

Bachelorarbeit

Geschwindigkeitsprofil der Straßenbahnlinie 2

Bernhard Glansegg

Datum: 13.10.2016

Kurzfassung

In dieser Bachelorarbeit wurde die Straßenbahnlinie 2 auf ihre Geschwindigkeitsverteilung, Fahrzeiten und Stehzeiten untersucht und Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt. Dazu wurden drei Tage lang Daten mithilfe eines GPS-Loggers aufgezeichnet und ausgewertet. Anhand dieser Daten wurden Geschwindigkeitsprofile erstellt. Die Auswertung ergab, dass sich die Gesamtfahrzeit aus 71% Fahrzeit zwischen den Stationen und 29% Haltezeit in den Stationen zusammensetzt. Eine höhere Geschwindigkeit als 30km/h wurde nur in 11,5% der Zeit erreicht. Bei einer generellen innerstädtischen Tempo-30-Zone würde der Zeitverlust für die Straßenbahnlinie etwa 3,5% betragen, das wäre bei einer durchschnittlichen Fahrzeit von 50:15min 01:45min, welche allerdings durch, auf den ÖV abgestimmte, Ampelschaltungen kompensiert werden könnten.

1 Einleitung

Hinsichtlich der Verkehrssicherheit und der Wohnqualität (Senkung des Lärmpegels)[1] wäre es verkehrspolitisch sinnvoll, innerhalb der Stadtgrenzen, mehr Tempo-30-Zonen einzuführen. Ein vehementer Gegner davon sind die Wiener Linien, da sie einen zu großen Zeitverlust infolge der Tempo-30-Beschränkung befürchten. In vorangegangenen Arbeiten wurde allerdings schon festgestellt, dass die Geschwindigkeit von Bus und Straßenbahn nur in 20% der Zeit 30km/h übersteigt.

Mit der von Stroh, A., in ihrer Bachelorarbeit "Untersuchung des Geschwindigkeitsprofils von Bussen und Straßenbahnen"[2] entwickelten Methodik, wurden die schon bekannten Forschungsergebnisse für eine spezifische Straßenbahnlinie spezialisiert.

Es wurde die Straßenbahnlinie 2 ausgewählt, da diese sowohl die peripheren Gegenden abdeckt, als auch das Stadtzentrum und somit einen guten Überblick über die Gesamtsituation in der Stadt gibt.

Die Linie 2 erstreckt sich von Ottakring, die Thaliastraße (nur in Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz) und die Ottakringer Straße entlang zur Ottakringer Brauerei und biegt dort auf die Neulerchenfelder Straße ab. Nach der Gürtelquerung, bei der U6 Station Josefstädter Straße, geht es die Josefstädter Straße entlang bis zum Rathaus. Hier biegt die Linie 2 in den Ring ein und folgt diesem bis zum Schwedenplatz. Über die Marienbrücke geht es der Taborstraße entlang bis zur Nordbahnstraße wo sie auf die Dresdner Straße abbiegt. Beim FH Technikum Wien biegt sie schließlich Richtung Friedrich-Engels-Platz ein.

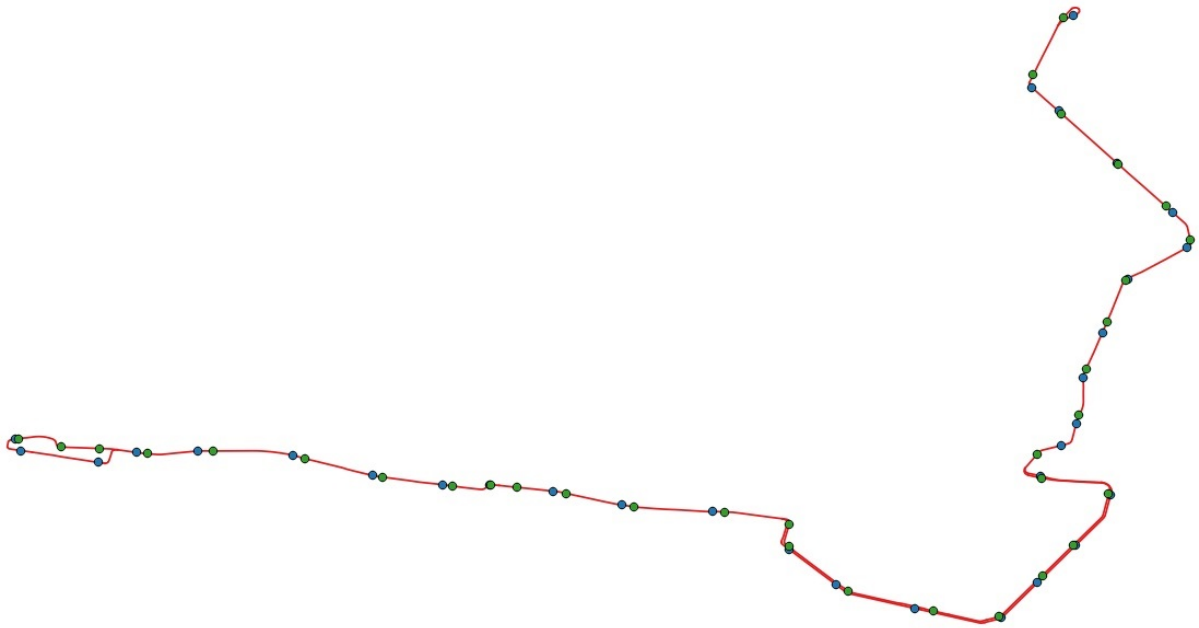


Abb. 1: Grafische Darstellung der Straßenbahnlinie 2, grün die Haltestellen in Richtung Ottakringer Straße/Erdburzgasse, blau die Haltestellen in Richtung Friedrich-Engels-Platz

2 Messung

Die Aufzeichnung der Daten erfolgte zwischen Dienstag dem 25.08.2015 und Donnerstag dem 27.08.2015. Am ersten Tag startete die Messung um 06:00 Uhr und endete um 19:10 Uhr. An den folgenden Tagen wurde mit der Messung jeweils um eine halbe Stunde später begonnen, also am zweiten Tag um 06:30 Uhr und am dritten Tag um 07:00 Uhr, um nicht an allen drei Tagen zur gleichen Uhrzeit am selben Ort zu sein. Außerdem erfolgte an allen drei Tagen noch eine Messung zur off-peak-Zeit. Diese Messung fand zwischen 22:00 Uhr und 23:50 Uhr statt. Begonnen wurden die Messungen jeweils an der Station Stubentor, da diese Station am einfachsten und am schnellsten zu erreichen war. Die erste Fahrt war immer in Richtung der Endhaltestelle Ottakringer Straße/Erdburzgasse. Dann wurde immer von Endhaltestelle bis Endhaltestelle aufgezeichnet. Beendet wurden die Messungen ebenfalls an der Station Stubentor.

Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mithilfe eines "Holux M-241 drahtlos GPS-Loggers". Das Gerät zeichnete sekundlich auf und speicherte dabei folgende Daten:

fortlaufender Index, Datum [tt.mm.jjjj], Uhrzeit [hh:mm:ss], Breitengrad [Dezimalgrad], Nord/Süd, Längengrad [Dezimalgrad], Ost/West, Seehöhe [m], Geschwindigkeit [km/h]

Der GPS-Logger befand sich während der Aufzeichnung immer im vorderen Bereich der Straßenbahn. Zusätzlich wurde noch notiert, wenn sich in einem Bereich eine Baustelle befand oder wann und warum es zu außergewöhnlichen Halten kam. (z.B. Umleitungen, Straßensperren, Unfälle etc.)

3 Datenaufbereitung

Nach der Messung wurden die Daten auf den Rechner ausgelesen. Dabei wurde für jede Richtungsfahrt eine eigene CSV-Datei erstellt, in der die aufgezeichneten Werte dargestellt sind. Insgesamt sind dies 53 Dateien.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	INDEX	DATE	TIME	LATITUDE	N/S	LONGITUDE	E/W	HEIGHT(m)	SPEED(km/h)
2	24	25.08.2015	06:07:16.000	48.206676	N	16.380249	E	121.0	1.252
3	25	25.08.2015	06:07:17.000	48.206676	N	16.380230	E	121.2	2.018
4	26	25.08.2015	06:07:18.000	48.206661	N	16.380219	E	121.3	3.215
5	27	25.08.2015	06:07:19.000	48.206642	N	16.380178	E	121.4	5.490
6	28	25.08.2015	06:07:20.000	48.206612	N	16.380070	E	120.6	12.474

Abb. 2: Beispiel für die Darstellung der Daten in der CSV-Datei

Danach wurden 4 SHP-Dateien - "Ampeln mit Akustikkennung-Standorte-Wien", "Ampeln ohne Akustikkennung-Standorte-Wien", "Öffentliches Verkehrsnetz-Haltestellenpunkte-Wien" und "Öffentliches Verkehrsnetz-Liniennetz-Wien", jeweils mit dem Stand vom 6.10.2015 - von www.data.gv.at heruntergeladen.

Die Datei "Öffentliches Verkehrsnetz-Liniennetz-Wien" wurde ins freie Open-Source-Geografisches-Informationssystem "QGIS" eingespielt. Darin sind alle Linien mit sogenannten Stützpunktkoordinaten definiert, deren Verbindung das Liniennetz darstellt. Die Stützpunktkoordinaten der Linie 2 wurden isoliert und anschließend als CSV-Datei ausgelesen. Dabei wurden 2 Dateien erstellt - für jede Fahrtrichtung eine. Auf dem Großteil der Strecke, in dem die Gleise eng beieinander liegen, sind die Koordinaten für beide Richtungen ident. Im Bereich der Endschleifen und im Bereich des Rings liegen allerdings unterschiedliche Koordinaten für die zwei Fahrtrichtungen vor. (siehe Abb. 1)

3.1 Projektion

Anschließend wurden die Punkte aus dem GPS-Log mithilfe von "Excel", auf die zuvor ermittelte Verbindung der Stützpunktkoordinaten, projiziert. Dazu wurden in eine Excel-Datei, zu den Stützpunktkoordinaten der Linie 2, die Daten aus dem GPS-Log eingefügt und für jeden aufgezeichneten Punkt der nächstgelegene Stützpunkt (Stützpunkt X in Abb. 3) ermittelt. Danach wurde der gemessene Punkt auf die beiden Geraden, die durch den nächstgelegenen Stützpunkt definiert sind, normalprojiziert.

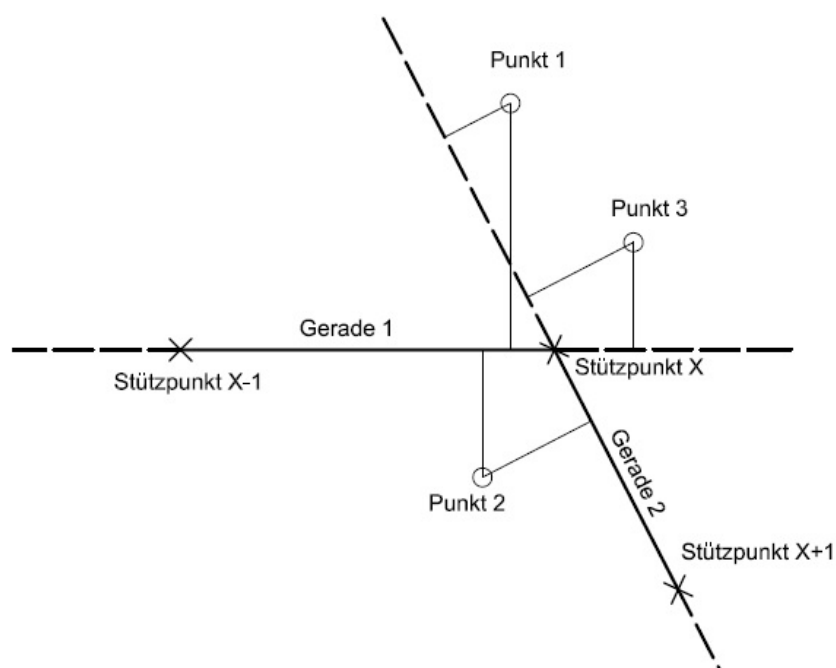


Abb. 3: Projektion der aufgezeichneten Punkte auf die Verbindung der Stützpunktkoordinaten

Dann wurde für beide Fälle, mithilfe von Richtungswinkeln, ermittelt ob sich der projizierte Punkt zwischen den beiden Stützpunkten, die die Gerade definieren, befindet oder außerhalb. Ist der Richtungswinkel vom projizierten Punkt zum Stützpunkt X gleich dem Richtungswinkel zum Stützpunkt Y, dann befindet sich der projizierte Punkt außerhalb der beiden Stützpunkte (Abb. 4 links). Unterscheiden sich die beiden Richtungswinkel um 180° , befindet sich der projizierte Punkt zwischen den beiden Stützpunkten (Abb. 4 rechts).

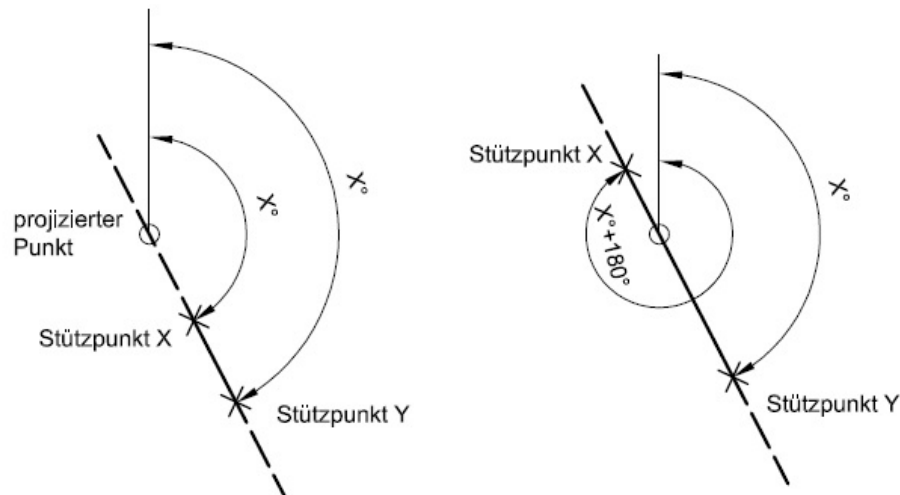


Abb. 4: links: die Richtungswinkel sind ident wenn sich der projizierte Punkt außerhalb der beiden Stützpunkte befindet, rechts: die Richtungswinkel unterscheiden sich um 180° wenn sich der projizierte Punkt zwischen den beiden Stützpunkten befindet

Schließlich musste noch für jeden gemessenen Punkt der maßgebliche projizierte Punkt ermittelt werden. Dabei kann es zu drei Szenarien kommen:

- Der projizierte Punkt liegt auf einer der beiden Geraden zwischen den Stützpunkten und auf der anderen Gerade außerhalb der beiden Stützpunkte. Für diesen Fall zählt der Punkt der zwischen den beiden Stützpunkten liegt. (Punkt 1 in Abb. 3)
- Auf beiden Geraden liegen die projizierten Punkte zwischen den jeweiligen Stützpunkten. In diesem Fall ist der Punkt mit dem geringeren Abstand zum Original-Punkt maßgebend. (Punkt 2 in Abb. 3)
- Auf beiden Geraden liegen die projizierten Punkte außerhalb der jeweiligen Stützpunkte. In diesem Fall zählt keiner der beiden projizierten Punkte, sondern der nächstgelegene Stützpunkt. (Punkt 3 in Abb. 3)

Dabei kann es in engen Bögen zu Ungenauigkeiten kommen, wenn die Punkte aus dem GPS-Log auf der Bogeninnenseite liegen, da es dann vorkommen kann, dass der Stützpunkt, der den Bogenanfang bzw. das Bogenende definiert, für alle Punkte der nächstgelegene ist und damit die gesamten Punkte auf den Bogenanfang oder das Bogenende projiziert werden.

3.2 Haltepunktfestlegung

Aufgrund der Ungenauigkeit der Messung ergab sich an jedem Haltepunkt, also an jeder Haltestelle, Ampel und anderen Haltepunkten, eine Punktwolke. Deshalb wurden in "QGIS" die SHP Dateien "Ampeln mit Akustikkennung-Standorte-Wien", "Ampeln ohne Akustikkennung-Standorte-Wien", "Öffentliches Verkehrsnetz-Haltestellenpunkte-Wien" und "Öffentliches Verkehrsnetz-Liniennetz-Wien" eingefügt. Es wurde jeweils eine CSV-Datei, mit den bereits projizierten Punkten, dazu geladen und dann in jeder Punktwolke ein Punkt als Haltepunkt definiert, in dem die Straßenbahn stillsteht. Dabei wurden die Haltestellenpunkte in der CSV-Datei gleich markiert und als XLSX-Datei gespeichert, um später die Auswertung zu vereinfachen. Die restlichen Punkte der Punktwolke wurden gelöscht. Dadurch ergab sich, dass jeder Haltepunkt in der

XSLX-Datei doppelt vorkommt - einmal mit der Ankunftszeit und einmal mit der Abfahrtszeit (siehe Abb. 6). Das war notwendig, da durch die Messungenauigkeit die Straßenbahn, später in der Berechnung, in der Zeit, in der sie eigentlich stillsteht, sonst Weg zurückgelegt hätte.

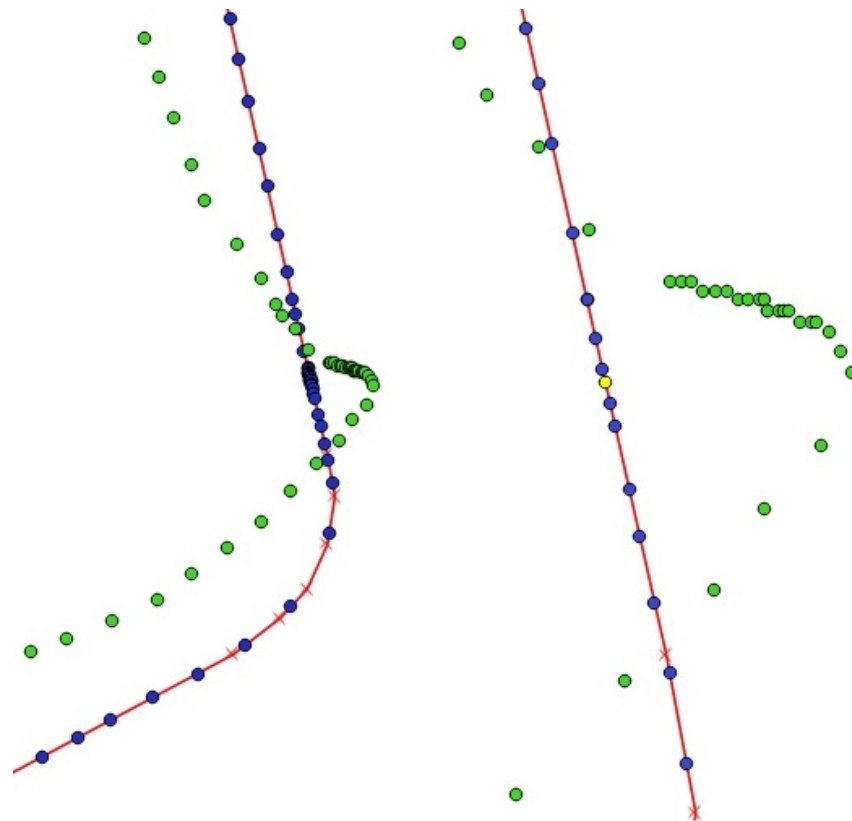


Abb. 5: links: Vergleich der aufgezeichneten Punkte (grün) mit den dazugehörigen projizierten Punkten an der Haltestelle Rebbanngasse, rechts: Vergleich der aufgezeichneten Punkte (grün) mit den projizierten und bereinigten Punkten (blau) an der Haltestelle Rebbanngasse (gelb)

Es ist noch festzuhalten, dass sich diese Haltepunkte für jede Richtungsfahrt aufgrund von Messungenauigkeiten, einem Halt hinter mehreren Fahrzeugen etc. unterscheiden, also dass zum Beispiel an der Haltestelle Stubentor der Haltepunkt bei Fahrt X nicht exakt mit dem Haltepunkt bei Fahrt Y in die selbe Richtung übereinstimmt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	INDEX	DATE	TIME	LATITUDE	N/S	LONGITUDE	E/W	HEIGHT(m)	SPEED(km/h)	Längengrad (projiziert)	Breitengrad (projiziert)
361	5482	25.08.2015	07:44:27.000	48.228325	N	16.388306	E	192.8	0.675	16.3883111530117	48.2283261523891
362	5483	25.08.2015	07:44:28.000	48.228294	N	16.388325	E	192.6	0.359	16.3883186604379	48.2282925822577
363	5484	25.08.2015	07:44:29.000	48.228260	N	16.388403	E	192.2	0.808	16.3883241360068	48.2282680977587
364	5499	25.08.2015	07:44:44.000	48.228260	N	16.388403	E	192.3	0.942	16.3883241360068	48.2282680977587
365	5500	25.08.2015	07:44:45.000	48.228260	N	16.388407	E	192.3	1.146	16.3883272939377	48.2282539767862
366	5501	25.08.2015	07:44:46.000	48.228260	N	16.388409	E	192.3	1.253	16.3883299027691	48.228242311162

Abb. 6: Beispiel für die Darstellung einer Haltestelle (gelb markiert) in der Excel-Datei

3.3 Abstände der Haltestellen

Werden in "QGIS" die Haltestellenpunkte aus der SHP-Datei "Öffentliches Verkehrsnetz-Haltestellenpunkte-Wien" betrachtet, wird ersichtlich, dass die Haltestellen in beide Richtungen oft als ein Haltepunkt dargestellt sind. Dies entspricht aber nicht der Realität, da Haltestellen oft vor Kreuzungen angeordnet sind und somit einige Meter auseinander liegen. Daher wurden für jede Fahrtrichtung die durchschnittlichen Haltestellenpunkte aus den zuvor markierten Halte-

punkten ermittelt. Diese durchschnittlichen Haltepunkte sind fast deckungsgleich mit denen aus der Datei "Öffentliches Verkehrsnetz-Haltestellenpunkte-Wien", wenn sich die Haltestelle nicht in einem Kreuzungsbereich befindet. Befindet sich die Haltestelle im Kreuzungsbereich ist der ermittelte Haltestellenpunkt 20-30m vor jenem aus der SHP-Datei.

Als nächstes wurden die Haltestellenabstände bzw. die Streckenlänge errechnet. Dazu wurde in die CSV-Dateien in denen die Stützpunktkoordinaten dargestellt sind, die ermittelten Koordinaten der Haltestellenpunkte an der richtigen Stelle eingefügt.

3				Abstand [m]	Streckenlänge [m]
4	Ottakringer Straße/Erdbrustgasse	16,305643802104	48,214329517186	0,00	0,00
5		16,3054161119	48,2142990367	17,21	17,21
6		16,3053148092	48,2142644759	8,43	25,64
14		16,3052659360	48,2136379088	6,94	106,96
15	Thaliastraße/Maroltingergasse	16,3060583321437	48,2135223499766	60,10	167,06
16		16,3065456894	48,2134512764	36,97	204,03

Abb. 7: Berechnung der tatsächlichen Haltestellenabstände, gelb die Koordinaten der gemittelten Haltepunkte, dazwischen die Stützpunktkoordinaten der Linie 2

Im Anschluss wurden zwischen den Punkten die Abstände errechnet. Dabei wurde von einer kreisrunden Erdkugel mit einem Radius von 6371,007km ausgegangen. Als Seehöhe wurde für alle Punkte eine Höhe von 171,3m ü. A. angenommen, was der Höhe des Eingangs zum Stephansdom entspricht. Die einzelnen Abstände wurden aufsummiert um die tatsächlichen Abstände zwischen den Haltestellenpunkten und die Gesamtstreckenlänge zu ermitteln. Die errechnete Streckenlänge in Richtung Ottakringer Straße/Erdbrustgasse beträgt 11526,55m und jene in Richtung Friedrich-Engels-Platz 11783,77m.

4 Auswertung

Nun konnte mit der Auswertung der Daten begonnen werden. Dazu wurde eine Excel-Datei erstellt in die die Daten aus den einzelnen Richtungsfahrten - bereits projiziert und an den Haltepunkten bereinigt - eingefügt wurden. In ein Hilfstabellenblatt wurden die zuvor errechneten durchschnittlichen Abstände der Haltestellen eingefügt.

Es wurden die Abstände der projizierten Punkte, auf die selbe Art wie zuvor die Haltestellenabstände, ermittelt und aufsummiert. An den Haltepunkten wurden die so errechneten Stationsabstände mit den tatsächlichen Abständen verglichen und ein Faktor "Tatsächlicher Stationsabstand/Stationsabstand gemäß Projektion" errechnet. Dieser Faktor lag meistens im Intervall [0,8-1,2]. Dann wurden die Punktabstände mit diesem Wert multipliziert. Dieses skalieren des zurückgelegten Weges ermöglichte es später unterschiedliche Fahrten in einem Weg-Geschwindigkeits-Diagramm übereinanderzulegen und miteinander zu vergleichen.

Anschließend wurden drei Geschwindigkeiten ermittelt. Als erstes wurde aus den skalierten Abständen, durch Division durch die Zeitdifferenz der Punkte, - im Regelfall eine Sekunde - die Geschwindigkeit für jeden Punkt errechnet. Die zweite Geschwindigkeit ist die aus dem GPS-Log ausgelesene Geschwindigkeit, welche allerdings noch dahingehend verändert wurde, als dass die Geschwindigkeit in den Haltepunkten Null beträgt. Bei der dritten Geschwindigkeit wurde die aus dem GPS-Log ausgelesene Geschwindigkeit noch mit dem Faktor "Tatsächlicher Stationsabstand/Stationsabstand gemäß Projektion" multipliziert.

Es wurde für jede Richtungsfahrt die Gesamtzeit, die Stehzeit an jeder Haltestelle und die Fahrzeit zwischen den Haltestellen ermittelt. Für alle drei Geschwindigkeiten wurde jene Zeit ermittelt, zu der die Geschwindigkeit mehr als 30km/h betragen hat. Zusätzlich wurde für die modifizierte (dritte) Geschwindigkeit, der Zeitverlust ermittelt, der bei einer durchgehenden Tempo-30-Beschränkung entstehen würde. Dazu wurde für die Punkte, in denen eine höhere Geschwindigkeit als 30km/h herrscht, durch Division des Punktabstandes durch 30km/h

(8,33m/s), jene Zeit berechnet die zum Durchfahren des Abschnitts mit einer Geschwindigkeit von 30km/h benötigt wird. Von dieser Zeit wurde die tatsächlich benötigte Zeit abgezogen, um den Zeitverlust zu ermitteln.

Um einen Aufschluss über die Genauigkeit des GPS-Loggers zu bekommen wurde außerdem für jeden Punkt der Abstand vom Punkt aus dem GPS-Log zum projizierten Punkt errechnet und für jeden Haltestellenabschnitt ein Mittelwert errechnet.

5 Ergebnisse

5.1 Fahr- und Haltezeiten

Tab. 1: Durchschnittliche Fahrzeiten zwischen den Haltestellen und die durchschnittlichen Stehzeiten in den Haltestellen

Haltestellen	durchschn. Fahrzeiten zw. d. HS [mm:ss]	durchschn. Haltezeiten in d. HS [mm:ss]	Haltestellen	durchschn. Fahrzeiten zw. d. HS [mm:ss]	durchschn. Haltezeiten in d. HS [mm:ss]
Friedrich-Engels-Platz	01:36		Ottakringer Str./Erdbrustg.	00:57	
Höchstädtplatz	00:59	00:44	Thaliastr./Maroltingerg.	01:09	00:42
Dresdner Straße	01:07	00:24	Ottakring	01:00	00:27
Traisengasse	00:50	00:27	Redtenbachergasse	01:01	00:18
Innstraße	00:44	00:31	Ottakringer Str./Wattgasse	01:02	00:29
Rebhanggasse	01:24	00:26	Joh.-Nepomuk-Berger-Platz	01:09	00:55
Am Tabor	01:01	00:19	Neulerchenf. Str./Haberlg.	01:00	00:24
Taborstraße/Heinestraße	01:05	00:37	Neulerchenf. Str./Brunneng.	01:22	00:23
Taborstraße	00:59	00:37	Josefstädter Straße	01:11	00:48
Karmeliterplatz	01:29	00:27	Albertgasse	01:06	00:23
Marienbrücke	01:14	00:24	Ledererg./Josefstädterstr.	01:16	00:28
Schwedenplatz	01:30	00:31	Rathaus	02:11	00:30
Julius-Raab-Platz	01:48	00:17	Dr.-Karl-Renner-Ring	01:07	00:29
Stubentor	00:45	00:22	Burgring	01:29	00:26
Weihburggasse	01:11	00:32	Kärntner Ring, Oper	02:09	00:25
Schwarzenbergplatz	01:29	00:23	Schwarzenbergplatz	00:48	00:24
Kärntner Ring, Oper	01:20	00:42	Weihburggasse	00:50	00:25
Burgring	01:19	00:18	Stubentor	01:04	00:19
Dr.-Karl-Renner-Ring	00:50	00:25	Julius-Raab-Platz	01:28	00:38
Stadiongasse/Parlament	01:10	00:48	Schwedenplatz	01:28	01:12
Rathaus	01:20	00:31	Gredlerstraße	00:52	00:25
Ledererg./Josefstädterstr.	00:58	00:22	Karmeliterplatz	00:53	00:25
Albertgasse	00:52	00:28	Taborstraße	01:00	00:22
Blindengasse	01:04	00:20	Taborstraße/Heinestraße	01:35	00:39
Josefstädter Straße	00:46	00:24	Am Tabor	01:08	00:22
Neulerchenf. Str./Brunneng.	00:57	00:21	Rebhanggasse	00:52	00:30
Neulerchenf. Str./Haberlg.	00:59	00:21	Innstraße	01:08	00:27
Joh.-Nepomuk-Berger-Platz	01:12	00:57	Traisengasse	01:15	00:22
Ottakringer Str./Wattgasse	01:00	00:26	Dresdner Straße	00:38	00:19
Redtenbachergasse	00:44	00:16	Höchstädtplatz	01:50	00:52
Weinheimergasse	00:39	00:18	Friedrich-Engels-Platz		
Johannes-Krawarik-Gasse	01:17	00:20	Summe:	50:41	35:55
Ottakringer Str./Erdbrustg.				70,88%	29,12%
Summe:	49:53	35:35			
		71,33%			28,67%

Die errechneten Werte für jede Fahrt wurden, wieder richtungsgetrennt, in zwei weiteren Excel-Dateien zusammengefasst.

Als erstes wurden die durchschnittliche Aufenthaltszeit in den Stationen und die durchschnittlichen Fahrzeiten zwischen den Stationen ermittelt. Aus der Summe der Fahrzeiten und der Aufenthaltszeit in den Stationen wurde eine durchschnittliche Fahrzeit von Endstation zu Endstation ermittelt. Diese beträgt in beide Richtungen etwa 50:00min und besteht aus ca. 71% Fahrzeit und 29% Aufenthaltszeit in Haltestellen.

5.2 Geschwindigkeiten

Anschließend wurden die drei ermittelten Geschwindigkeiten miteinander verglichen. Für jede Fahrt wurde ein Weg-Geschwindigkeits-Diagramm erstellt, in dem die drei ermittelten Geschwindigkeiten dargestellt sind. Aus diesen Weg-Geschwindigkeits-Diagrammen geht klar hervor, dass die Geschwindigkeit die aus den Punktabständen ermittelt wurde, die am wenigsten plausible ist. Aufgrund der teils fehlerhaften Normalprojektion in engen Bögen kommt es an diesen Stellen zu extremen Spitzen (bis zu 120km/h). Um diese Ergebnisse zu plausibilisieren, wurden diese Spitzen auf maximal 50km/h begrenzt. Im Vergleich mit den aus dem GPS-Logger ausgelesenen Geschwindigkeiten sind die errechneten Geschwindigkeiten aus den Punktabständen fast durchgehend höher.

Die aus dem GPS-Log ausgelesenen Geschwindigkeiten sind weitaus plausibler, da sie keine Spitzen aufweisen. Beim Vergleich mit den um den Faktor "Tatsächlicher Stationsabstand/Stationsabstand gemäß Projektion" modifizierten Geschwindigkeiten ergeben sich nur geringe Unterschiede.

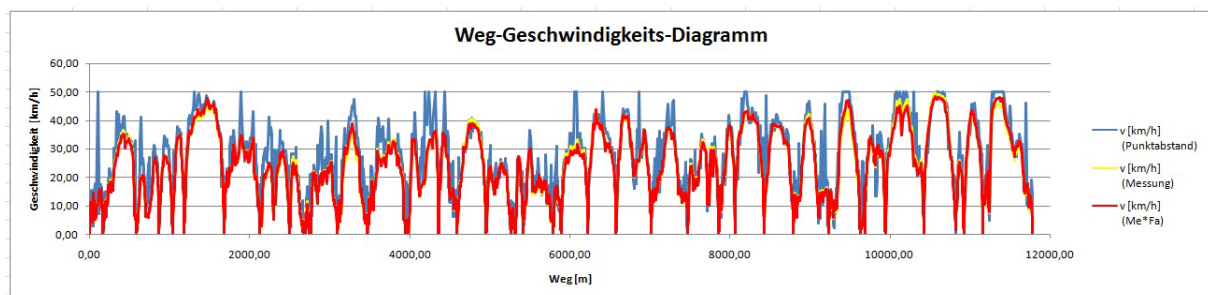


Abb. 8: Beispiel für ein Weg-Geschwindigkeits-Diagramm

Um den Anteil an der Gesamtzeit, in dem eine Geschwindigkeit über 30km/h herrscht, zu ermitteln, wurde die Summe dieser Zeit aus den Einzelfahrten durch die Summe der Gesamtfahrzeiten der Einzelfahrten errechnet.

Tab. 2: Zeit in der die Geschwindigkeit höher als 30km/h ist in Richtung Ottakringer Str./Erdbrustgasse

Gesamtfahrzeit	19:31:27	
über 30 km/h (Punktabstand)	03:18:14	16,92%
über 30 km/h (GPS-Log)	02:16:58	11,69%
über 30 km/h (GPS-Log*Faktor)	02:16:57	11,69%
Zeitverlust bei Tempo-30	00:40:04	3,42%

Tab. 3: Zeit in der die Geschwindigkeit höher als 30km/h ist in Richtung Friedrich-Engels-Platz

Gesamtfahrzeit	19:57:52	
über 30 km/h (Punktabstand)	03:35:43	18,01%
über 30 km/h (GPS-Log)	02:17:16	11,46%
über 30 km/h (GPS-Log*Faktor)	02:19:48	11,67%
Zeitverlust bei Tempo-30	00:42:41	3,56%

Daraus geht hervor, dass nur in etwa 11,7% der Gesamtfahrzeit eine größere Geschwindigkeit als 30km/h vorherrscht.

Der Zeitverlust bei einer innerstädtischen Tempo-30-Zone würde in Fahrtrichtung Ottakringer Straße/Erdburstgasse 3,42% betragen, was bei einer durchschnittlichen Fahrzeit von 49:53min 1:42min entspräche. In Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz würde sich die Fahrzeit um 3,56% verlängern, was bei einer durchschnittlichen Fahrzeit von 50:41min 1:48min entspräche.

5.3 Abweichung

Um Aussagen über die Genauigkeit der Messung treffen zu können, wurde für jeden Punkt der Abstand vom gemessenen Punkt zum zugehörigen projizierten Punkt ermittelt und für jede Strecke zwischen zwei Haltestellen ein durchschnittlicher Abstand ermittelt. Die durchschnittliche Abweichung über alle Punkte beträgt in etwa 12,75m. Aus der Aufschlüsselung der Abweichungen lassen sich allerdings keine Tendenzen erkennen. Es sei noch festzuhalten, dass es besonders auffällig war, dass es im Bereich Lederergasse/Josefstädter Straße besonders oft zu einem Abreißen des Signals kam, was vermutlich auf die enge Bebauung zurückzuführen ist.

Tab. 4: Durchschnittliche Abweichungen vom gemessenen Punkt zum zugehörigen projizierten Punkt

Haltestellen	durchschn. Abweichung [m]	Haltestellen	durchschn. Abweichung [m]
Ottakringer Straße/Erdburstgasse		Friedrich-Engels-Platz	
Thaliastraße/Maroltingergasse	9,74	Höchstädtplatz	8,08
Ottakring	15,22	Dresdner Straße	10,57
Redtenbachergasse	14,34	Traisengasse	11,48
Ottakringer Straße/Wattgasse	13,01	Innstraße	10,61
Johann-Nepomuk-Berger-Platz	11,86	Rebhangasse	8,38
Neulerchenfelder Straße/Haberlgasse	19,77	Am Tabor	7,58
Neulerchenfelder Straße/Brunneng.	19,80	Taborstraße/Heinestraße	9,39
Josefstädter Straße	12,80	Taborstraße	10,76
Albertgasse	16,02	Karmeliterplatz	10,69
Lederergasse/Josefstädterstraße	18,56	Marienbrücke	12,26
Rathaus	17,74	Schwedenplatz	11,24
Dr.-Karl-Renner-Ring	12,90	Julius-Raab-Platz	13,16
Burgring	9,47	Stubentor	12,34
Kärntner Ring, Oper	16,20	Weihburggasse	10,61
Schwarzenbergplatz	21,52	Schwarzenbergplatz	11,50
Weihburggasse	10,49	Kärntner Ring, Oper	13,57
Stubentor	10,20	Burgring	12,67
Julius-Raab-Platz	11,41	Dr.-Karl-Renner-Ring	8,61
Schwedenplatz	12,99	Stadiongasse/Parlament	6,73
Gredlerstraße	12,55	Rathaus	7,92
Karmeliterplatz	14,27	Lederergasse/Josefstädterstraße	21,18
Taborstraße	12,18	Albertgasse	18,54
Taborstraße/Heinestraße	10,05	Blindengasse	14,66
Am Tabor	11,02	Josefstädter Straße	12,66
Rebhangasse	10,20	Neulerchenfelder Straße/Brunneng.	14,20
Innstraße	7,70	Neulerchenfelder Straße/Haberlgasse	12,71
Traisengasse	11,70	Johann-Nepomuk-Berger-Platz	15,66
Dresdner Straße	10,62	Ottakringer Straße/Wattgasse	10,36
Höchstädtplatz	16,33	Redtenbachergasse	11,76
Friedrich-Engels-Platz	13,82	Weinheimergasse	14,98
Durchschn. Abweichung:	13,48	Johannes-Krawarik-Gasse	20,58
		Ottakringer Straße/Erdburstgasse	8,41
		Durchschn. Abweichung:	11,99

5.4 Geschwindigkeitsprofile

Für die aus dem GPS-Log ausgelesenen, mit dem Faktor "Tatsächlicher Stationsabstand/Stationsabstand gemäß Projektion", modifizierten Geschwindigkeiten wurden Geschwindigkeitsprofile erstellt. Um die Übersicht zu gewährleisten, wurden nicht alle Fahrten abgebildet, sondern fünf repräsentative Fahrten ausgewählt.

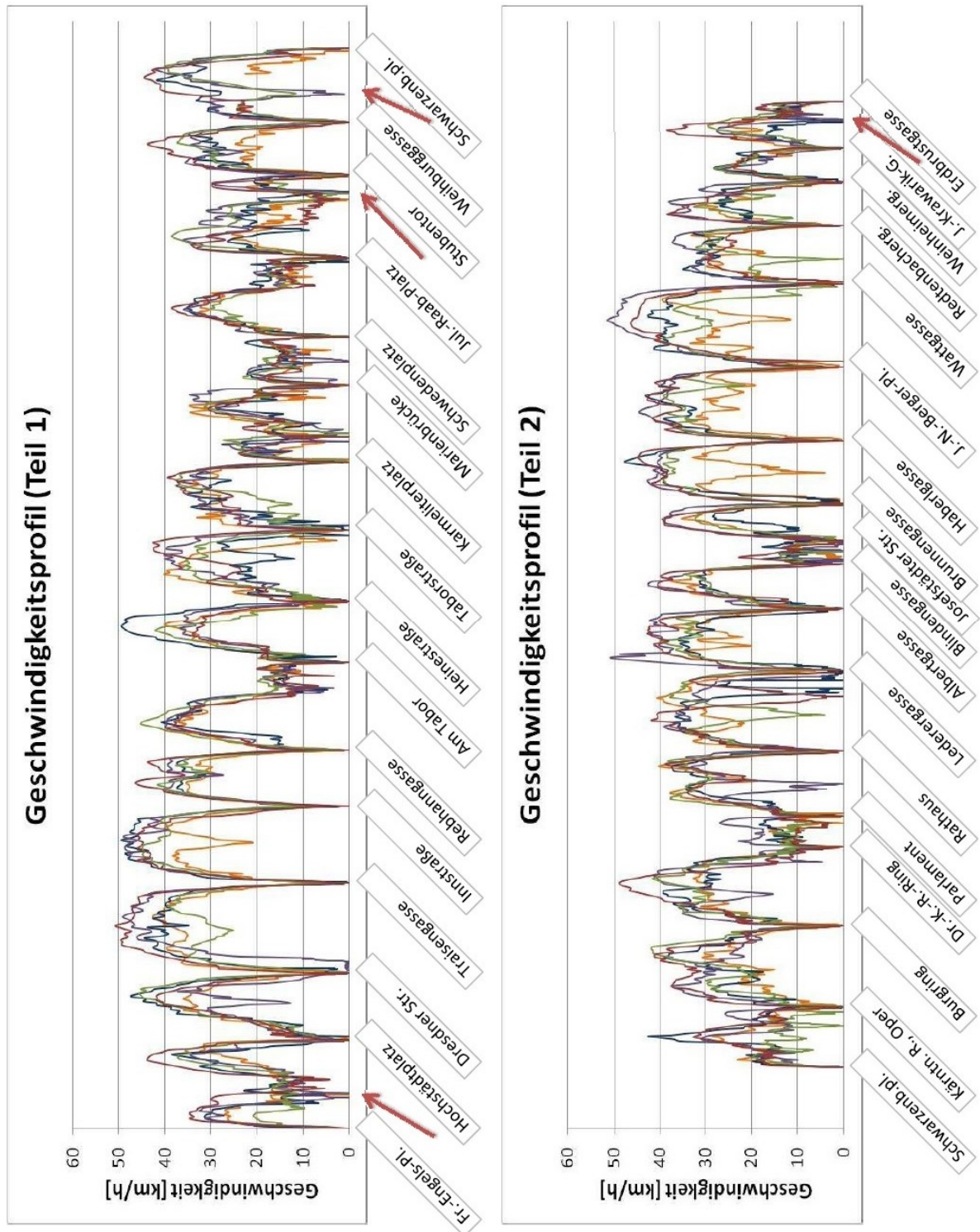


Abb. 9: Geschwindigkeitsprofil für einige ausgewählte Fahrten in Richtung Friedrich-Engels-Platz, die Pfeile markieren die Stellen an denen Verbesserungsmöglichkeiten bestehen

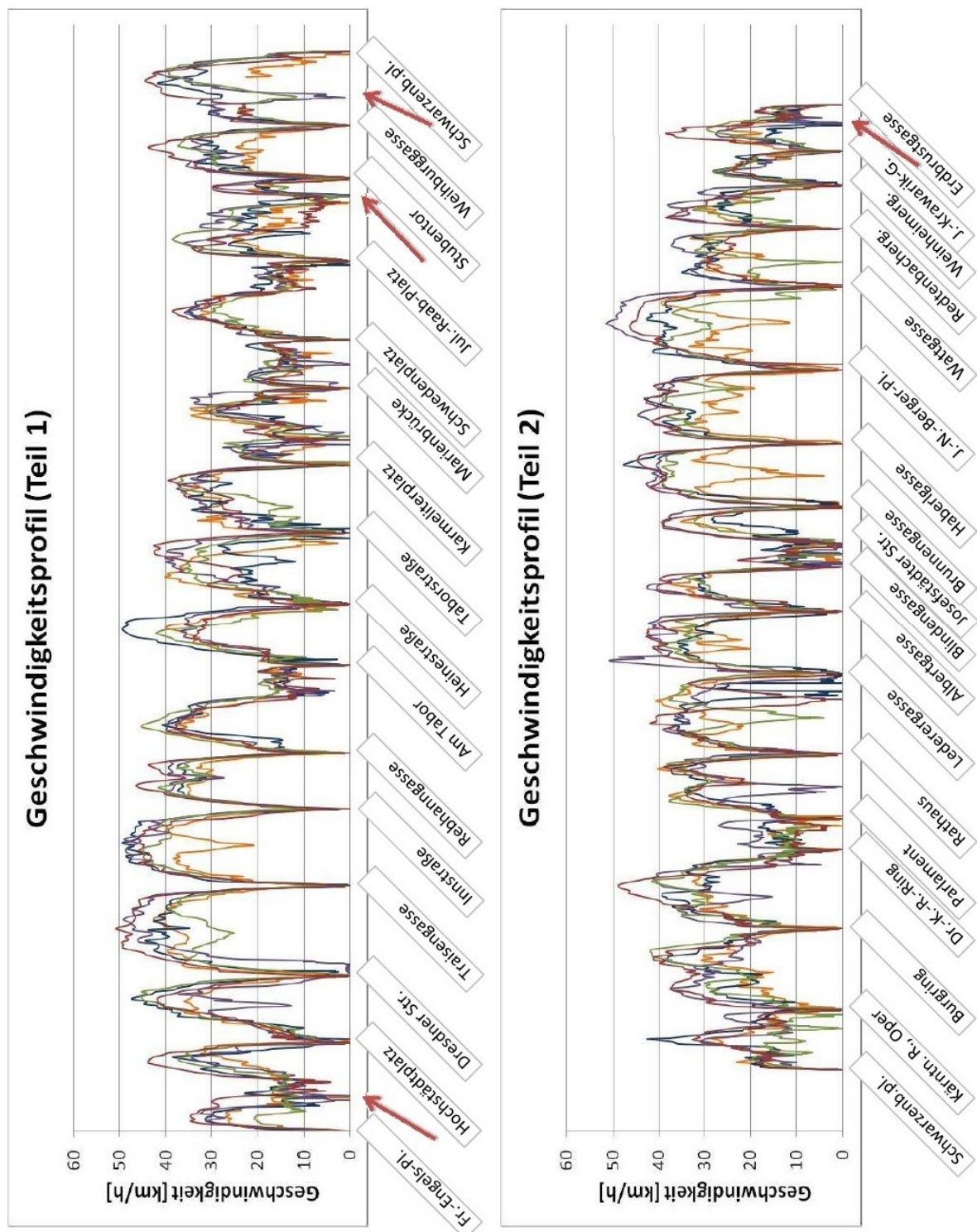


Abb. 10: Geschwindigkeitsprofil für einige ausgewählte Fahrten in Richtung Ottakringer Straße/Erdbrustgasse, die Pfeile markieren die Stellen an denen Verbesserungsmöglichkeiten bestehen

6 Erkenntnisse/Empfehlungen

Aus den Ergebnissen der Untersuchung geht klar hervor, dass die Straßenbahnlinie 2 nur unwesentlich von einer innerstädtischen Tempo-30-Zone betroffen wäre.

In Fahrtrichtung Ottakringer Straße/Erdbrustgasse würde sich die Fahrzeit um 3,42% (01:42min) auf 51:35min und in Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz um 3,56% (01:48min) auf 52:29min verlängern.

Aus den durchschnittlichen Stehzeiten in den Haltestellen (Tab. 1), geht klar hervor, dass dort enormes Potenzial für eine Fahrzeitverkürzung vorhanden ist. Am auffälligsten ist dies in der Haltestelle Schwedenplatz, in Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz, mit einer durchschnittlichen Aufenthaltszeit von 01:12min. Problematisch ist die Situation auch in den Stationen Höchstädtplatz und Johann-Nepomuk-Berger-Patz (jeweils in beiden Richtungen). Außerdem gibt es noch lange Aufenthaltszeiten in den Stationen Kärntner Ring, Oper (00:42) und Stadiongasse/Parlament (00:48) in Fahrtrichtung Ottakringer Straße/Erdburstgasse und in den Stationen Thaliastraße/Maroltingergasse (00:42) und Josefstädter Straße (00:48) in Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz. Wäre es möglich, nur in diesen Stationen, in denen die Stehzeit über 00:40min beträgt, mittels Ampelschaltung die auf den Öffentlichen Verkehr abgestimmt ist, die Stehzeit auf 00:30min zu verringern, würde sich die Fahrzeit in Richtung Friedrich-Engels-Platz um 01:59min und in Richtung Ottakringer Straße/Erdburstgasse um 01:11min verringern.

Aus den Geschwindigkeitsprofilen gehen auch Einsparungspotenziale hervor.

In Fahrtrichtung Friedrich-Engels-Platz (Abb. 9) fällt als erstes auf, dass an der Ampel, die das Einbiegen in den Ring regelt (zwischen Rathaus und Dr.-Karl-Renner-Ring), immer angehalten werden musste. Außerdem befinden sich vor den Stationen Burgring, Kärntner Ring, Oper und Schwarzenbergplatz Ampeln, an denen die Straßenbahn meistens zum Stillstand kam. Der Geschwindigkeitsnullpunkt nach der Haltestelle Schwedenplatz resultiert aus der Querung des Franz-Josef-Kais. Außerdem befinden sich zwischen der Station Innstraße und der Endhaltestelle noch einige Ampeln die die Fahrt beeinträchtigen. Durch auf den ÖV abgestimmte Ampelschaltungen an all diesen Stellen bestünde ein beträchtliches Einsparungspotenzial.

In Fahrtrichtung Ottakringer Straße/Erdburstgasse (Abb. 10) fällt als erstes die Ampel zwischen Friedrich-Engels-Platz und Höchstädtplatz auf, welche einen beträchtlichen Zeitverlust verursacht. Die Langsamfahrstelle zwischen den Stationen Rebhanngasse und Am Tabor (in beiden Richtungen) ergab sich aufgrund einer Baustelle in dem Bereich. Es fallen wieder Ampeln entlang des Rings auf, die die Straßenbahn einbremsen - insbesondere eine Ampel vor der Station Stubentor und eine vor der Station Schwarzenbergplatz. Die langsamen Geschwindigkeiten zwischen den Haltestellen Dr.-Karl-Renner-Ring und Stadiongasse/Parlament und den Haltestellen Blindengasse/Josefstädter Straße resultieren vermutlich aus den geringen Stationsabständen. Im Bereich Lederergasse kam es aufgrund des MIV immer wieder zum Stillstand der Straßenbahn. Vor der Endhaltestelle befindet sich auch noch eine Ampel bei der oft gehalten werden musste.

Es bestünde also reichlich Potenzial für eine Beschleunigung der Straßenbahnlinie 2.

Literaturverzeichnis

- [1] Verkehrssicherheitsprogramm Wien (2005)
- [2] Stroh, A. (2015) Untersuchung des Geschwindigkeitsprofils von Bussen und Straßenbahnen in Wien, Bachelorarbeit am Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, TU Wien

Anhang

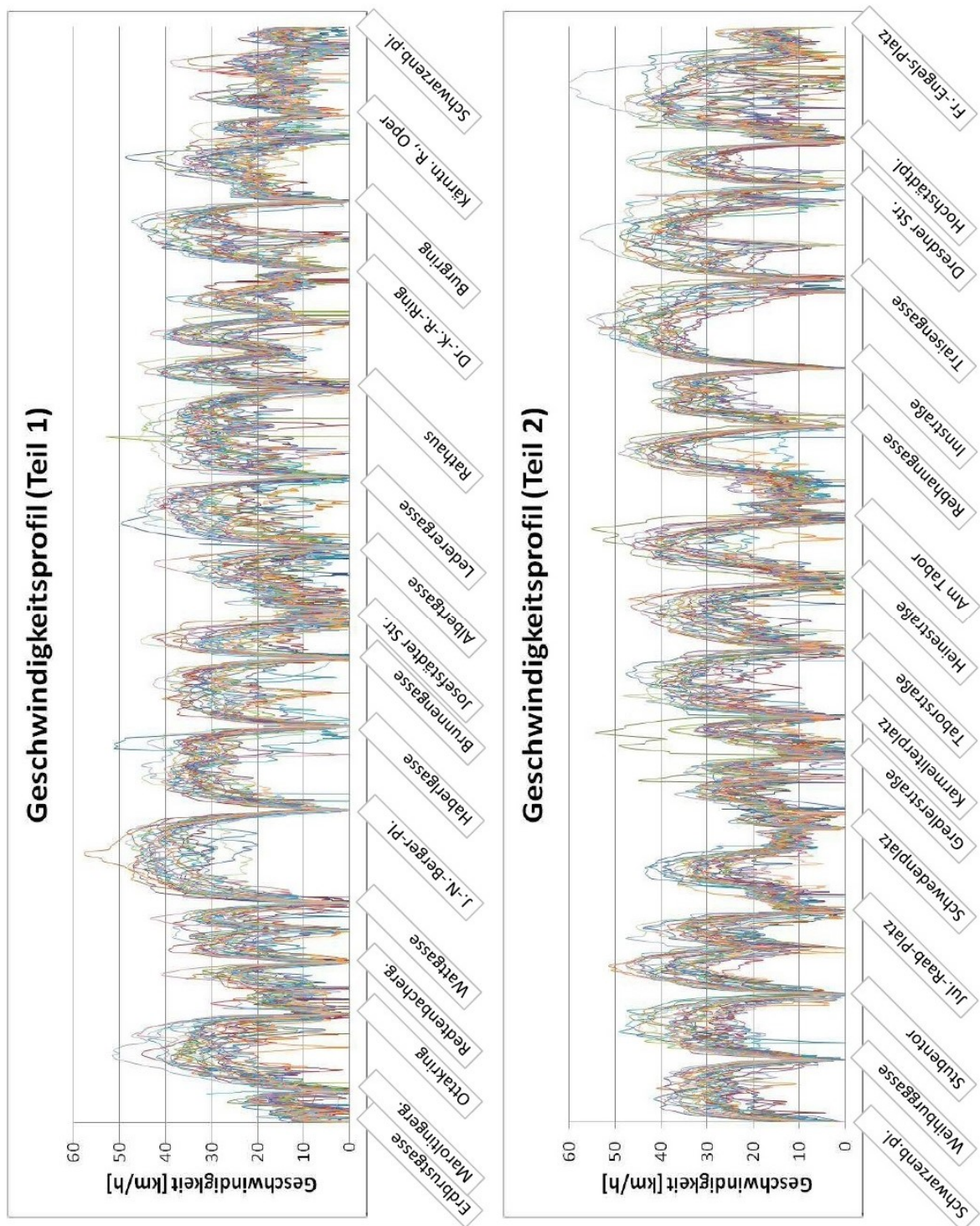


Abb. 11: Geschwindigkeitsprofil für alle Fahrten in Richtung Friedrich-Engels-Platz

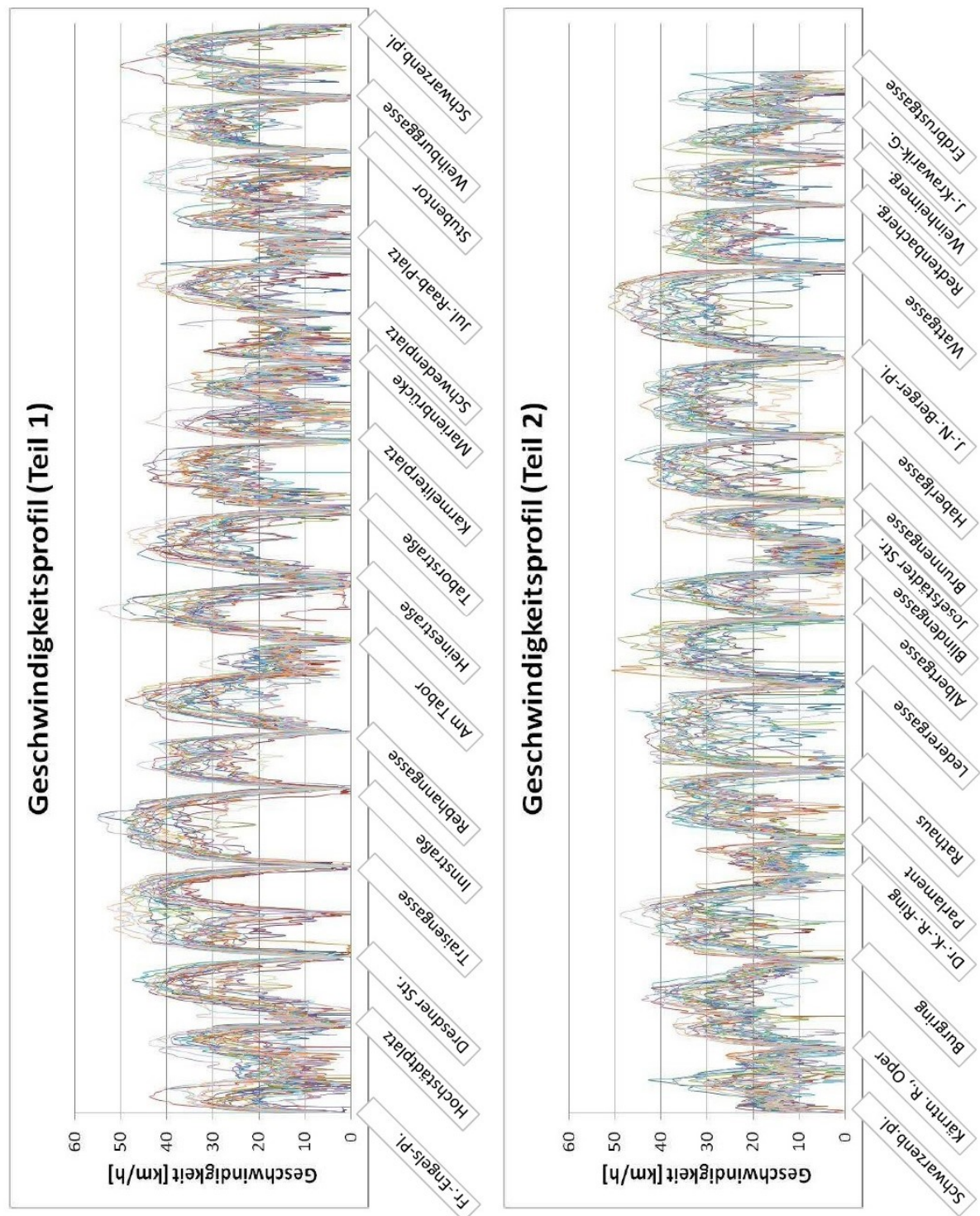


Abb. 12: Geschwindigkeitsprofil für alle Fahrten in Richtung Ottakringer Straße/Erdburggasse