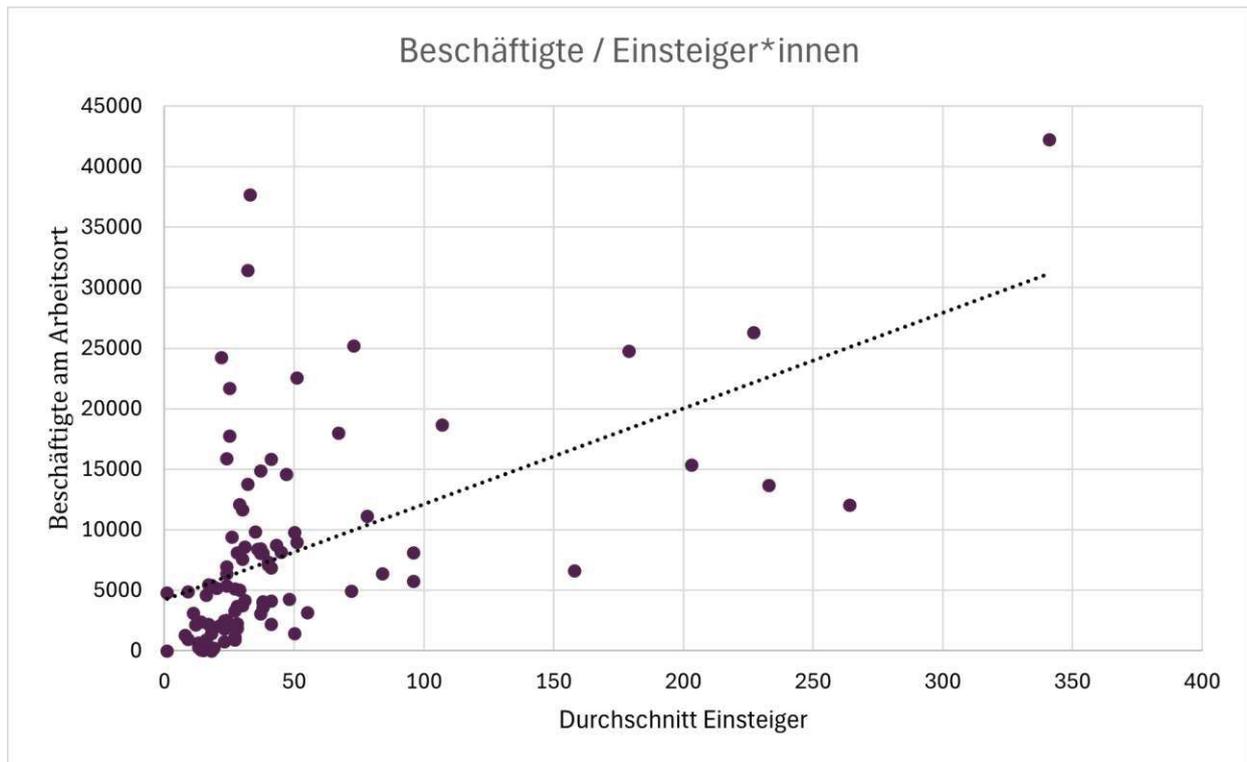


Abbildung 23: Beschäftigte am Arbeitsort, 250m Raster, 2011, Daten: TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung, Statistik Austria, Wiener Linien

Um einen empirischen Wert für den Zusammenhang zwischen Fahrgästen und Beschäftigten am Arbeitsort zu errechnen, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Diese wurde jeweils mit den durchschnittlichen Einsteiger\*innen bzw. Aussteiger\*innen an einer Station und den Beschäftigten in einem Umkreis von 600m um die U-Bahn Station durchgeführt. Der Korrelationskoeffizient betrug für die Einsteiger\*innen 0.54 und für die Aussteiger\*innen 0.52. Es ist also ein positiver Zusammenhang gegeben. Das Ergebnis der Analyse bestätigt, dass je mehr Beschäftigte im 600m Umkreis einer Station arbeiten, desto mehr Fahrgäste eine Station benutzen. Dieses Ergebnis bestätigt eine Hypothese, die bei einer näheren Betrachtung der räumlichen Verteilung von Fahrgästen aufgestellt werden konnte. Der Zusammenhang der beiden Faktoren ist in Abbildung 24 dargestellt.

Abbildung 25 zeigt die räumliche Verteilung der Arbeitsplätze und die durchschnittliche Zahl der Einsteiger\*innen an einer Station. Man kann erkennen, dass beide Faktoren im Zentrum der Stadt größer sind als am Stadtrand. Diese Abbildung bestätigt also die Korrelationsanalyse.



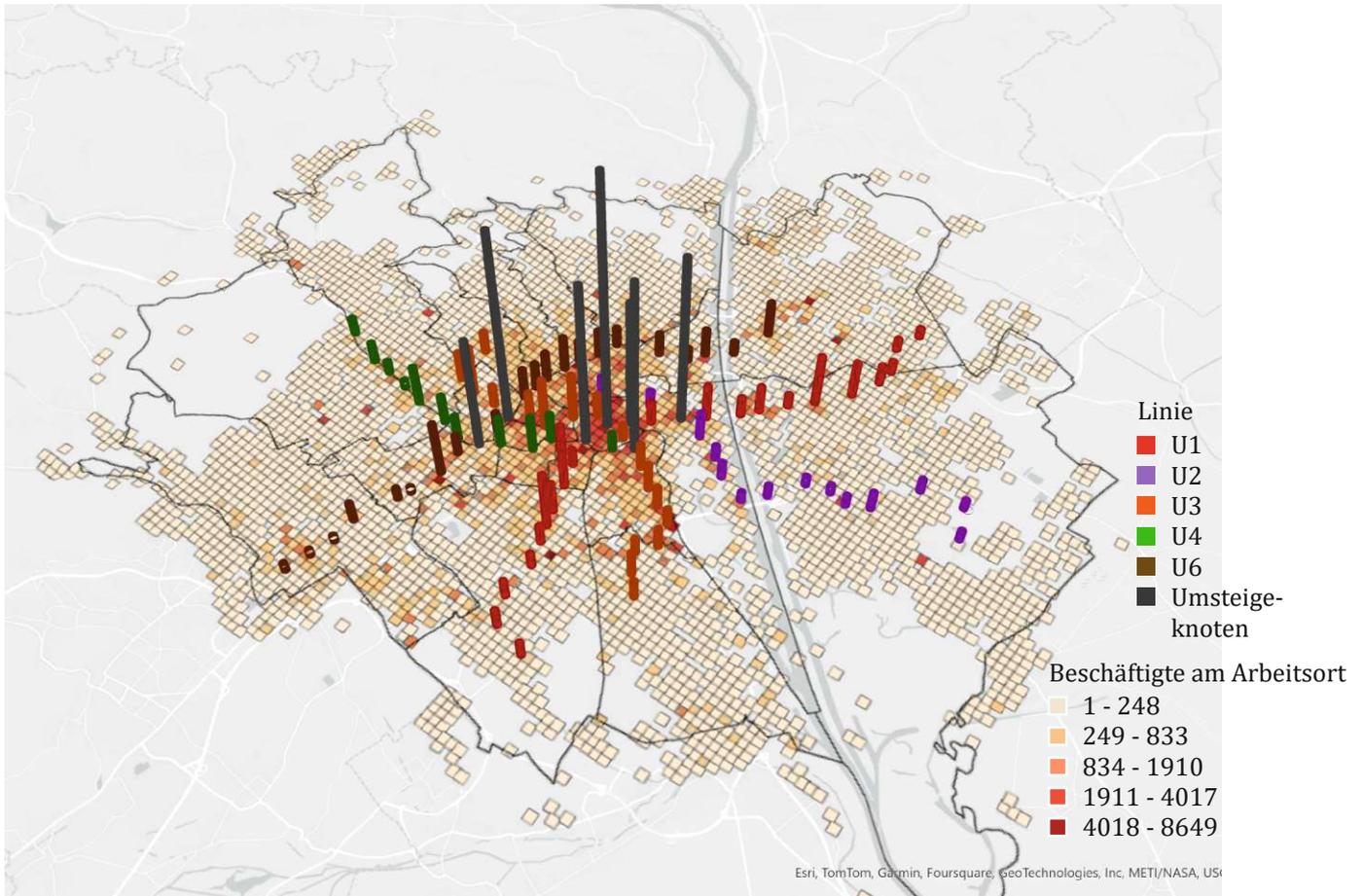


Abbildung 25: Räumliche Verteilung der Fahrgäste und Beschäftigten am Arbeitsort, Daten: TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung, Statistik Austria, Wiener Linien

der Anzahl der Bus-, Straßenbahn- und U-Bahnlinien, die an einer Station vorhanden sind, zusammen. Zusätzlich wurden Punkte für S-Bahn und Fernzüge vergeben. Nach dieser Bewertung erhalten 3 Stationen über 20 Punkte: Südtirolerplatz-Hbf, Schottentor und Westbahnhof.

Anschließend wurde eine Korrelationsanalyse zwischen den durchschnittlichen Einsteiger\*innen und den erreichten Punkten durchgeführt. Das Ergebnis ist ein Korrelationskoeffizient von 0,49. Es liegt also ein mittlerer positiver Zusammenhang vor.

Aus den Ergebnissen der Analyse kann geschlossen werden, dass die Wertigkeit einer Station einen positiven Einfluss auf das Fahrgastaufkommen hat.

#### 4.4 Fahrtrichtungsbezogene Analyse

Die in den nächsten Kapitel gezeigten Abbildungen sind nicht genordet. Dies soll die Lesbarkeit erhöhen. Außerdem sind jeweils nur einzelne Fahrten und keine Durch-

schnittswerte dargestellt. Dies hat den Hintergrund, dass Relationen zwischen den einzelnen Stationen betrachtet werden können. Absolute Zahlen wurden nicht angegeben, da aufgrund der Tatsache, dass es sich nur um eine einzelne Fahrt, diese einen Ausreißer darstellen könnte, weil zum Beispiel aufgrund einer Störung davor länger kein Zug gefahren ist. Weiters wurde für die Kapitel mit Daten des Monats Oktober gearbeitet, da hier einzelne Fahrten nachverfolgt werden können.

Die Abbildungen 26-31 zeigen jeweils die abgehende Belegung eines Zuges, jeweils zu den Stoßzeiten in der Früh und am Nachmittag. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass es sich um einen einzelnen Fahrt und nicht um Durchschnittswerte handelt. Unter abgehender Belegung versteht man die Anzahl an Personen, die sich im Zug befinden, wenn dieser die entsprechende Station verlässt. Aus der Zahl können also unter anderem Rückschlüsse auf die Auslastung der Züge gegeben werden. Da es sich um abgehende Belegung handelt, ist in der Endstation kein Wert vorhanden, da dort alle Personen den Zug und dieser ohne Fahrgäste die Station verlässt.

Betrachtet man die Abbildungen 26 und 27 fällt auf, dass die Auslastung der U2 der Fahrtrichtungen sich abhängig von den Tageszeiten unterscheidet. So ist in der Früh die Fahrtrichtung Schottentor stärker ausgelastet, am Nachmittag hingegen jene Züge Richtung Seestadt. Der Unterschied ist am Nachmittag allerdings weniger stark ausgeprägt. Insgesamt bestätigen die Abbildungen die Hypothese, dass in der Früh jene Züge, welche stadteinwärts unterwegs sind, stärker ausgelastet sind und am Nachmittag jene, die stadtauswärts fahren. Eine Erklärung dafür, dass der Unterschied am Nachmittag geringer ausfällt, könnte sein, dass Fahrgäste hier heterogenere Ziele anstreben, wie zum Beispiel auch Freizeitaktivitäten, während in der Früh die Ziele einheitlicher sind (Schule, Arbeit). Erstere sind eventuell weniger auf das Stadtzentrum konzentriert. Um diese Aussage zu bestätigen, wäre aber weitere Forschung zum Beispiel in Form einer Befragung notwendig.

Dass dieses Muster nicht nur bei einem einzelnen Zug zu erkennen ist, kann mit einer näheren Betrachtung der Station Stadlau bestätigt werden. In der Zeit zwischen 7 und 8 in der Früh haben alle Züge in denen Messungen durchgeführt wurden, welche in Richtung Schottentor gefahren sind, eine höhere abgehende Belegung aufgewiesen, als jene, welche in Richtung Seestadt gefahren sind. Am Nachmittag zwischen 16 und 17:30 ist das Bild der Fahrtrichtungen heterogener. Allerdings bestätigt sich das Muster auch hier, da die 10 Prozent am stärksten ausgelasteten Züge alle in Fahrtrichtung Seestadt unterwegs waren.



Abbildung 26: U2 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten: Seestadt 26.09.2023 07:23, Schottentor 03.10.2023 07:21

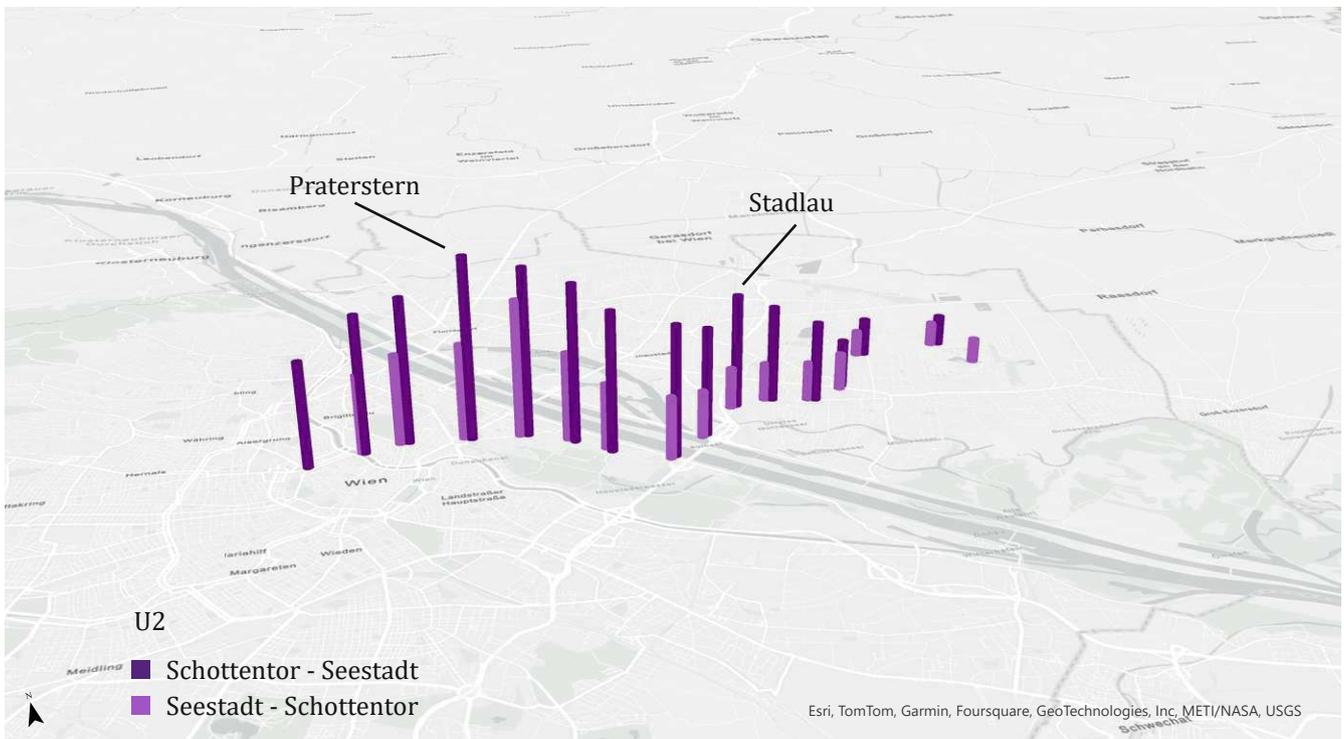


Abbildung 27: U2 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten: Seestadt 05.10.2023 16:20, Schottentor 03.10.2023 16:17

Eine auffällige Station ist der Praterstern, hier verlassen vor allem in Fahrtrichtung Schottentor viele Personen den Zug, was mit den dort vorhandenen Umsteigemöglichkeiten zusammenhängen könnte. Weiters ist die Station davor, Messe -Prater, hervorstechend, da hier am Nachmittag viele Einsteiger\*innen zu verzeichnen sind. Dazu kann die Hypothese aufgestellt werden, dass dies unter anderem durch die räumliche Nähe zur Wirtschaftsuniversität bedingt ist.

Auf der U4 wird das Muster, dass in der Früh Fahrgäste vermehrt stadteinwärts fahren und am Nachmittag stadtauswärts, ebenfalls bestätigt. Auffällig ist hierbei ebenfalls ein Umsteigeknoten, nämlich die Station Karlsplatz, in der in Fahrtrichtung Heiligenstadt viele Personen den Zug verlassen. In die andere Fahrtrichtung sind aber keine Auffälligkeiten bei dieser Station zu verzeichnen. Es kann daraus aber nicht geschlossen werden, dass wenige Einsteiger\*innen vorhanden sind. Es können auch ähnlich viele Personen ein- und aussteigen.

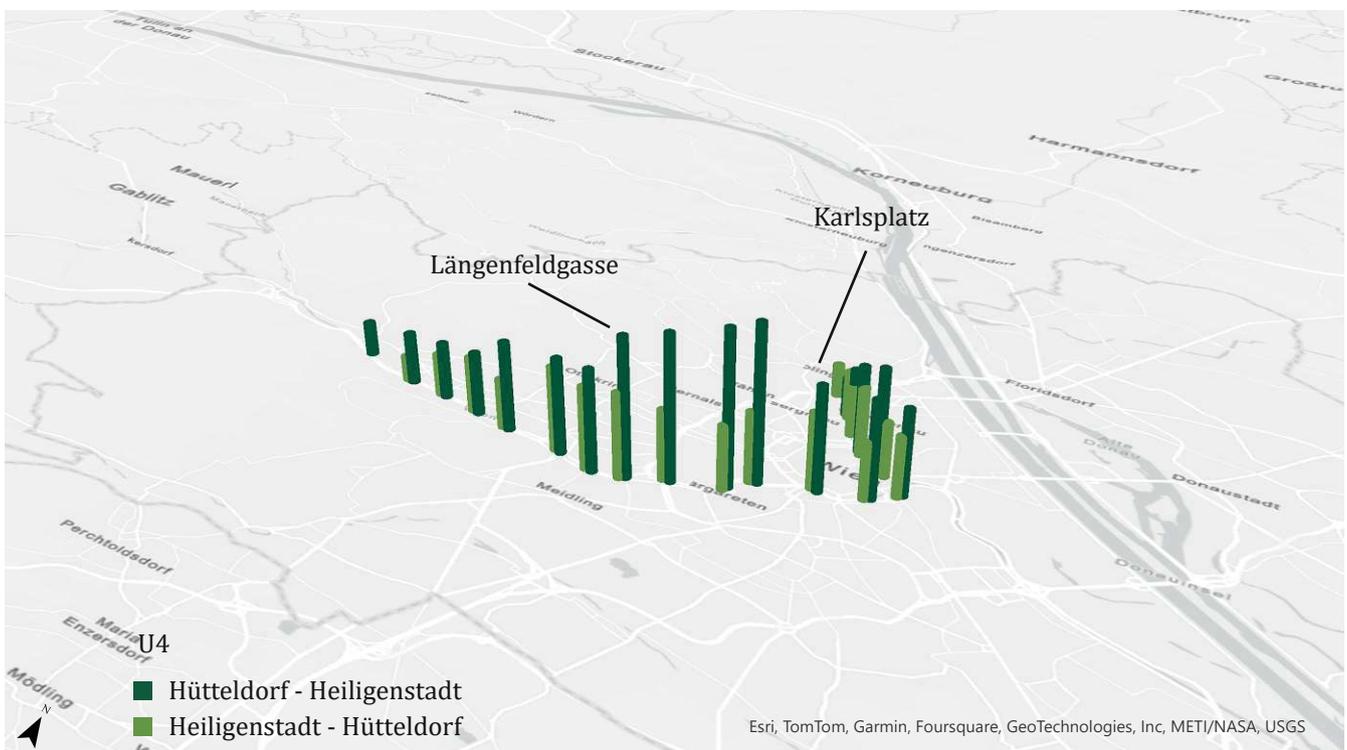


Abbildung 28: U4 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Hütteldorf 27.09.2023 07:14  
Heiligenstadt 26.09.2023 07:10

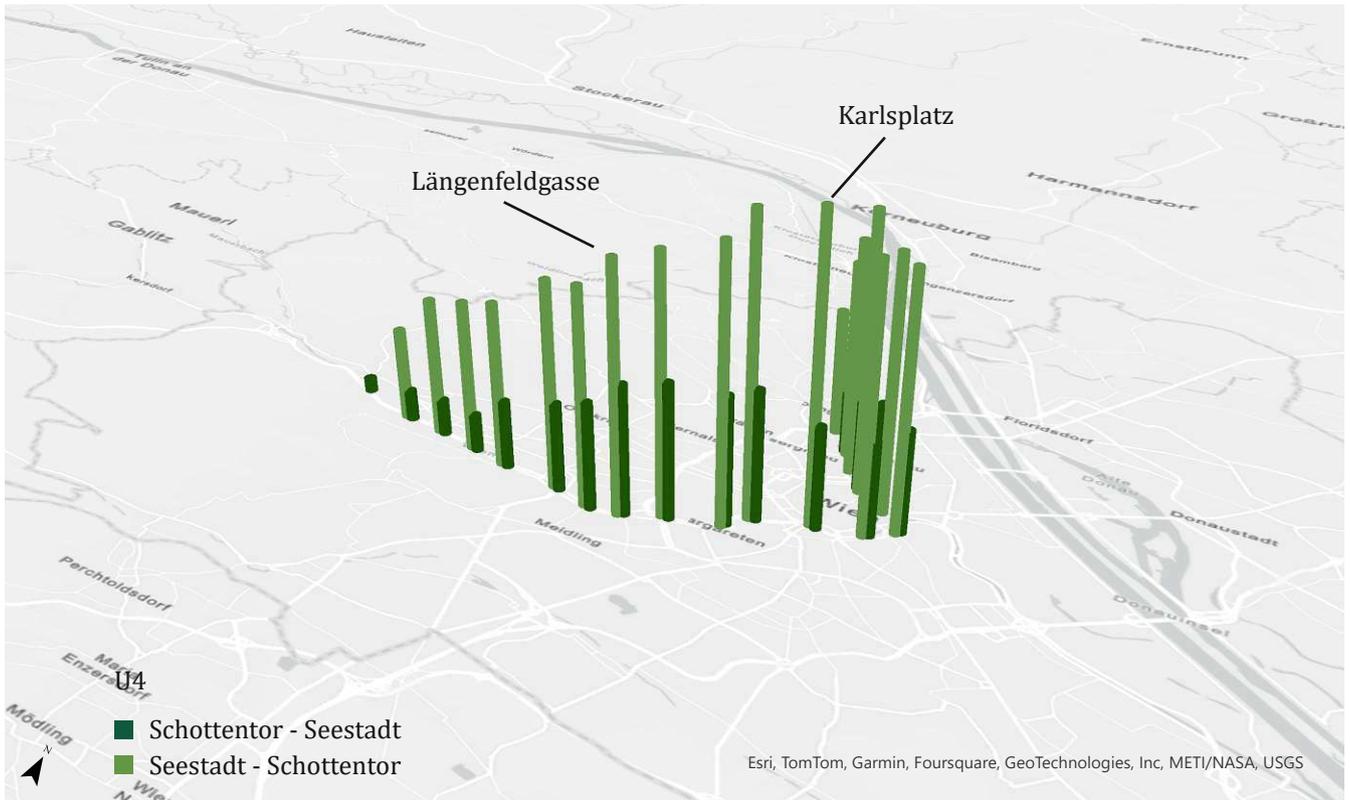


Abbildung 29: U4 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Hütteldorf 11.10.2023 16:31  
Heiligenstadt 05.10.2023 16:28

In der Früh vermittelt die U1 ebenfalls das Bild, dass eine Mehrheit der Fahrgäste stadteinwärts fährt. Am Nachmittag kann dies nur bedingt bestätigt werden, es sind zwar auf dem jeweiligen Ast mehr Fahrgäste in der entsprechenden Richtung unterwegs, was an der Höhe der Balken erkannt werden kann. Es ist aber bei fast allen Stationen der Balken der abgehenden Belegung in Fahrtrichtung Leopoldau höher als in Richtung Oberlaa. Interessant ist, dass bei der U1 mit der Station Stephansplatz ein deutlicher Kippunkt zu erkennen ist. Da es sich hierbei um die zentralste Station handelt, kann die Hypothese, dass es einen Unterschied zwischen einem stadteinwärts und stadtauswärts fahrenden Zug gibt, bestätigt werden.

Insgesamt kann gesagt werden, dass sich die Hypothese, dass Fahrgäste in der Früh vermehrt stadteinwärts und am Nachmittag vermehrt stadtauswärts fahren, bestätigt hat. Beachtet werden muss allerdings, dass dieses Muster in der Früh ausgeprägter ist als am Nachmittag.

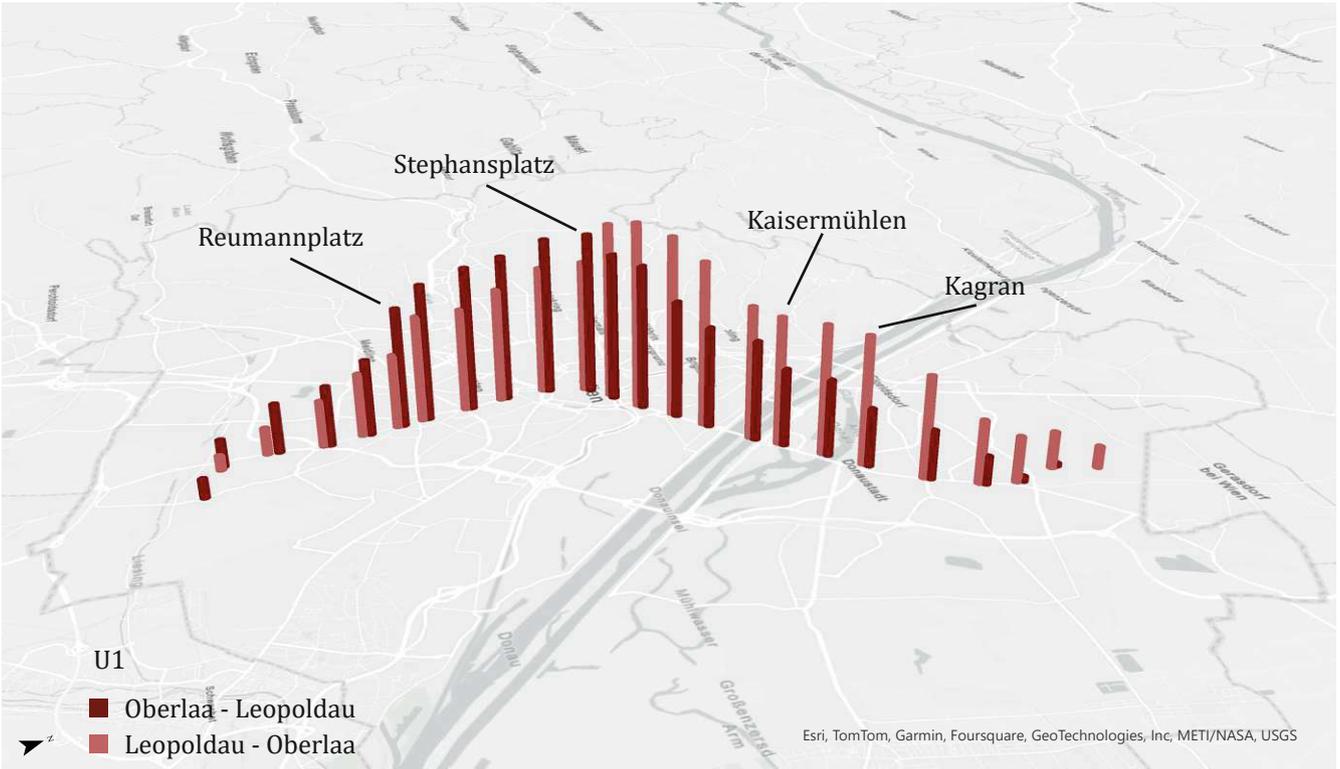


Abbildung 30: U1 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Oberlaa 27.09.2023 07:18  
Leopoldau 12.10.2023 07:16

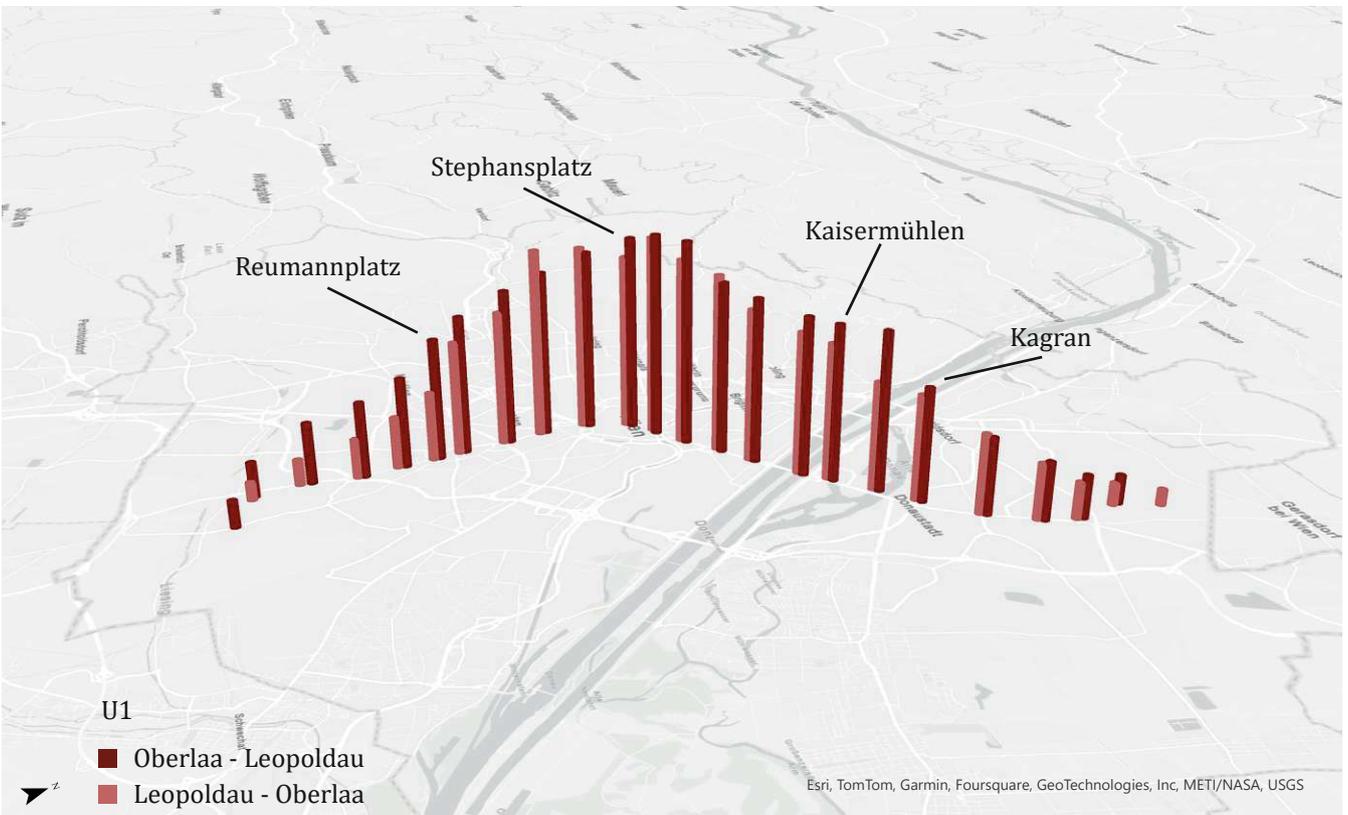


Abbildung 31: U1 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Oberlaa 04.10.2023 16:22  
Leopoldau 04.10.2023 16:25

## 4.5 Externe Einflussfaktoren

### 4.5.1 Geschäftsstraßen am Wochenende Linie U3 - Beispiel Mariahilfer Straße

Die folgenden Absätze thematisieren das Fahrgastaufkommen entlang der Mariahilfer Straße. Diese wurde ausgewählt, da sie eine der bekanntesten Einkaufsstraßen Wiens ist. Außerdem führt die Linie U3 (Ottakring - Simmering) entlang der Mariahilfer Straße, weshalb entschieden wurde, die Fahrgastzahlen dieser Linie zu analysieren.

Die Karten stellen jeweils eine Fahrt der Linie U3 in die angegebene Fahrtrichtung dar. Die Fahrt hat eine Abfahrtszeit in der Anfangsstation von ca. 10:30. Der genau Wert variiert bei der jeweiligen Darstellung. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass genau bei dieser einen Fahrt ein erhöhtes Fahrgastaufkommen, zum Beispiel aufgrund einer Störung, vorhanden ist, können die absoluten Zahlen nicht verglichen werden. Die relativen Zahlen können allerdings verglichen werden, da das gegebenenfalls erhöhte Fahrgastaufkommen mit einer großen Wahrscheinlichkeit bei jeder Station vorhanden ist.

Betrachtet man die ersten beiden Abbildungen 32 und 33 fällt besonders die Station Neubaugasse auf. In beiden Fahrtrichtungen ist sie in der Reihenfolge der Stationen mit den meisten Aussteiger\*innen auf dem dritten Platz. Davor sind nur noch Stephansplatz und Westbahnhof zu finden, die beide Umsteigeknoten darstellen. Dies ist bei der Neubaugasse nicht der Fall, hier kann nur zum 13A und 14A umgestiegen werden. Die Station Neubaugasse weist eine größere Zahl an Aussteiger\*innen auf als zum Beispiel die Station Landstraße, welche ebenfalls einen großen Umsteigeknoten darstellt. Bei der Station Zieglergasse, welche sich ebenfalls entlang der Mariahilfer Straße befindet, sind die Unterschiede zu den anderen Stationen nicht in demselben Maß ausgeprägt. Um feststellen zu können, ob die vorhandenen Unterschiede eine generell größere Auslastung der Station darstellen oder an einem Samstag stärker ausgeprägt sind, werden in den folgenden Darstellungen jeweils eine Fahrt an einem Wochentag und an einem Sonntag dargestellt. Die Uhrzeiten sind in allen Fällen ähnlich, alle Fahrten haben am Vormittag stattgefunden.

Betrachtet man den Wochentag (Abbildungen 34 und 35) erkennt man, dass die Stationen Zieglergasse und Neubaugasse zwar zu den Stationen mit einer größeren Anzahl an Aussteiger\*innen gehören. Die Zahl der Aussteiger\*innen ist aber im Gegensatz zum Samstag nicht auffällig erhöht. Daraus lässt sich ableiten, dass an einem Wochen-

tag, die Stationen entlang der Mariahilfer Straße zwar tendenziell zu den stärker frequentierten Stationen auf der U3 gehören, der Unterschied zu anderen Stationen aber nicht bzw. viel schwächer ausgeprägt ist, als am Wochenende.

Das Bild am Sonntag (Abbildung 36 und 37) unterscheidet sich nochmals von jenem der Wochentage. Die Stationen Neubaugasse und Zieglergasse können tendenziell eher zu den Stationen mit weniger Aussteiger\*innen gezählt werden. Sie sind also im Bezug auf die Aussteiger\*innen nicht mehr auffällig.

Aus dem Vergleich der Abbildungen kann geschlossen werden, dass die Mariahilfer Straße als Einkaufsstraße einen großen Einfluss auf Fahrgastzahlen der Stationen, die sich entlang dieser befinden, hat. Der Samstag ist der Tag, an dem die Frequenz der Station Neubaugasse zu der höchsten der gesamten Linie zählt. Dies kann an einem Wochentag nicht in demselben Ausmaß festgestellt werden. An einem Sonntag, an dem die Geschäfte größtenteils geschlossen haben, ist die Frequenz der Stationen an der Mariahilfer Straße im Vergleich zu den anderen Stationen deutlich stärker vermindert als an den anderen Wochentagen, mit denen der Vergleich stattgefunden hat.

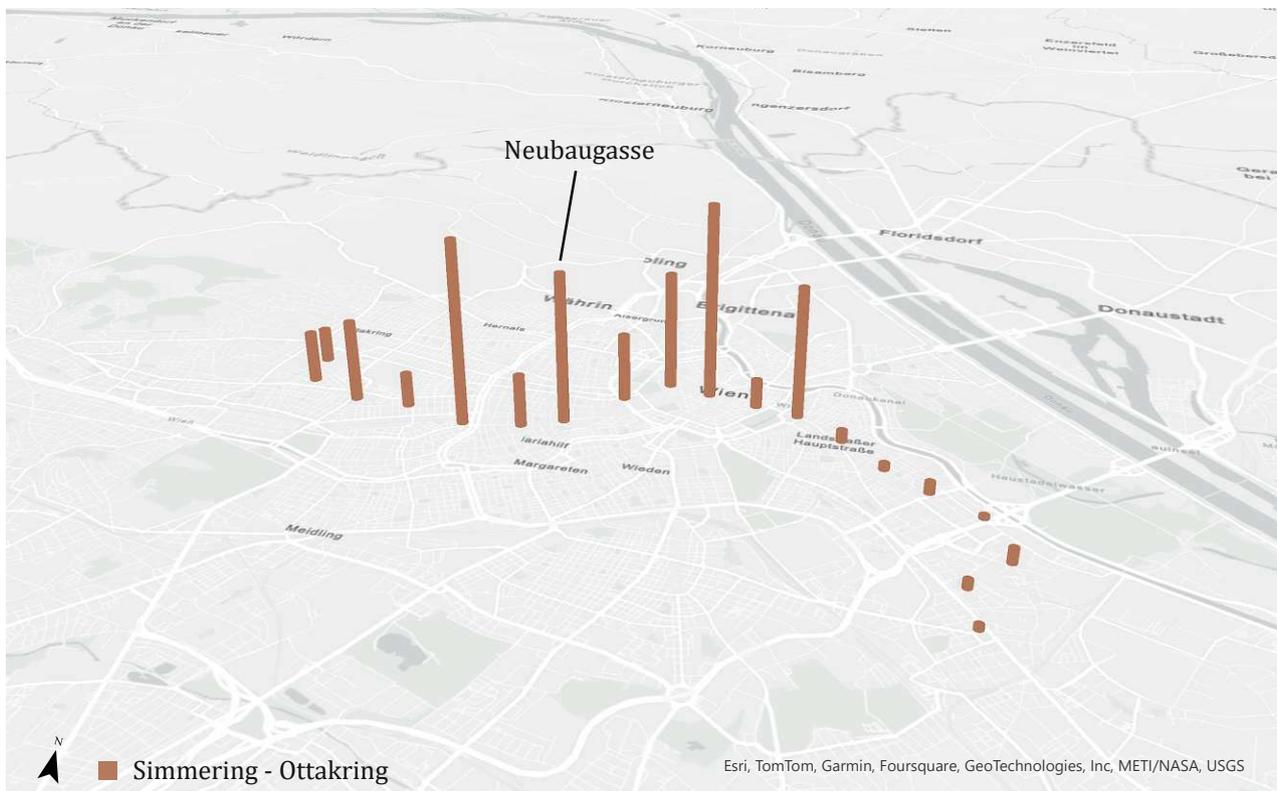


Abbildung 32: Einzelne Fahrt U3 Samstag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 14.10.2024: 10:25, Fahrtrichtung Ottakring

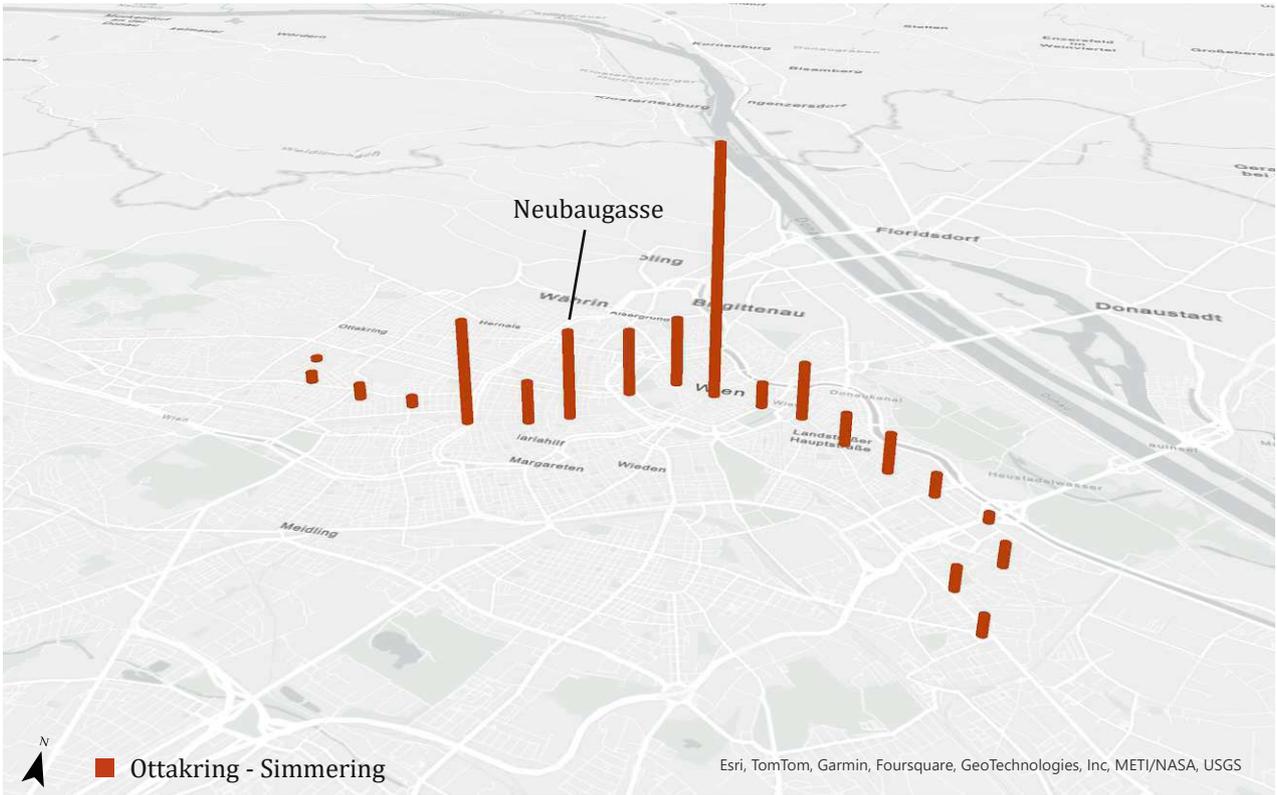


Abbildung 33: Einzelne Fahrt U3 Samstag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 14.10.2024: 10:31, Fahrtrichtung Simmering

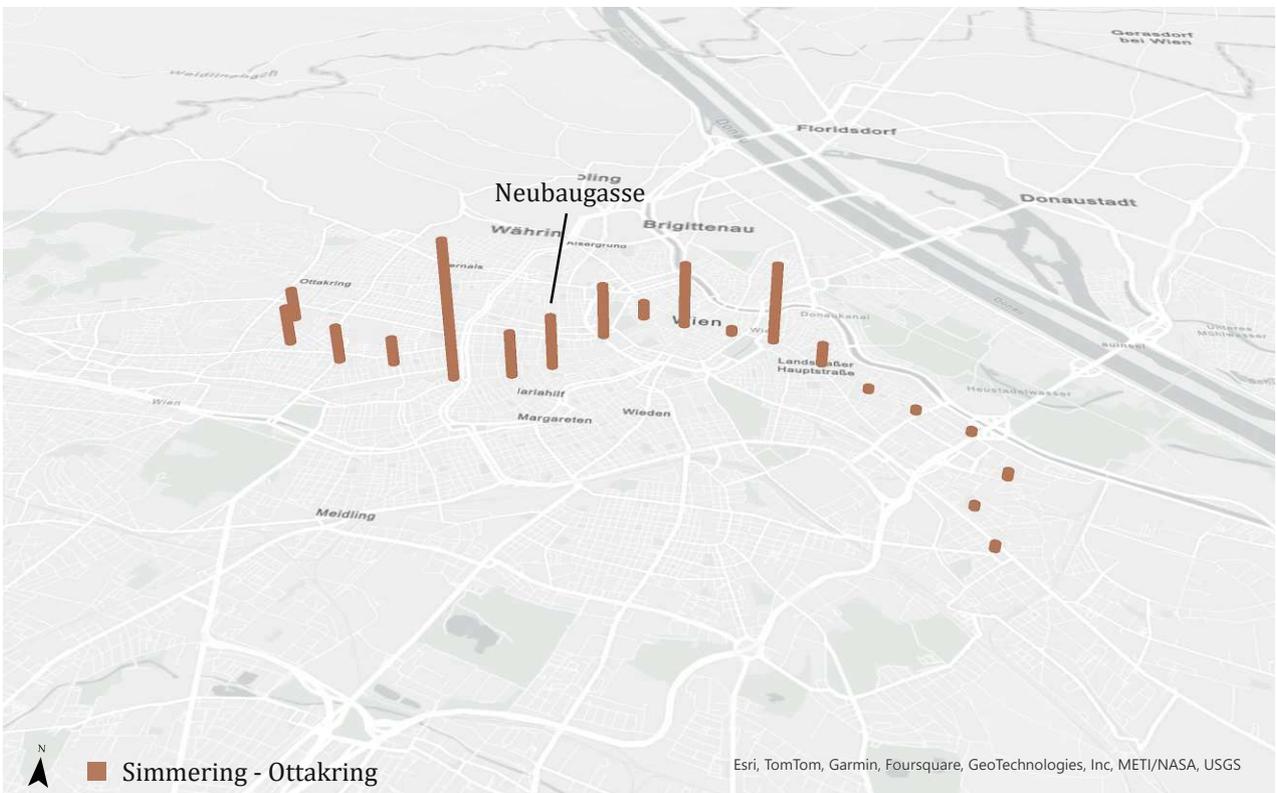


Abbildung 34: Einzelne Fahrt U3 Wochentag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 05.10.2024: 10:20, Fahrtrichtung Ottakring

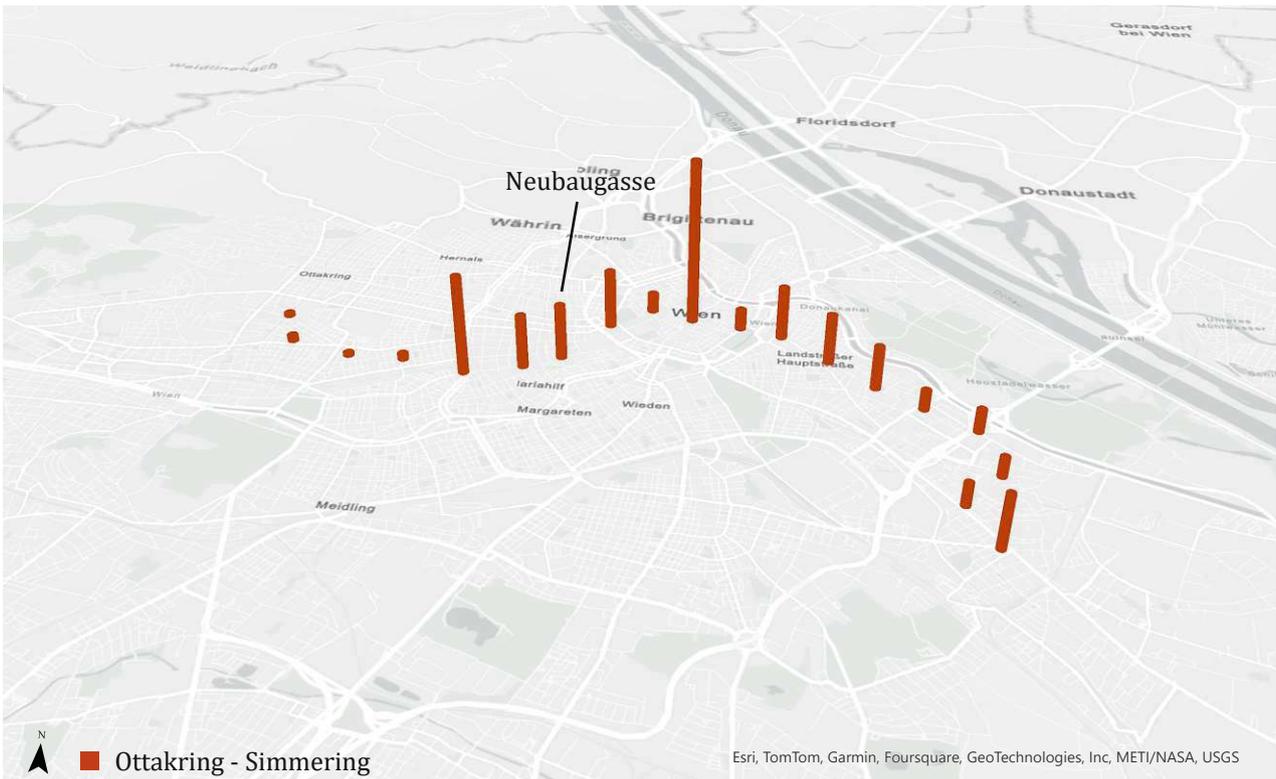


Abbildung 35: Einzelne Fahrt U3 Wochentag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 05.10.2024: 10:32, Fahrtrichtung Simmering

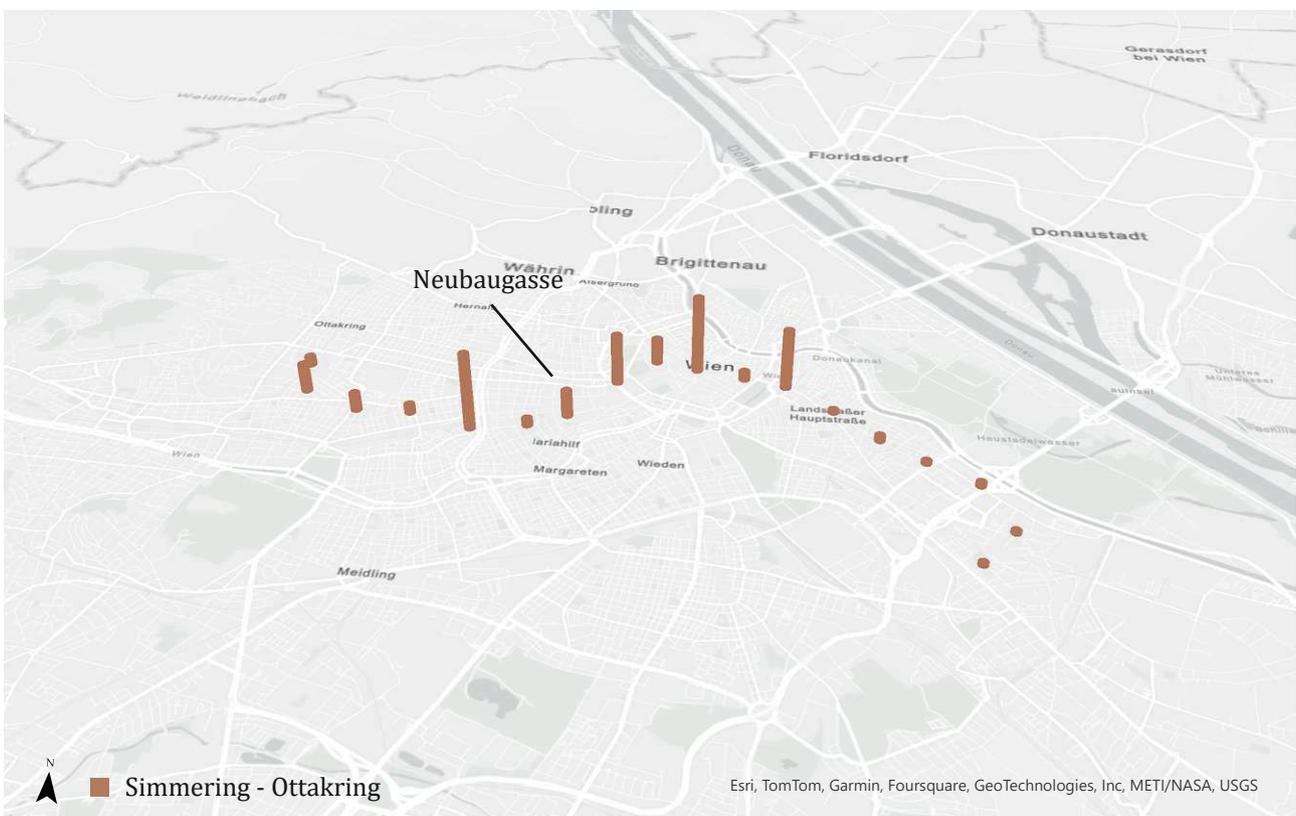


Abbildung 36: Einzelne Fahrt U3 Sonntag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 01.10.2024: 10:25, Fahrtrichtung Ottakring

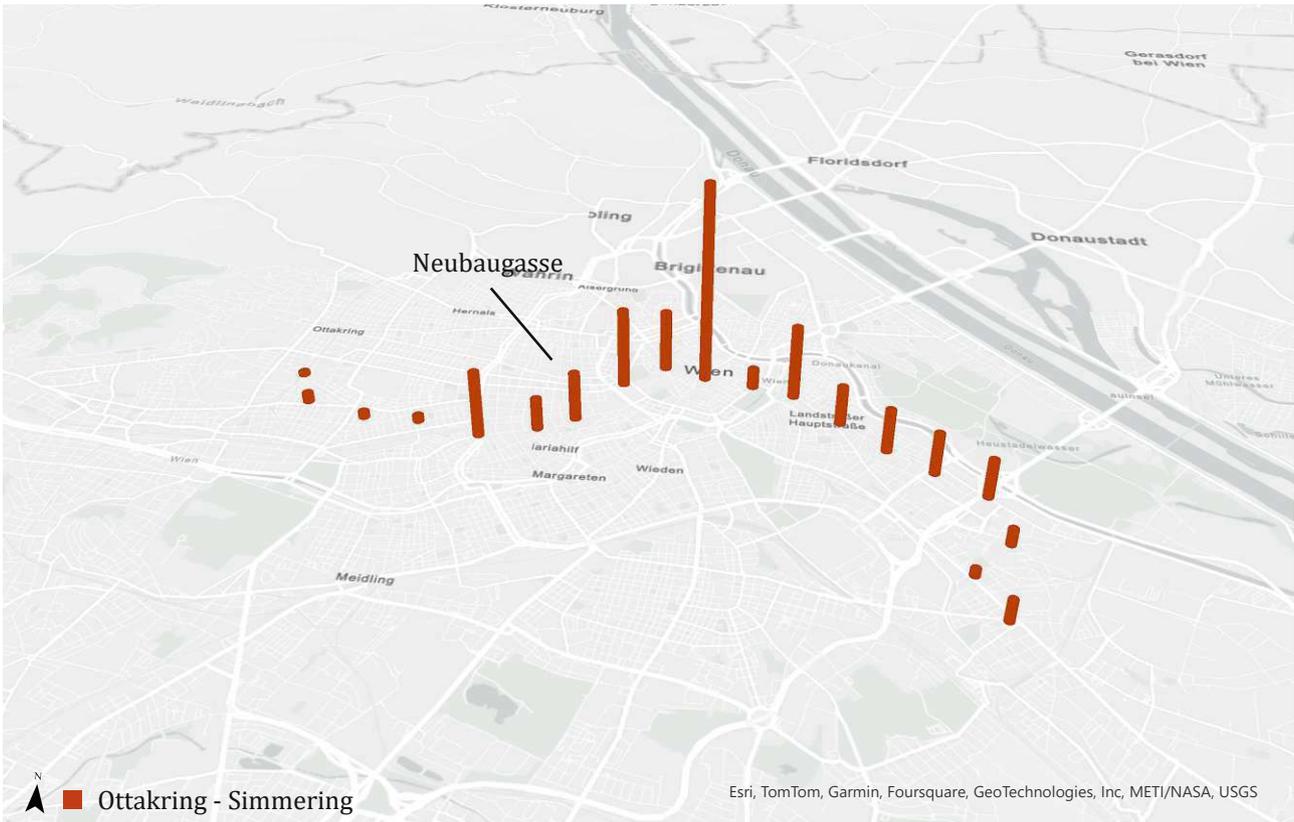


Abbildung 37: Einzelne Fahrt U3 Sonntag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 01.10.2024: 10:31, Fahrtrichtung Simmering

#### 4.5.2 Einfluss des Wetters

Für die Untersuchung der Auswirkungen des Wetters wurde die Station Donauinsel ausgewählt. Sie befindet sich in der Reichsbrücke in unmittelbarer Nähe zur Donauinsel. Diese stellt ein wichtiges Naherholungsgebiet in Wien dar. Es wurden zwei Tage ausgewählt, der 2. und der 9. Oktober. Am 2. Oktober herrschte schönes Wetter, es hatte am Nachmittag bis zu 26°C und kein Niederschlag wurde verzeichnet. Am 9. Oktober hingegen betrug der Tageshöchstwert 18°C und am Nachmittag wurde Niederschlag verzeichnet. (vgl. timedate o.J.) Es wurden an beiden Tagen jeweils die Durchschnittswerte aller im Zeitraum zwischen 15:00 und 20:00 aufgezeichneten Fahrten für die Darstellungen herangezogen.

Man kann an den Abbildungen 38-41 erkennen, dass an beiden Tagen die Zahl der Einsteiger\*innen in Fahrtrichtung Oberlaa und die Aussteiger\*innen in Fahrtrichtung Leopoldau größer ist. Der Durchschnitt der Fahrgäste ist mit 10 Einsteiger\*innen in Fahrtrichtung Oberlaa am 2. Oktober am größten. Am 9. Oktober betrug der Wert 6.

Das macht in absoluten Zahlen keinen großen Unterschied, betrachtet man allerdings die relativen Zahlen, erkennt man, dass die Zahl am 9. Oktober um 40 Prozent niedriger lag. Bei den Aussteiger\*innenn betrug der Durchschnittswert in Fahrtrichtung Leopoldau ebenfalls 10 am 2. Oktober und am 9. Oktober 6.

An den Zahlen kann man erkennen, dass es einen Unterschied gibt, der erwartet worden ist. An jenem Tag, an dem das Wetter schlechter war, wurden weniger Fahrgäste verzeichnet als an jenem Tag, an dem das Wetter schön war. Die insgesamt niedrigen

■ Oberlaa - Leopoldau  
 ■ Leopoldau - Oberlaa

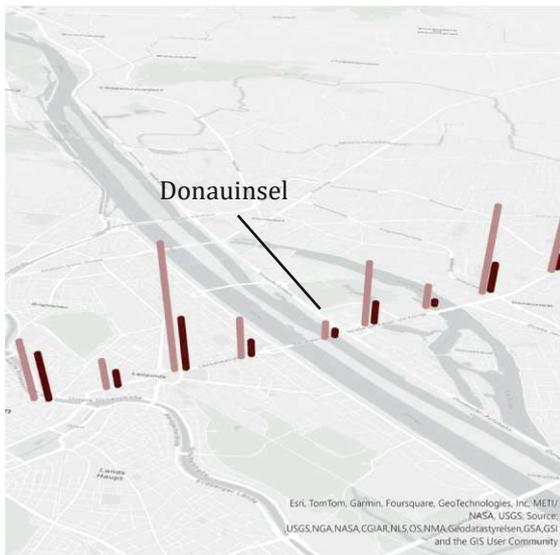


Abbildung 38: Mittelwert Einsteiger\*innen 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, schönes Wetter

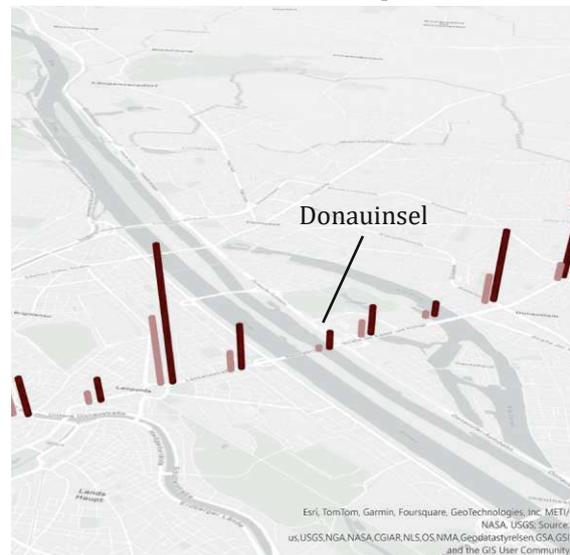


Abbildung 39: Mittelwert Aussteiger\*innen 2.10., 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, schönes Wetter

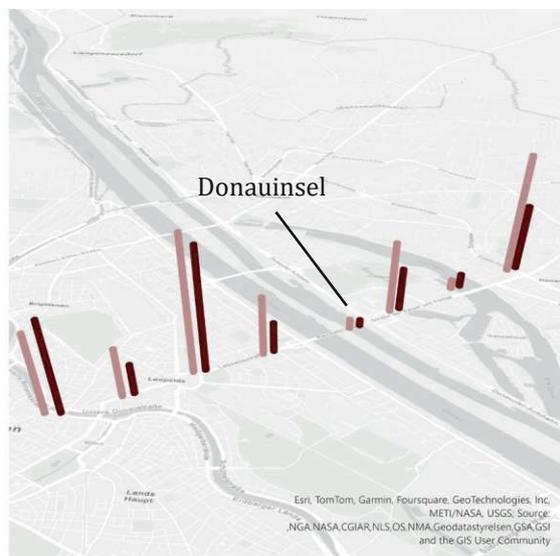


Abbildung 40: Mittelwert Einsteiger\*innen 15:00 bis 20:00, 9.10., Donauinsel, schlechtes Wetter

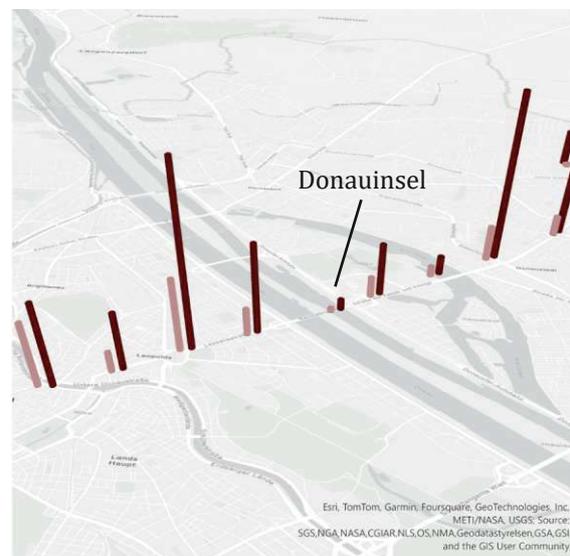


Abbildung 41: Mittelwert Aussteiger\*innen 9.10., 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, schlechtes Wetter

Werte können damit begründet werden, dass es sich bei beiden Tagen um einen Montag, also einen Wochentag handelt. Weiters ist es möglich, dass die Zahlen zu einer anderen Jahreszeit, zum Beispiel im Sommer, höher ausgefallen wären. Dies kann aber mangels Daten nicht überprüft werden. Es muss auch festgehalten werden, dass zur Berechnung der Durchschnittswerte nur wenige Fälle herangezogen werden konnten, Ausreißer das Ergebnis also verhältnismäßig leicht verfälschen konnten.

Die Tatsache, dass das Wetter Einfluss auch die Zahlen der Fahrgäste in öffentlichen Verkehrsmitteln haben kann, wurde bei einer Untersuchung in Berlin bestätigt. Es wurden folgende Effekte festgestellt (nach Nissen et al. 2020, 7f):

- An Wochentagen, an denen es regnet: Anzahl der verkauften Tickets steigt um 5%
- Je geringer die Temperatur an Wochentagen ist, desto mehr Tickets werden verkauft. (bis zu 30%)
- Mit steigenden Temperaturen an Sonntagen, wenn es nicht regnet, werden mehr Tickets verkauft.
- Regen und niedrige Temperaturen ziehen die geringsten/größten Ticketverkäufe an Sonntagen/Wochentagen nach sich.
- Steigende Anzahl an verkauften Tickets in der Nacht je höher die Temperatur ist.

Aus der Untersuchung in Berlin können zwei Effekte abgelesen werden: Schlechtes Wetter führt einerseits dazu, dass Personen vermehrt zu Hause bleiben. Andererseits wechseln die Personen, die unterwegs sind, das Verkehrsmittel. Dieser Wechsel betrifft meistens das zu Fuß gehen und das Radfahren. Diese Verkehrsmittel werden durch den öffentlichen Verkehr ersetzt. Dieser Effekt unterscheidet sich von anderen Untersuchungen: Bei diesen wurde entdeckt, dass die Zahlen der Fahrgäste von öffentlichen Verkehrsmitteln bei schlechtem Wetter sinken. (vgl. Nissen et al. 2020, 8) Es kann also die Hypothese aufgestellt werden, dass schlechtes Wetter auch dazu führen kann, dass Personen vermehrt zu Hause bleiben.

Erkenntnisse wie diese können genutzt werden, um die Kapazität einer Linien anzupassen. Bezogen auf die Wiener U-Bahn ist dies aktuell nicht möglich, da fixe Fahrpläne verwendet werden. Entsprechend genaue Wetterdaten sind außerdem nur wenige Tage im Voraus verfügbar. Wird in Zukunft aber verstärkt auf autonome Fahrzeuge gesetzt, wie es in Wien bei der aktuell sich in Bau befindlichen U5 geplant ist, kann es möglich werden, spontan auf Veränderungen im Fahrgastaufkommen unter anderem aufgrund des Wetters zu reagieren. (vgl. Nissen et al. 2020, 8; Stadt Wien o.J.a)

### 4.5.3 Jahreskarte

Bei Personen, die eine Zeitkarte besitzen, handelt es sich meist um jene Gruppe, die den ÖV regelmäßig nutzt. Bei jenen Personen, die keine Zeitkarte besitzen, ist das Gegenteil zu erkennen. Begründet werden kann dies unter anderem damit, dass beim Besitz einer Jahreskarte eine zusätzliche Fahrt keine zusätzlichen Kosten verursacht. (vgl. Juschten et al. 2022, 11)

Untersuchungen haben gezeigt, dass der stärkste Einflussfaktor auf das Vorhandensein einer Jahreskarte das ÖV-Angebot am Wohnort ist. Es gibt noch andere Faktoren die einen Einfluss haben, wie zum Beispiel Altersstruktur, Haushaltsgröße und Bildungsniveau. (vgl. ebd. 59f) Es muss festgehalten werden, dass die Bevölkerungsdichte allein kein Indikator für den Besitz einer Jahreskarte ist. Es ist allerdings so, dass durch eine hohe Bebauungsdichte das öffentliche Interesse und die Rentabilität eines hochwertigen ÖV-Anschlusses gegeben ist. Negative Effekte auf den Besitz einer Jahreskarte haben der Grünflächenanteil und der Wohngebietstyp. Vor allem in Gebieten mit einem hohen Anteil an Einfamilienhäusern gibt es eine hohe PKW Dichte und einen geringeren Anteil an Jahreskartenbesitzern. (vgl. ebd. 41f)

Untersuchungen zeigen, dass die Bedienungsfrequenz einen großen Einfluss auf die Nutzung des ÖVs hat. Eine starke Nutzung des ÖV ist bei einem Intervall von unter 10 Minuten, teilweise nur unter 5 Minuten, gegeben. (vgl. ebd, 60) Im Falle der U-Bahn in Wien ist das zu den meisten Tageszeiten gegeben. (vgl. Kapitel 3.2.2)

### 4.5.4 Parkpickerl

In Wien gibt es in allen Bezirken flächendeckende Kurzparkzonen. Für diese Zonen sind Zeiten vorgeschrieben, in denen für das Parken eine Gebühr gezahlt werden muss. (vgl. Stadt Wien o.J.b) Um die Auswirkungen der Einführung des Parkpickerls zu prüfen, wurden im 11. Bezirk Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Parkplatzauslastung am Vormittag um 18 Prozent und am Abend um 4 Prozent reduziert hat. Diese Effekte konnten entdeckt werden, obwohl ein Parkpickerl nur zu definierten Zeiten erforderlich ist. Eine weitere Veränderung ist, dass weniger Fahrzeuge mit einem Nicht-Wiener Kennzeichen abgestellt werden. (vgl. Stadt Wien o.J.c) Aussagen zum öffentlichen Verkehr werden in der Studie nicht getätigt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich nicht die Zahl der Wege bzw. Einpendler\*innen verringert hat, sondern die Verkehrsmittelwahl nun anders ausfällt.



## 5 Konzepte für vorhandene Muster

Das nun folgende Kapitel zeigt auf, was die Ergebnisse, die aus der Analyse der Fahrgastzahlen hervorgehen, für ein Unternehmen wie die Wiener Linien bedeuten. Es werden außerdem Methoden aufgezeigt, die helfen sollen, mit den Unterschieden, die sowohl zeitlich als auch räumlich in den Fahrgastzahlen zu finden sind, umzugehen. Dabei werden Beispiele aus der Literatur herangezogen. Eine Reaktion auf diese Differenzen ist aus mehreren Gründen erforderlich: Wäre konstant die gleiche Kapazität im Netz vorhanden, würden bei Fahrgastanstiegen überfüllte Züge eine Folge sein. Dies führt dann wiederum zu einem Verlust der Qualität des Angebots für Fahrgäste. Sind hingegen zu viele Züge im Einsatz sind ein Verlust der objektiven und subjektiven Sicherheit die Folge. Dies verursacht erhöhte Kosten im Bereich Service und Sicherheit. Außerdem ist ein überdimensioniertes Angebot nicht wirtschaftlich für das Unternehmen. (vgl. Große 2003, 2)

### 5.1 Anpassung der externen Randbedingungen

#### 5.1.1 Flexibilität der Arbeitszeiten/Schulzeiten

Die Wahl der Uhrzeit, zu der Personen zur Arbeit fahren, ist stark verknüpft mit der Flexibilität, die ihnen in Bezug auf ihre Arbeitszeiten gewährleistet wird. (vgl. Zhang et al. 2014, 18) Ein Weg die Zahl der Fahrgäste in den Stoßzeiten zu reduzieren ist also, flexiblere Arbeitszeiten festzulegen. Dies kann dazu beitragen, dass das gesamte System effizienter wird. (vgl. ebd. 24)

Es gibt allerdings Untersuchungen, die zeigen, dass dies nicht den gewünschten Effekt hat. Die Gründe wurden untersucht, mit folgenden Ergebnissen: (nach Meissonnier & Richer 2022, 271)

- Die Flexibilität ist nur in der Theorie vorhanden, da es versteckte Normen und Be-

schränkungen gibt.

- Es müssen auch andere Faktoren berücksichtigt werden, wie Kinderbetreuung, die oft an die klassischen Arbeitszeiten angepasst ist.
- Es gibt Personen, die gerne in den Stoßzeiten die Verkehrsmittel benutzen und dies als positive Herausforderung empfinden.

Es gibt verschiedene Vorschläge, wie die Einführung von flexiblen Arbeitszeiten dazu führen kann, dass dies auch Auswirkungen auf die Stoßzeiten der verschiedenen Verkehrsmittel hat. Dies können beispielsweise Belohnungen sein. (vgl. Kapitel 5.2) Weiters gibt es die Idee, dass Führungskräfte Mitarbeiter\*innen aktiv erlauben andere Wege zur Arbeitsstätte und auch zu anderen Uhrzeiten, zu wählen. Dies dient dazu, dass Alternativen getestet werden können. Auch Einrichtungen wie Kindergärten müssen an die Uhrzeiten angepasst werden. Zuletzt wird vorgeschlagen eine Kommunikationskampagne zu starten, welche die Angst vor flexiblen Arbeitszeiten und den entsprechenden sozialen Normen thematisiert. (vgl. Meissonnier & Richer 2022, 277)

### 5.1.2 Soziale Norm

Es gibt Untersuchungen in verschiedenen Ländern die belegen, dass eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten nicht dazu führt, dass weniger Personen in den Stoßzeiten unterwegs sind. Teilweise wurde sogar festgestellt, dass ein gegenteiliger Effekt erreicht wird. (vgl. Munch 2020, 837)

Begründet wurde das damit, dass Personen, die früh in der Arbeit erscheinen, als engagiert gelten. Weiters gelten jene Personen, die gleichzeitig wie ihre Kolleg\*innen in der Arbeit ankommen, als diszipliniert und organisiert, jene die später erscheinen hingegen als faul. Diese Norm kann soweit gehen, dass jene Personen, die später erscheinen, bestraft werden, zum Beispiel durch Kommentare. (vgl. ebd. 858f)

Die Erkenntnisse bestätigen Ergebnisse, die in der Soziologie vorliegen: Personen sind geleitet von Zeitvorgaben, die nicht sichtbar, nicht ausgesprochen und nicht diskutiert sind. (vgl. Rosa 2013, 8) Außerdem werden zeitliche Normen dazu genutzt Anerkennung zu erhalten. (vgl. ebd. 78)

Aus diesen Ergebnissen folgt, dass alleine die Flexibilisierung von Arbeitszeiten keinen bzw. sogar einen unerwünschten Effekt auf die Auslastung der Verkehrsmittel in Stoßzeiten haben wird. Es erscheint sinnvoll, an der Veränderung der sozialen Norm

zu arbeiten. Es dürfen jene Personen, die früh in der Arbeit erscheinen, nicht mehr belohnt werden und jene die später erscheinen, dürfen nicht bestraft werden. (vgl. Munch 2020, 859) Nicht außer Acht gelassen werden darf bei der Diskussion der sozialen Norm, dass die Arbeitszeiten auch von Faktoren, die in der Freizeit geschehen, abhängen. Freizeitaktivitäten sind teilweise an fixe Zeiten gebunden, die dann wiederum Auswirkungen auf die Arbeitszeiten einer Person haben.

### 5.1.3 Homeoffice

Um das Ziel zu erreichen, dass eine geringere Anzahl an Personen zu Stoßzeiten die öffentlichen Verkehrsmittel nutzt, ist der Ausbau von Homeoffice eine Möglichkeit. Dabei arbeiten Personen von zu Hause, es entfallen also die Wege zur und von der Arbeitsstätte. Hier ist allerdings ebenfalls zu beachten, was für soziale Normen existieren, da diese einen wesentlichen Effekt haben. (vgl. Meissonnier & Richer 2022, 272)

Es gibt Untersuchungen die zeigen, dass durch Homeoffice Einsparungen bei CO<sup>2</sup> Emissionen erreicht werden können. Je mehr Tage zu Hause gearbeitet wird, desto nachhaltiger ist die Mobilität. Es kann also ein Fokus darauf gelegt werden, dass mehr Personen von zu Hause aus arbeiten um die Anzahl der Pendler\*innen zu reduzieren. Ein Fokus muss dabei auf die Kultur, die in einem Unternehmen herrscht, gelegt werden. Das Potenzial ist meist nicht ausgeschöpft, wenn ein Unternehmen dem Konzept Homeoffice kritisch gegenüber steht. Auch der Ausbau von Co-Working Spaces, die sich in der Nähe des Wohnortes befinden, können zu einem Reduzieren des Arbeitsweges beitragen. Diese Arbeitsstätten können dazu beitragen, das Konzept der 15 Minuten Stadt umzusetzen, indem die alltäglich notwendigen Einrichtungen in Rad und Fuß Distanz liegen. (vgl. Krasilnikova & Levin-Keite 2022, 9f)

Die Forcierung von Homeoffice ist keine Maßnahme, die das Verkehrsunternehmen oder die Politik alleine treffen können. Zur Umsetzung ist die Einbindung der Arbeitgeber\*innen und Arbeitnehmer\*innen notwendig. Die Politik kann Anreize setzen und mit Informationskampagnen die Gewährung von Homeoffice fördern. Damit dies geschieht muss ein Wille da sein, diese Maßnahme überhaupt umzusetzen. Das Verkehrsunternehmen kann nur als Unternehmen einen Beitrag leisten und eine Vorbildwirkung einnehmen.

Es muss außerdem bedacht werden, dass es Branchen und Unternehmen gibt, die aufgrund der durchzuführenden Arbeit kein Homeoffice gewähren können. Im Kontext

von Homeoffice kann die Frage aufgeworfen werden, ob Unterschiede, die zwischen einzelnen Wochentagen festgestellt wurden (vgl. Kapitel 3.4), durch vermehrtes Homeoffice an bestimmten Tagen zustande kommen.

## 5.2 Belohnungen

Geld als Anreiz, nicht zu den Stoßzeiten Verkehrsmittel zu nutzen, kann ein wichtiger Faktor sein. Dies funktioniert beispielsweise, indem eine Fahrt außerhalb der definierten Zeiten billiger ist als jene zu den Stoßzeiten. Dieser Effekt ist aber in Städten, in denen die Tickets ohnehin vergleichsweise günstig sind, geringer. (vgl. Zhang et al. 2014, 22)

Bei der Einführung von Belohnungen muss darauf geachtet werden, dass diese von Dauer sind. Wird das Ausgeben der Belohnungen einmal gestoppt, passen Nutzer\*innen ihr Verhalten wieder an. Deshalb stellt sich beim System der Belohnungen die Frage, ob es ein Mittel sein kann, das Verhalten langfristig zu beeinflussen. (Vgl. Ben-Elia & Ettema 2011b, 568)

Eine Idee kann es sein, dass Belohnungen eingesetzt werden, wenn es bei der Infrastruktur beispielsweise aufgrund von Bauarbeiten oder Wartungen zu Sperren und geringeren Kapazitäten kommt. (vgl. ebd., 580) Es handelt sich dabei um temporäre Einschränkungen, deren Auswirkungen auf diese Weise besser verarbeitet werden können.

Es gibt nicht nur Belohnungen, es kann umgekehrt auch ein Verhalten bestraft werden. Dies kann beispielsweise in Form von Strafzahlungen geschehen. Im Kontext der Mobilität wurden Bestrafungen sogar häufiger eingesetzt. (vgl. Ben-Elia & Ettma 2011a, 355)

Bei diesem System stellt sich allerdings die Frage, wie es in Wien umzusetzen wäre. Im Jahr 2022 hatten fast 1 Million Menschen eine Jahreskarte für die öffentlichen Verkehrsmittel in Wien. (vgl. statista 2023) Bei dieser Gruppe an Personen ist ein solches System schwieriger umzusetzen als bei Personen, die einen Einzelfahrschein kaufen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass letztere tendenziell weniger in den Stoßzeiten die öffentlichen Verkehrsmittel benutzen, da davon auszugehen ist, dass sie keine regelmäßigen Pendler\*innen sind, da sie sonst eine Jahreskarte besitzen würden. Das System in Wien könnte also so ausschauen, dass Personen, die zu den Stoßzeiten die

öffentlichen Verkehrsmittel benutzen, einen Aufpreis zahlen. Hierfür fehlen allerdings die technischen Voraussetzungen wie ein Drehkreuz oder ähnliche Zutrittskontrollen, die erfassen können, ob eine Person die öffentlichen Verkehrsmittel benutzt. Ein solches System scheint also für Wien keine Option zu sein. Es würde außerdem dem Ziel des einfachen und günstigen Preises der Jahreskarte (1 Euro pro Tag) entgegenstehen. Dieses System wird aber als wichtiges Argument verwendet, um die öffentlichen Verkehrsmittel zu verwenden.

Grundsätzlich zeigen Ergebnisse einer Studie außerdem, dass die Motivation der Personen ihr Verhalten zu ändern, größer ist, wenn sie belohnt werden, als wenn sie bestraft werden. Weiters können dann negative unerwünschte Effekte, wie eine verstärkte Nutzung des eigenen PKWs, hervorgerufen werden. (Zhang et al. 2014, 23)

Ein weiteres Argument, welches gegen höhere Ticketpreise zu Stoßzeiten spricht, ist folgendes: Dadurch, dass zu diesen Zeiten mehr Fahrgäste unterwegs sind, nimmt die Qualität des Service ab. Es sind zum Beispiel auf die Anzahl der Fahrgäste gerechnet, weniger Sitzplätze verfügbar und es befinden sich mehr Personen in den Fahrzeugen. Es wird dann also für eine geringere Qualität mehr Geld verlangt. (vgl. Pavlíček & Sudzina 2020, 1)

Eine weitere Art von Belohnung, die nicht monetär ist, sind Gutscheine (zum Beispiel für einen Kaffee beim Bäcker). Die Art der Gutscheine muss an die jeweilige Stadt angepasst werden. Es wird allerdings festgehalten, dass diese einen positiven Effekt haben und Personen dazu bringen können, die Stoßzeiten zu vermeiden. (vgl. Zhang et al. 2014, 24)

Es gibt Befürchtungen, dass das Einführen von Belohnungen dazu führen kann, dass zu viele Personen die Zeiten, in denen sie die Verkehrsmittel nutzen, verändern und es dadurch zu einer Ausweitung der Stoßzeiten kommt. Dies konnte aber von durchgeführten Untersuchungen nicht bestätigt werden. (vgl. Ben-Elia & Ettema 2011b, 580)

Eine Belohnung führt dazu, dass Personen ihr Mobilitätsverhalten ändern. Wie diese Veränderung verläuft, ist allerdings von weiteren Faktoren wie Bildung, Terminplanung, Verhaltensweisen, Einstellung und den zur Verfügung stehenden Informationen abhängig. (Ben-Elia & Ettema 2011a, 354) Dies muss bei der Einführung einer Belohnung berücksichtigt werden, unter anderem um unerwünschte Effekte zu vermeiden. Generell müssen bei der Einführung eines solchen Systems verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, da Fragen der sozialen Gerechtigkeit, Fairness, Akzeptanz und

ökonomischen Effizienz aufgeworfen werden können. (vgl. ebd. 354)

Eine andere Methode, die mit Anreizen arbeitet, ist der Handel mit Guthaben. Bei diesem System wird ein Zeitfenster definiert. Allen Personen, die innerhalb des Zeitfensters eine bestimmte Route verwenden, werden Punkte verrechnet. Jenen Personen wiederum, welche außerhalb des Zeitfensters Verkehrsmittel verwenden, beziehungsweise eine andere Route wählen, werden Punkte gutgeschrieben. Es wird ein Markt geschaffen, auf dem ein Verkauf und Ankauf der Punkte stattfindet. Durch die Methode konnte die Effizienz des Systems um bis zu 33 Prozent gesteigert werden. Außerdem schafft diese Methode einen Ausgleich zwischen den Verkehrsteilnehmer\*innen. (vgl. Nie & Yin 2013, 1)

### 5.3 Bauliche Maßnahmen bei Fahrzeugen zur Erhöhung der Kapazität

Um die Fahrgastkapazität der U-Bahn zu erhöhen, können folgende Maßnahmen getroffen werden: (vgl. Schnieder 2018, 69)

- Damit der Fahrgastwechsel in den Stationen beschleunigt ablaufen kann, werden die Türen der Fahrzeuge maximiert
- Anordnung der Sitze: Befinden sich die Sitze quer zur Fahrtrichtung ist die Kapazität des Fahrzeuges geringer, als wenn diese längs zur Fahrtrichtung angebracht sind. Weiters findet der Fahrgastwechsel rascher statt, wenn die Sitze längs der Fahrtrichtung angeordnet werden. Auf die Geschwindigkeit des Fahrgastwechsels und damit die Kapazität, hat auch die Positionierung der Haltestangen einen Einfluss.
- Nicht nur im Fahrgastraum können bauliche Umstände einen Einfluss auf die Kapazität eines Systems haben: Weist ein Fahrzeug ein geringeres Gewicht auf, wirkt sich das positiv auf die Beschleunigung aus.
- Motoren: Werden zusätzliche Motoren bzw. Antriebe angebracht, wirkt sich das ebenfalls positiv auf die Beschleunigung aus. Dies führt in weiterer Folge dazu, dass die Reisezeit verkürzt wird und mehr Umläufe eines Fahrzeuges in derselben Zeit möglich sind.
- Bei einem fahrerlosen Betrieb, wie er in Wien auf der U5 geplant ist, können die Führerstände entfallen oder verkleinert ausgeführt werden. Dies wirkt sich ebenfalls positiv auf die Kapazität aus, da so zusätzlich Sitz- und Stehplätze vorhanden sind.

**Durchgängige Fahrzeuge:** Diese Art von Fahrzeugen bietet den Vorteil, dass zwischen den einzelnen Wagen während der Fahrt gewechselt werden kann. Es wird also vermieden, dass Fahrgäste den Wagen zwischen den Stationen außerhalb des Zuges wechseln und so einen Verlängerung des Fahrgastwechsels herbeiführen. Weiters ist das Platzangebot für Rollstühle und Kinderwagen besser. Außerdem ist das Sicherheitsgefühl der Fahrgäste in solchen Fahrzeugen größer. Bezogen auf die zeitlichen und räumlichen Differenzen, die im Fahrgastaufkommen vorhanden sind, weisen durchgängige Fahrzeuge aber einen entscheidenden Nachteil auf: Sie können nicht ohne Personal der Werkstatt verkürzt oder verlängert werden, da ein Mittelwagen entfernt werden muss. Dies führt dazu, dass es im Sinne der optimalen Auslastung nicht möglich ist, zu bestimmten Zeiten oder auf bestimmten Abschnitten der Linie mit verkürzten Fahrzeugen zu verkehren und so die Ressourcen bestmöglich auszunutzen. Bei modernen Zügen der U-Bahn wird hauptsächlich auf ein modulares Konzept, bestehend aus zwei Endwagen und einer unterschiedlichen Anzahl an Mittelwagen gesetzt. (vgl. Schnieder 2018, 69)

## 5.4 Verkehrsabhängige Bedienungsweisen

Bei der verkehrsabhängigen Betriebsführung wird unterschieden, ob nur einzelne Abschnitte einer Linie oder die gesamte Linienlänge betroffen ist.

### 5.4.1 Kurzführung

Eine Möglichkeit auf die geringere Zahl der Fahrgäste außerhalb des Stadtzentrums zu reagieren sind Kurzführungen. Dabei enden einige Züge nicht in der eigentlichen Endstation einer Linie sondern bereits in einer Station vor dieser. Dadurch wird auf den stärker befahrenen Teilen der Linie eine kürzere Zugfolgezeit erreicht. Für die Zwischenendstellen gibt es bauliche Anforderungen: Es muss eine Abstell- bzw. Wendeanlage bestehen. Außerdem muss eine Station gewählt werden, die in die Richtung, in der nun weniger Züge verkehren, wenige Einsteiger\*innen aufweist. Es muss außerdem auch auf den nun nicht mehr so häufig befahrenen Teilen einer Linie ein zumutbares Intervall aufrechterhalten bleiben. (vgl. Große 2003, 26)

Die Kapazität jener Züge, die bis zur Endstelle fahren, muss ausreichen um auch die Fahrgäste, welche aus dem verkürzten Zug aussteigen, aufnehmen zu können. (vgl. ebd.)

### 5.4.2 Flügelzüge

Hierbei wird ein Zugverband in die einzelnen Einheiten unterteilt. Diese verkehren dann auf unterschiedlichen Linienenden. Durch diese Methode wird auf jenen Abschnitten einer Linie, auf denen ein großes Fahrgastaufkommen vorhanden ist, ein hohes Platzangebot organisiert. Die verschiedenen Ziele können ohne Umsteigen erreicht werden. Voraussetzung ist ein entsprechendes Informationssystem. Weiters können nur Zugtypen, die aus einzelnen Einheiten zusammengesetzt werden, eingesetzt werden. (vgl. Große 2003, 23f)

### 5.4.3 Kleine Einheiten am Linienende

Ist auf Linienenden eine geringe Zahl an Ein- und Aussteiger\*innen vorhanden, können diese mit kleinen Einheiten bedient werden. Dies hat neben der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit den Vorteil, dass sich die Streckenbelastung aufgrund des geringeren Gewichts verringern würde. Nachteil ist, dass durch diese Methode ein zusätzlicher Umstieg notwendig wird.

## 5.5 Kurzzüge

In Wien wurden Kurzzüge im Jahr 2008 im Zuge der Verlängerung der U2 abgeschafft. Seitdem sind alle Züge, die im Netz verkehren, gleich lang, unabhängig von Linie oder Uhrzeit. (vgl. Prillinger 2008) In anderen Städten ist dies nicht der Fall. Ein Beispiel dafür ist Hamburg: Dort verkehren am Wochenende und zu Zeiten, mit einem geringen Fahrgastaufkommen, Kurzzüge, welche aus weniger Wagen bestehen. Weiters besteht die Möglichkeit, dass im Falle von Veranstaltungen Kurzzüge als Verstärker eingesetzt werden. Ein weiterer Fall für den Einsatz von Kurzzügen sind Störungen: Ist aufgrund von beispielsweise technischen Problemen am Zug kein Langzug verfügbar, werden Kurzzüge eingesetzt. (vgl. Seidl 2019)

Kurzzüge können zu Zeiten, in denen das Fahrgastaufkommen geringer ist, eingesetzt werden, um Ressourcen zu sparen. Sie bringen aber auch Nachteile mit sich: Es stellt sich die Frage, wann sie verkürzt werden. Passiert dies im laufenden Betrieb müssen die entsprechenden Voraussetzungen vorhanden sein. Auch muss die Information der Fahrgäste entsprechend erfolgen, da der Zug nicht den gesamten Bahnsteig füllt. Weiters können neue, durchgängige Fahrzeuge nicht als Kurzzüge geführt werden. Außerdem stellt sich bei der Variante grundsätzlich die Frage, ob es überhaupt Uhrzeiten

und Linien gibt, bei die Einsparung von Ressourcen die Nachteile, die Kurzzüge mit sich bringen, überwiegen.

## 5.6 Dynamischer Wageneinsatz

Eine mögliche Lösung für die ungleiche Verteilung der Fahrgastzahlen bietet die flexible Betriebsführung mit automatisch fahrerlosen Fahrzeugen. Der mittlere Verkehrswirkungsgrad gibt das Verhältnis zwischen Verkehrsleistung (Personenkilometer pro Jahr) und Betriebsleistung (Platzkilometer pro Jahr) an. Bei einem Betrieb mit herkömmlichen Fahrzeugen beträgt dieser zwischen 15 und 20 Prozent. Bei der flexiblen Betriebsführung kann ein Wert zwischen 27 und 37 Prozent erreicht werden. Dadurch kann die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes erhöht werden. (vgl. Große 2003, 2)

Ein dynamischer Einsatz ist bei einem Betrieb, der Fahrer\*innen erfordert, nur bedingt möglich. Aufgrund der Tatsache, dass Dienstpläne im Voraus erstellt werden müssen, kann nicht auf spontan eintretende Veränderungen der Fahrgastzahlen reagiert werden. (vgl. ebd., 21)

Bei einem Fahrer\*innenlosem Betrieb kann hingegen auf sehr kurzfristige Schwankungen der Nachfrage reagiert werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass eine Erfassung der Fahrgastzahlen in Echtzeit erfolgt. (vgl. ebd., 22)

Beim flexiblen Wageneinsatz gibt es zwei Modelle:

### 5.6.1 Taktgebundenes Grundangebot mit Verstärkerzügen

Bei diesem Modell gibt es ein Zugangebot, welches in einem Plan festgeschrieben ist, durch welches ein Grundangebot sichergestellt wird. Zusätzlich werden abhängig von der Nachfrage Verstärkerzüge eingesetzt. Diese werden unter anderem dazu verwendet, Anschlüsse an andere Linien sicherzustellen. Die Wahl dieses Grundtaktes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Wird ein zu dichtes Intervall gewählt, kann nicht auf eine schwächere Nachfrage reagiert werden. (vgl. Große 2003, 29f)

### 5.6.2 Verkehrsabhängiger Betrieb ohne Grundtakt

Bei diesem Modell werden im Gegensatz zu jenem mit einem Grundtakt alle Züge als Reaktion auf die Nachfrage eingelegt. Die einzigen bereits im Vorfeld festgelegten Wer-

te sind die Ober- und Untergrenze der Zugfolgezeit. Erstere sollte maximal 6 bis 10 Minuten betragen. Ist das Intervall größer, müssen Fahrgäste Planungen vor Fahrtantritt durchführen. Durch dieses Modell können im Vergleich zum System mit dem Grundtakt höhere Verkehrswirkungsgrade erzielt werden. (vgl. Große 2003, 30)

## 5.7 Nutzung von Echtzeitdaten

Je näher ein Fahrzeug an der Kapazitätsgrenze ist, desto geringer ist der Komfort für Fahrgäste. Außerdem führt der Umstand vieler Personen in einem Fahrzeug dazu, dass der Fahrgastwechsel längere Zeit in Anspruch nimmt. Das kann beobachtet werden, wenn teilweise Personen, die nicht bei einer Station aussteigen, dies trotzdem müssen, damit andere Personen das Fahrzeug verlassen können. Jene Personen, die weiterfahren möchten, müssen dann wieder einsteigen. Eine weitere negative Auswirkung von einer hohen Anzahl an Fahrgästen ist, dass ein Zusammenhang zwischen vollen Fahrzeugen und unregelmäßigen Intervallen und Verspätungen festgestellt werden kann. (vgl. Jenelius 2020, 1)

In der heutigen Zeit ist es technologisch möglich Echtzeitdaten über Fahrgäste zu generieren. Dies wird bei der Vorhersage von Fahrgastzahlen verwendet. Es gibt unterschiedliche Methoden, die allerdings eine Gemeinsamkeit aufweisen: Es wird mit einer Kombination aus Daten der Vergangenheit und Echtzeitdaten gearbeitet. (vgl. ebd, 2)

Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, Daten über die Auslastung von Fahrzeugen zur Verfügung zu stellen, die für Fahrgäste einen Mehrwert liefern. Die Qualität der Vorhersagen ist von der Verfügbarkeit der Daten abhängig.

Werden diese Informationen Fahrgästen zur Verfügung gestellt, können diese ihr Verhalten entsprechend anpassen. Es zeigt sich, dass RTCI (Real Time Crowding Information) eine Maßnahme sein kann, um die Auslastung von Fahrzeugen zu reduzieren, was zu einem steigenden Komfort, verbessertem Angebot und geringeren Kosten für den Verkehrsdienstleister führt. (vgl. ebd., 19)

Echtzeitdaten können auch auf eine andere Art eingesetzt werden. In Stockholm wurde ein System getestet, welches Fahrgästen einer Station Informationen über die Auslastung der einzelnen Wagen des folgenden Zugs geliefert hat. Es wurde festgestellt, dass der Anteil der Fahrgäste, die in den ersten Wagen mit der stärksten Auslastung eingestiegen sind, um 4,3 Prozent reduziert werden konnte. Dies muss in Zusammenhang mit dem Anteil an Fahrgästen, welche die Informationen verstanden haben und

als nützlich angesehen haben, gewertet werden. Dieser Anteil betrug 25 Prozent. Der Anteil der Personen, die in den zweiten, weniger ausgelasteten Wagen gestiegen sind, stieg um 4,1 Prozent. Insgesamt wurde festgehalten, dass RTCI einen ausgleichenden Effekt auf die Auslastung der einzelnen Wagen hat. Es wurde aber auch festgestellt, dass es viele Fahrgäste gibt, denen kurze Fußwege wichtiger sind, als weniger stark ausgelastete Wagen. (vgl. Zhang et al. 2017, 497f)

## 5.8 Der Umgang mit Mustern in Wien

Die Wiener Linien als Unternehmen, welches Verkehrsdienstleistungen anbietet, müssen sich aus mehreren Gründen mit Differenzen, die im Fahrgastaufkommen vorhanden sind, auseinandersetzen. Das Unternehmen hat sich selbst als Ziel gesetzt, Qualität und Sicherheit mit höchster Priorität zu behandeln. (vgl. Wiener Linien 2024c)

Als Qualität bezeichnen die Wiener Linien „Bedürfnissen und Erwartungen der Fahrgäste gerecht zu werden“. (Wiener Linien 2024c). Um diesen Punkt zu erfüllen, muss ein für die Stadt maßgeschneidertes Angebot zur Verfügung gestellt werden. Dies betrifft bei der U-Bahn beispielsweise die Anzahl der Fahrplanfahrten. Diese müssen so angepasst sein, dass Fahrgäste nicht zu lang auf das nächste Fahrzeug warten müssen und dieses ein ausreichendes Platzangebot für alle Fahrgäste bereitstellt. Dies kann als Bedienungsqualität (vgl. Kapitel 2.3.1) zusammengefasst werden. Damit die Qualität für die Fahrgäste nicht sinkt, muss dieser Faktor regelmäßig überprüft werden und an aktuelle Muster im Fahrgastaufkommen angepasst werden.

Ein weiterer Grund, weshalb ein Fokus auf die Qualität des öffentlichen Verkehrs in Wien gelegt wird, sind Ziele der Stadt Wien. Aktuell werden 26 Prozent der Wege in Wien mit dem Auto zurückgelegt. (vgl. Kapitel 2.6) Dieser Anteil soll bis 2030 auf 15 Prozent und danach noch weiter sinken. (vgl. Stadt Wien o.J.d) Um dies zu erreichen, muss unter anderem der Anteil des öffentlichen Verkehrs ansteigen. Eine Erhöhung der Qualität des Angebotes der Wiener U-Bahn kann hierzu einen Beitrag leisten.

Der zweite Punkt, der im Fokus der Wiener Linien steht, ist die Sicherheit. (vgl. Wiener Linien 2024c) Das Angebot muss so gestaltet und an die Fahrgastzahlen angepasst sein, dass die Sicherheit aller Beteiligten zu jedem Zeitpunkt gewährleistet ist. Darunter kann man beispielsweise verstehen, dass der Bahnsteig zu keinem Zeitpunkt so überfüllt sein soll, dass die Gefahr von Unfällen deutlich erhöht ist.

Ein weiterer Punkt, der für die Wiener Linien Anpassungen an das Fahrgastaufkommen notwendig macht, ist die Wirtschaftlichkeit. Vorhandene Kapazitäten sollen optimal ausgenutzt werden, um eine größtmöglich Effizienz zu erreichen. Verkehren beispielsweise zu viele Fahrzeuge, dann werden Personalressourcen nicht optimal ausgenutzt. (vgl. Kapitel 2.2.3)

In Wien wird bereits jetzt auf die Unterschiede im Fahrgastaufkommen reagiert. Die Fahrpläne sind auf die Schwankungen der Nachfrage angepasst. (vgl. Kapitel 3.2.2) Diese Anpassung kann aber nur auf Werten und Erfahrungen der Vergangenheit beruhen. Aufgrund der Tatsache, dass alle Züge von Fahrer\*innen besetzt werden müssen, ist es nicht möglich auf kurzfristig auftretende Veränderungen (beispielsweise aufgrund des Wetters) reagieren zu können. Planbare Veränderungen, die trotzdem Ausnahmen bilden, werden bereits jetzt berücksichtigt. Finden Events, wie beispielsweise Konzerte, statt, wird bereits jetzt durch eine im Vorfeld erfolgten Planung mit einem erhöhten Wageneinsatz reagiert. (vgl. Stadt Wien 2024c)

Ein weiterer Punkt, der in Wien bereits angewendet wird, sind Kurzführungen. (vgl. Kapitel 2.9.2) Auf der Linie U1 zum Beispiel verkehrt zu bestimmten Uhrzeiten nur jeder zweite Zug bis zur Endstation Oberlaa. Die anderen Züge werden bis zur Station Alaudagasse kurzgeführt. Dort sind die entsprechenden baulichen Vorkehrungen getroffen worden.

In Wien wurden Kurzzüge in der Vergangenheit abgeschafft. Da die Züge der neueren Generationen, mit Ausnahme der U6, nicht aus einzelnen Wagen, die abgekuppelt werden können, bestehen, ist es nun auch nicht mehr möglich, diese Art der Betriebsführung einzuführen.

Erste Ansätze bezüglich unterschiedlicher Beginnzeiten des Unterrichts gab es in Wien in der Vergangenheit bereits. Aufgrund der Tatsache, dass eine Buslinie in der Zeit vor Unterrichtsbeginn überlastet war, wurden die Beginnzeiten in zwei Schulen geändert. Es lag nun zwischen den zwei Beginnzeiten eine halbe Stunde, was zu einer Entlastung der Buslinie führte. (vgl. orf.at 2015)

Wird dieser Ansatz auf mehrere Schulen ausgeweitet, könnten in den Stoßzeiten auch die U-Bahnlinien entlastet werden. Es besteht die Möglichkeit, dass eine Änderung der Beginnzeiten von Schulen auch eine Entzerrung des Arbeitsbeginns nach sich zieht, da sich Eltern an den Zeiten ihrer Kinder orientieren.

## 5.9 Ausblick

Eine Chance wird sich in Wien in den nächsten Jahren ergeben bezüglich der Reaktion auf die Nachfrageschwankungen: Mit dem Bau und der Eröffnung der U5 wird erstmals eine fahrerlose Linie zum Einsatz kommen. Hier bietet sich nun die Gelegenheit das Konzept des dynamischen Wageneinsatzes einzusetzen. Bei den bereits bestehenden Linien kann das Konzept nicht umgesetzt werden, da der Personalaufwand zu hoch wäre. Diese Hürde entfällt bei der U5. Geprüft werden muss allerdings, ob andere Voraussetzungen, wie beispielsweise die Anzahl und Positionierungen der Abstellanlagen, den dafür notwendigen Anforderungen entsprechen.

Weitere in diesem Kapitel genannten Punkte könnten in Wien umgesetzt werden. Ein Beispiel ist die Nutzung von Echtzeitdaten über die Auslastung der einzelnen Wagen der Fahrzeuge. Hier ist allerdings vor einer Umsetzung zu prüfen, ob dadurch eintretenden positiven Effekte die notwendige Investition rechtfertigen. Es kann im Zuge dessen auch geprüft werden, ob dasselbe Ergebnis auch durch Öffentlichkeitsarbeit erreicht werden kann.

Ein Punkt, der in Wien im Gegensatz zu anderen Städten nicht umgesetzt ist, ist die Anordnung der Sitze. Diese sind quer zur Fahrtrichtung angeordnet, was den Fahrgastwechsel verlangsamt. Wird in Zukunft eine neue Generation an Zügen beschafft, kann geprüft werden, dies zu ändern. Hier müssen aber Faktoren wie die Anzahl der Sitzplätze insgesamt berücksichtigt werden, da möglicherweise sonst die Qualität des Angebotes sinkt, da weniger Sitzplätze zur Verfügung stehen würden.

Ein weiterer Punkt, der in Zukunft erstmals in Wien zu finden sein wird, sind Flügelzüge. Diese werden im Zuge des Stadtentwicklungsgebietes Rothneusiedl erstmals verkehren. Dabei wird ein Ast der U1 bei der Alaudagasse abzweigen und nach Rothneusiedl verkehren. (vgl. Stadt Wien 2023b)

In der Raumplanung können Maßnahmen gesetzt werden, die dafür sorgen, Fahrgäste öffentlicher Verkehrsmittel gleichmäßiger im Netz zu verteilen. Durch eine vorausschauende Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung können Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte beeinflusst werden. Auf diese Weise kann auch die Zahl der Fahrgäste der Wiener U-Bahn gesteuert werden. Es kann bei der Planung von neuen Stadtviertel der Anschluss des öffentlichen Verkehrs von Beginn an berücksichtigt werden. Ist bei-

spielsweise bereits eine stark ausgelastete Linie vorhanden, kann geprüft werden in deren Einzugsgebiet die Einwohner\*innendichte nicht zu erhöhen. Umgekehrt kann eine dichtere Bebauung forciert werden, wenn bei einer U-Bahnlinie noch Kapazitäten vorhanden sind, die nicht ausgenutzt werden.



## Reflexion

Generell kann gesagt werden, dass die drei Forschungsfragen beantwortet werden konnten. Es konnten sowohl zeitliche als auch räumliche Muster identifiziert werden. Es muss allerdings gesagt werden, dass es vermutlich weitere Muster gibt, welche im Zuge der Arbeit nicht untersucht und entdeckt wurden. Außerdem wurden Maßnahmen vorgestellt, die den Umgang mit Problemen, die sich aus den Differenzen ergeben, erleichtern sollen. Teilweise sind sie bereits in Wien umgesetzt.

Da die Fragen also beantwortet werden konnten, wurden die Ziele der Arbeit erreicht. Es muss allerdings betont werden, dass weitere Untersuchungen notwendig sind, da vermutlich nicht alle Muster aufgedeckt werden konnten. Aufgrund der Tatsache, dass Daten nur von zwei Monaten zur Verfügung standen, wurden beispielsweise keine Phänomene, die nur bei der Betrachtung von Jahresganglinien hervortreten, untersucht. Es kann außerdem die Hypothese aufgestellt werden, dass in Schulferien andere Muster vorhanden sind.

Grundsätzlich konnte mit den Daten gut gearbeitet werden, da sie für diese Zwecke optimal vorbereitet waren. Für bestimmte Zeiten und Tage waren allerdings trotz der Tatsache, dass es sich um Datensätze von mehreren Wochen handelt, zu wenige Fahrten aufgezeichnet. Dies betrifft zum Beispiel die Nachtstunden in denen nur am Wochenende Züge verkehren. Allgemein kann gesagt werden, dass, wenn dieselben Untersuchungen in ein paar Jahren erneut durchgeführt werden, aufgrund des Ausbaus der Züge mit Sensoren, wahrscheinlich belastbarere Untersuchungen auch von kleinräumigen Phänomenen möglich sind.

## Fazit

Insgesamt hat die Analyse der Fahrgastzahlen der Wiener U-Bahn gezeigt, dass Muster die subjektiv wahrgenommen werden können, wenn man dieses Verkehrsmittel nutzt, bestätigt wurden. Bei der vorliegenden Arbeit konnten bezogen auf ein ganzes Jahr nur Daten eines begrenzten Zeitraumes ausgewertet werden. Aufgrund dessen sollten bei weiterführenden Untersuchungen Daten das ganzen Jahres herangezogen werden, um beispielsweise Jahresganglinien erstellen zu können. Außerdem sind Daten der vorliegenden Arbeit aufgrund der geringeren Menge anfälliger für einzelne Ereignisse, die das Gesamtergebnis verzerren könnten.

Bei der Untersuchung der zeitlichen Muster konnten an Wochentagen Spitzen in der Früh und am Nachmittag nachgewiesen werden. Am Wochenende zeigten die Tagesganglinien ein anderes Muster. Diese Unterschiede bestätigten sich auch bei einem direkten Vergleich bestimmter Uhrzeiten der einzelnen Wochentage.

Bei der Betrachtung der räumlichen Faktoren konnten ebenfalls Muster entdeckt werden. Ein Beispiel ist, das bei einer Betrachtung der Fahrtrichtung Unterschiede zwischen den Uhrzeiten aufgetreten sind. Außerdem wurde festgestellt, dass äußere Faktoren wie Einwohner\*innen, Arbeitsplätze und interessante Punkte wie Geschäftsstraßen, die Fahrgastzahlen beeinflussen.

Im letzten Kapitel wurden verschiedene Möglichkeiten zum Umgang mit den entdeckten Mustern genannt. Bei Überlegungen diese zu implementieren, müssen aber unbedingt die lokalen Bedingungen beachtet werden, um die bestmöglichen Methoden für die Stadt auszuwählen. Bei der Prüfung der verschiedenen Varianten ist zu beachten, dass die Qualität des Angebots erhalten bleibt oder sogar verbessert wird.

Insgesamt wurde in der vorliegenden Arbeit festgestellt, dass Wien vor allem durch eine Anpassung der Fahrpläne bereits auf die Unterschiede im Fahrgastaufkommen reagiert. Für die genaue Auswahl weiterer Methoden, wie beispielsweise eine geänderte Anordnung der Sitze, sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: schematischer Aufbau der Arbeit, eigene Darstellung

Abbildung 2: Modal Split Wien, 2023, Stadt Wien o.J., URL: <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/modal-split.html> abgerufen am 01.08.2024

Abbildung 3: Schnellverbindungen in Wien, Wiener Linien 2023, URL: <https://www.wienerlinien.at/documents/2424499/7499660/SVP.pdf/94e696ed-8c33-293b-da01-7bbef75334bc?t=1707905657064> abgerufen am 01.08.2024

Abbildung 4: Fahrplanfahrten Wochentag, alle Linien, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 5: Fahrplanfahrten Samstag, alle Linien, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 6: Fahrplanfahrten Sonntag, alle Linien, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 7: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Wochentag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 8: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Wochentag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 9: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Samstag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 10: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Samstag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 11: Durchschnittlichen Einsteiger\*innen pro Zug, Station und halber Stunde; Fahrplanfahrten; Sonntag/Feiertag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 12: Durchschnitt Einsteiger\*innen je Station und halber Stunde, Sonntag/Feiertag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 13: Einsteiger\*innen je Station, 07:30-08:00, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 14: Einsteiger\*innen je Station, 12:30-13:00, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 15: Einsteiger\*innen je Station, 17:00-17:30, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlagen: Wiener Linien

Abbildung 16: Einsteiger\*innen je Station, 21:30-22:00, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 17: Abgehende Belegung je Station, Wochentag, alle Stationen, 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 18: Räumliche Verteilung U-Bahnlinien Wien, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien 2024, URL: <https://data.gv.at/katalog/dataset/36a8b9e9-909e-4605-a7ba-686ee3e1b8bf> abgerufen am 18.08.2024

Abbildung 19: Räumliche Verteilung der durchschnittlichen Einsteiger\*innen je Station beider Fahrtrichtungen, Mai 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 20: Räumliche Verteilung der durchschnittlichen Aussteiger\*innen je Station beider Fahrtrichtungen, Mai 2023, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 21: Einwohner\*innen, Einzugsgebiete der U-Bahnlinien, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 22: Räumliche Verteilung der Einwohner\*innen und Einsteiger\*innen, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 23: Beschäftigte am Arbeitsort, 250m Raster, 2011, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien; TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung, Statistik Austria Arbeitsstättenzählung 2011

Abbildung 24: Zusammenhang Beschäftigte am Arbeitsort und Fahrgäste, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien, TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung, Statistik Austria Arbeitsstättenzählung 2011

Abbildung 25: Räumliche Verteilung der Fahrgäste und Beschäftigten am Arbeitsort, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien; TU Wien, Forschungsbereich Stadt- und Regionalforschung, Statistik Austria Arbeitsstättenzählung 2011

Abbildung 26: U2 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten: Seestadt 26.09.2023 07:23, Schottentor 03.10.2023 07:21, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 27: U2 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten: Seestadt 05.10.2023 16:20, Schottentor 03.10.2023 16:17, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 28: U4 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Hütteldorf 27.09.2023 07:14 Heiligenstadt 26.09.2023 07:10, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 29: U4 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Hütteldorf 11.10.2023 16:31 Heiligenstadt 05.10.2023 16:28, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 30: U1 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Oberlaa 27.09.2023 07:18 Leopoldau 12.10.2023 07:16, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 31: U1 Wochentag, Abgehende Belegung eines Zuges, Abfahrtszeiten; Oberlaa 04.10.2023 16:22 Leopoldau 04.10.2023 16:25, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 32: Einzelne Fahrt U3 Samstag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 14.10.2024: 10:25, Fahrtrichtung Ottakring, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 33: Einzelne Fahrt U3 Samstag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 14.10.2024: 10:31, Fahrtrichtung Simmering, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 34: Einzelne Fahrt U3 Wochentag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 05.10.2024: 10:20, Fahrtrichtung Ottakring, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 35: Einzelne Fahrt U3 Wochentag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 05.10.2024: 10:32, Fahrtrichtung Simmering, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 36: Einzelne Fahrt U3 Sonntag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Simmering 01.10.2024: 10:25, Fahrtrichtung Ottakring, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 37: Einzelne Fahrt U3 Sonntag, Aussteiger\*innen je Station, Abfahrtszeit Ottakring 01.10.2024: 10:31, Fahrtrichtung Simmering, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 38: Mittelwert Einsteiger\*innen 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, schönes Wetter, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 39: Mittelwert Aussteiger\*innen 2.10., 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, eigene Darstellung, schönes Wetter, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 40: Mittelwert Einsteiger\*innen 15:00 bis 20:00, 9.10., Donauinsel, schlechtes Wetter, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien

Abbildung 41: Mittelwert Aussteiger\*innen 9.10., 15:00 bis 20:00, 2.10., Donauinsel, schlechtes Wetter, eigene Darstellung, Datengrundlage: Wiener Linien



# Literaturverzeichnis

Academic Lab (2021): Qualitativ vs. Quantitativ. URL: <https://home.uni-leipzig.de/methodenportal/qualivsquanti/> (abgerufen am 28.04.2024)

Amt der NÖ Landesregierung (2024): Verkehrsverbund Ost-Region (VOR). URL: <https://www.noel.gv.at/noel/OeffentlicherVerkehr/VOR.html> (abgerufen am 06.07.2024)

Ben-Elia, Eran; Ettema, Dick (2011a): Changing commuters' behavior using rewards: A study of rush-hour avoidance. In: Transportation Research Part F 14 (2011) 354-368

Ben-Elia, Eran; Ettema, Dick (2011b): Rewarding rush-hour avoidance: A study of commuters' travel behavior. In: Transportation Research Part A. 45 (2011) 567-582

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2012): Verkehr in Zahlen. Ausgabe 2011. URL: <https://www.bmk.gv.at/themen/verkehrsplanung/statistik/viz11.html> (abgerufen am 21.07.2024)

Cerwenka, Peter; Hauger, Georg; Hörl, Bardo; Klamer, Michael (2007): Handbuch der Verkehrssystemplanung. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag. Wien.

Dorsch, Monique (2023): Öffentlicher Personennahverkehr. Grundlagen und 25 Fallstudien mit Lösungen. 2.Auflage. UVK Verlag. Tübingen

Frank, Jens Patrick (2013): Methodik zur Effizienzbeurteilung der Kapazitätsnutzung und -entwicklung von Bahnnetzen. URL: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/73323?show=full> (abgerufen am 13.03.2024)

Große, Christine (2003): Verkehrsabhängige Betriebsführung bei Stadtschnellbahnen. Berlin.

Jenelius, Erik (2020): Personalized predictive public transport crowding information with automated data sources. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 117, 2020

Juschten, Maria; Hinteregger Martin; Hössinger Reinhard (2022): Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in Wien und Umgebung; Evaluierungsbericht In: Verkehr und Infrastruktur, 69 Wien: Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien

Krasilnikova, Nadezda; Levin-Keitel, Meike (2022): Telework as a Game-Changer for Sustainability? Transitions in Work, Workplace and Socio-Spatial Arrangements. In: Sustainability 2022, 14, 6765

Lünich, M. (2022). Der Glaube an Big Data. Springer VS, Wiesbaden. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-36368-0\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-36368-0_3) (abgerufen am 28.04.2024)

Meissonnier, Joël; Richer, Cyprien (2022): Rush hour. Why despite flexible working workers resist change? In: Applied Mobilities, 7:3, 267-279

Marincig, Harald (2005): Die Wiener Linien: 140 Jahre öffentlicher Personennahverkehr in Wien ; die Geschichte der städtischen Verkehrsmittel Straßenbahn, Stadtbahn, U-Bahn und Autobus. 2. Auflage. Verlag Bahn im Film. Wien

Mobilitätsagentur Wien GmbH (2023): Wiener:innen sind klimafreundlich unterwegs. URL: <https://www.fahrradwien.at/2023/03/24/klimafreundlich-unterwegs/> (abgerufen am 13.03.2024)

Munch, Emmanuel (2020): Social norms on working hours and peak times in public transport. In: Time & Society. 2020. Vol. 29(3) 836-865

Nie, Yu; Yin, Yafeng (2013): Managing rush hour travel choices with tradable credit scheme. In: Transportation Research Part B: Methodological. Volume 50, April 2013, Pages 1-19

Nissen, K.M.; Becker, N; Dähne, O; Rabe, M; Scheffler, J; Solle, M; Ulbrich, U (2020):



Stadt Wien (2023a): 44-mal X-Wagen: Wiener Linien bestellen 10 weitere U-Bahn-Züge. Start in den Öffi-Betrieb erfolgreich, nun laufend neue Züge für Fahrgäste. URL: <https://presse.wien.gv.at/presse/2023/09/20/44-mal-x-wagen-wiener-linien-bestellen-10-weitere-u-bahn-zuege> (abgerufen am 24.02.2024)

Stadt Wien (2023b): Startschuss für neuen Stadtteil: Rothneusiedl als Klimaschutz-Leuchtturm der Wiener Stadtentwicklung. URL: <https://presse.wien.gv.at/2023/02/17/startschuss-fuer-neuen-stadtteil-rothneusiedl-als-klimaschutz-leuchtturm-der-wiener-stadtentwicklung> (abgerufen am 27.07.2024)

Stadt Wien (2024a): Wiener\*innen umweltfreundlich unterwegs. URL: <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/modal-split.html> (abgerufen am 21.07.2024)

Stadt Wien (2024b): Fahrgastzahlen der Wiener Linien Wien. URL: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/fahrgastzahlen-der-wiener-linien/resource/0891a219-6f27-4dae-91dc-faf5cfa4b2a0#additional-info> (abgerufen am 21.07.2024)

Stadt Wien (2024c): Donauinselfest 2024: Wiener Linien mit dichteren Intervallen unterwegs. URL: <https://presse.wien.gv.at/presse/2024/06/12/donauinselfest-2024-wiener-linien-mit-dichteren-intervallen-unterwegs> (abgerufen am 17.08.2024)

StRH (2020a): Wiener Linien GmbH & Co KG. Ermittlung der Fahrgastzahlen bei U-Bahnen. StRH V – 9/20. URL: <https://www.stadtrechnungshof.wien.at/ausschuss/02/02-17-StRH-V-9-20.pdf> (abgerufen am 24.02.2024)

StRH (2020b): WIENER LINIEN GmbH & Co KG und MA 5, Prüfung der Gebarung hinsichtlich des Öffentlichen Personennahverkehrs und -finanzierungsvertrages. StRH IV - 38/20. URL: <https://www.stadtrechnungshof.wien.at/berichte/2021/lang/05-14-StRH-IV-38-20.pdf> (abgerufen am 07.09.2024)

Statista (2023): Anzahl der Inhaber von Jahreskarten für die Wiener Linien von 2009 bis 2022. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/477369/umfrage/inhaber-von-jahreskarten-fuer-den-oeffentlichen-verkehr-in-wien/> (abgerufen am 12.05.2024)

Tirachini, Alejandro; Hensher, David A.; Rose, John M. (2013): Crowding in public

transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 53, July 2013, Pages 36-52

timedate (o.J.): Wetter Rückblick Wien. <https://www.timeanddate.de/wetter/oesterreich/wien/rueckblick> (abgerufen am 11.09.2024)

Verkehrsverbund Ost-Region (2024): Aufgaben des VOR. URL: <https://www.vor.at/unternehmen/ueber-uns/aufgaben> (abgerufen am 06.07.2024)

Wiener Linien (2020): Zahlen & Fakten. Betriebsangaben 2019. URL: [https://www.wienerlinien.at/media/files/2020/wl\\_betriebsangaben\\_2019\\_deutsch\\_358274.pdf](https://www.wienerlinien.at/media/files/2020/wl_betriebsangaben_2019_deutsch_358274.pdf) (abgerufen am 13.03.2024)

Wiener Linien (2024a): Die Wiener Öffis in Zahlen. URL: <https://www.wienerlinien.at/die-wiener-oeffis-in-zahlen#:~:text=2023%20waren%20792%20Millionen%20Fahrg%C3%A4ste,dem%20Vor%20Corona%20Niveau.> (abgerufen am 07.09.2024)

Wiener Linien (2024b): Wir sind nachhaltig. URL: <https://www.wienerlinien.at/wir-sind-nachhaltig> (abgerufen am 06.07.2024)

Wiener Linien (2024c): QSU-Politik. URL: <https://www.wienerlinien.at/ueber-uns/qsu-politik> (abgerufen am 08.09.2024)

Wiener Stadtwerke (2024): Impressum. URL: <https://www.wienerstadtwerke.at/impressum> (abgerufen am 06.07.2024)

Wien.orf.at (2024): Fahrgastzahlen unter Vor-Pandemie-Niveau. URL: <https://wien.orf.at/stories/3247429/> (abgerufen am 13.03.2024)

Zhang, Zheng; Fujii, Hidemichi; Managi, Shunsuke (2014): How does commuting behavior change due to incentives? An empirical study of the Beijing Subway System. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 24, 2014, Pages 17-26.

Zhang, Y.; Jenelius, E.; Kottenhoff (2017): Impact of real-time crowding information: A Stockholm metro case study. In: Public Transport, 9 (3) (2017), pp. 483-499

