



Mobilitätsanalyse in der Stadt Mühldorf am Inn

Abschlusspräsentation - 05.04.2023

Agenda

1. Rückblick
2. Vergleich Linienverkehr & On-Demand
 - Methodik
 - Ergebnisse
3. Fazit und Ausblick

Rückblick

Mobilitätsanalyse in der Stadt Mühldorf am Inn – unser Vorgehen:



1. Mobilitätssimulation

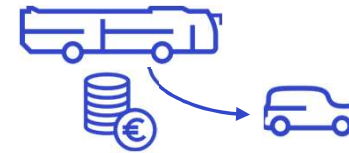
Wo bestehen
Mobilitätswünsche der
Bevölkerung?



2. Analyse des bestehenden Verkehrsangebots

Wie sieht der Status-Quo von
Einwohnerstruktur und ÖV-
Angebot aus?

Zwischenpräsentation

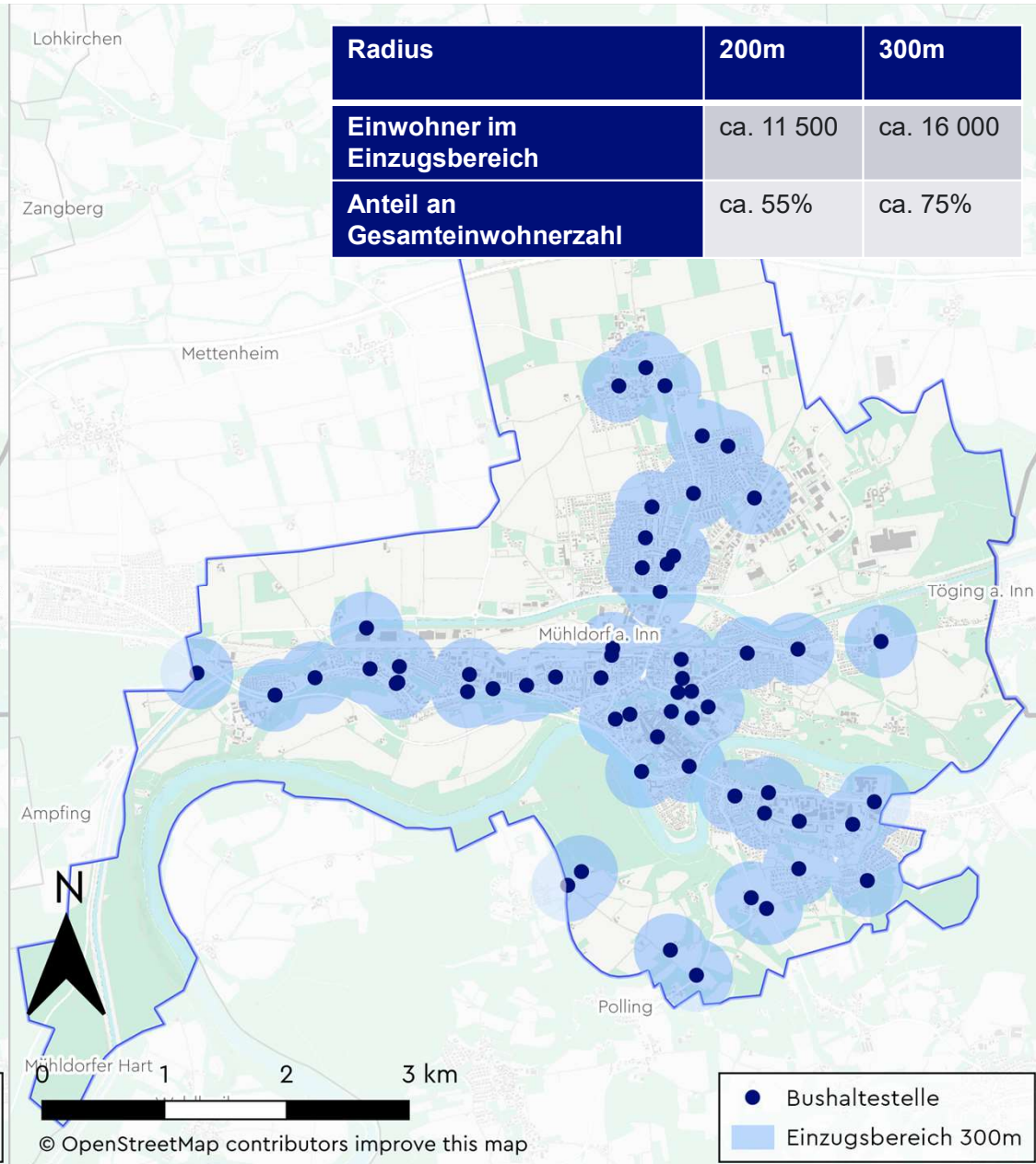
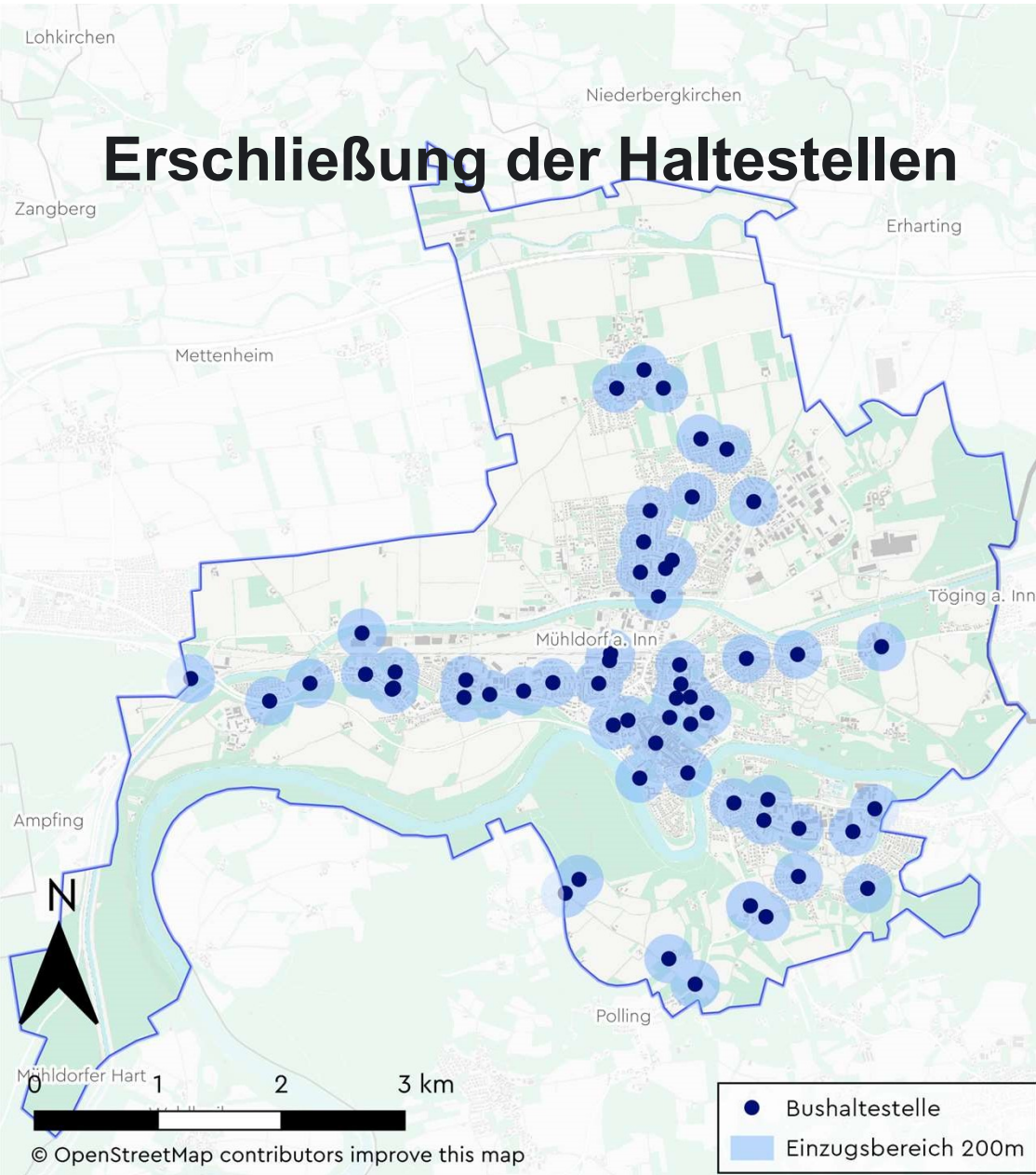


3. Vergleich Ersatz Stadtbus durch On- Demand

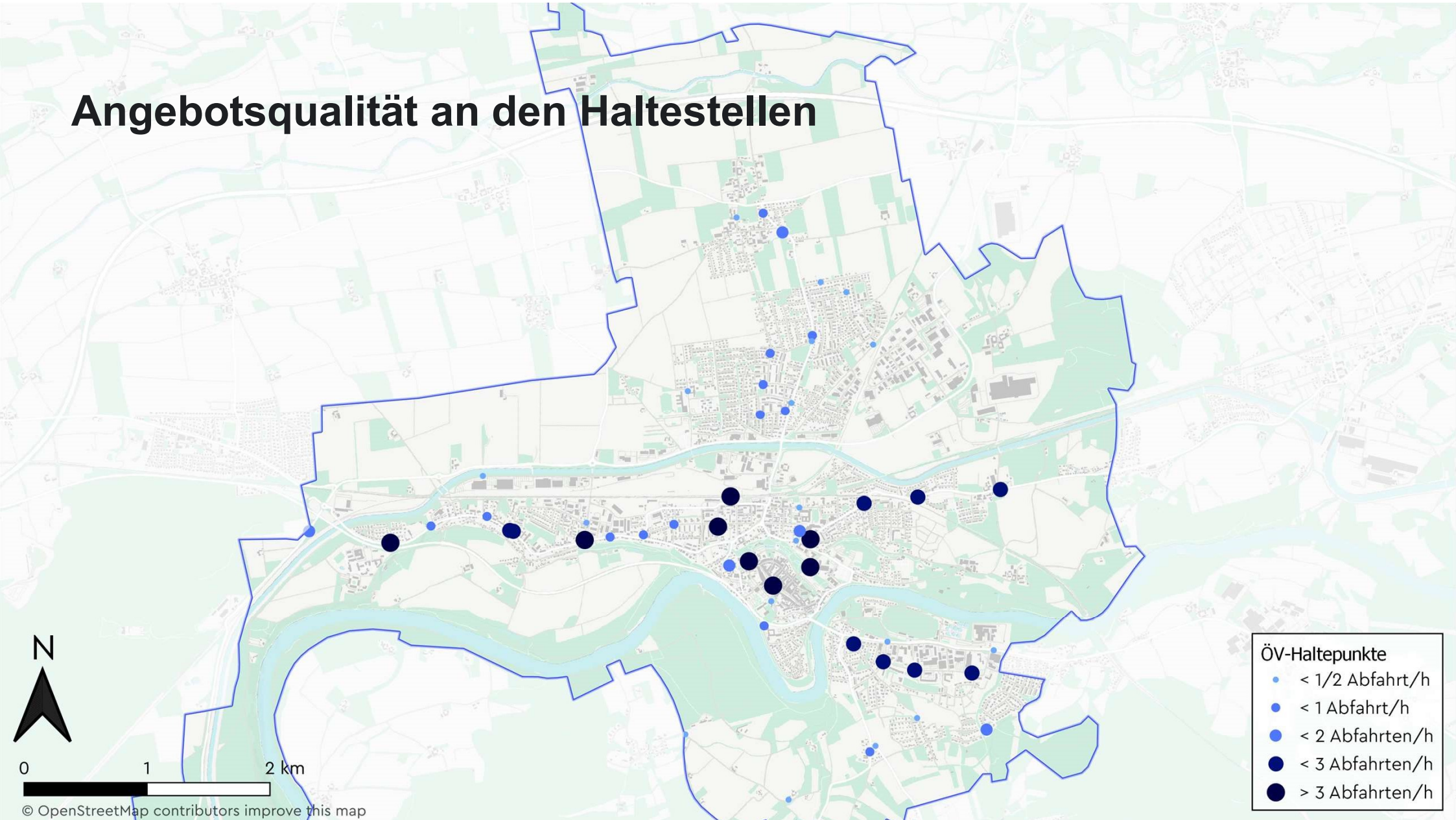
Welche Kosten und Qualität
sind bei einem Betrieb durch
On-Demand zu erwarten?

Abschlusspräsentation

Erschließung der Haltestellen



Angebotsqualität an den Haltestellen



- ÖV-Haltepunkte
- < 1/2 Abfahrt/h
 - < 1 Abfahrt/h
 - < 2 Abfahrten/h
 - < 3 Abfahrten/h
 - > 3 Abfahrten/h

Mobilitätsanalyse in der Stadt Mühldorf am Inn – unser Vorgehen:



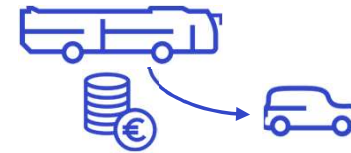
1. Mobilitätssimulation

Wo bestehen
Mobilitätswünsche der
Bevölkerung?



2. Analyse des bestehenden Verkehrsangebots

Wie sieht der Status-Quo von
Einwohnerstruktur und ÖV-
Angebot aus?



3. Vergleich Ersatz Stadtbus durch On- Demand

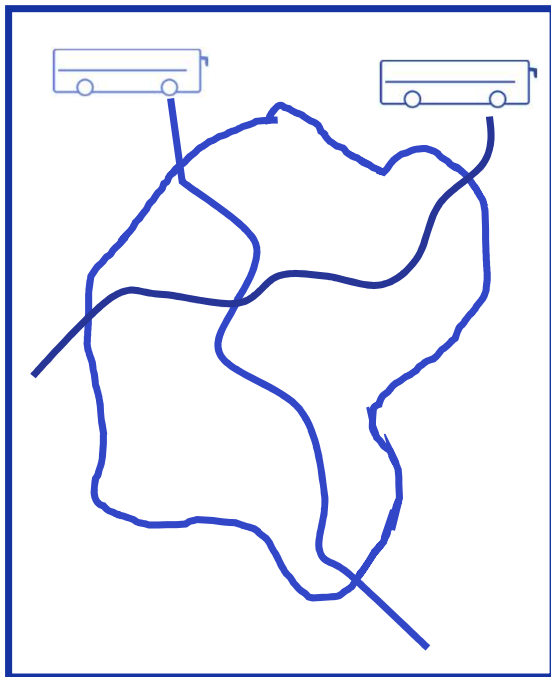
Welche Kosten und Qualität
sind bei einem Betrieb durch
On-Demand zu erwarten?

Zwischenpräsentation

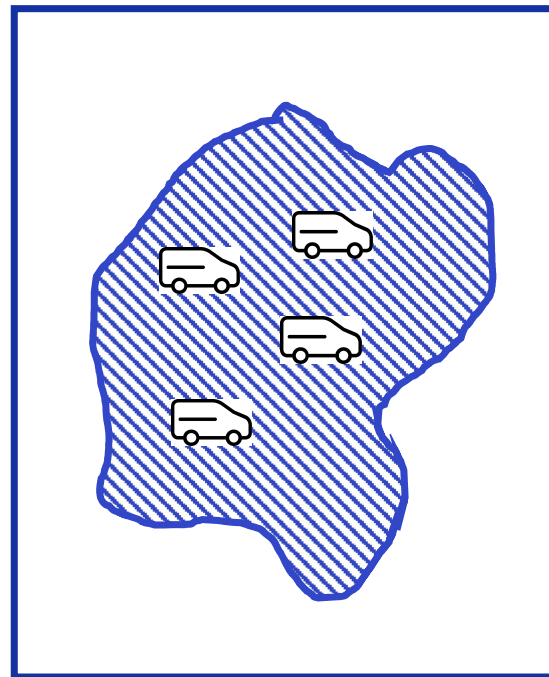
Abschlusspräsentation

Vergleich Linienverkehr & On-Demand Methodik

Sowohl der Linien- als auch der On-Demand Verkehr haben Vor- und Nachteile – datengetriebene Bewertung notwendig



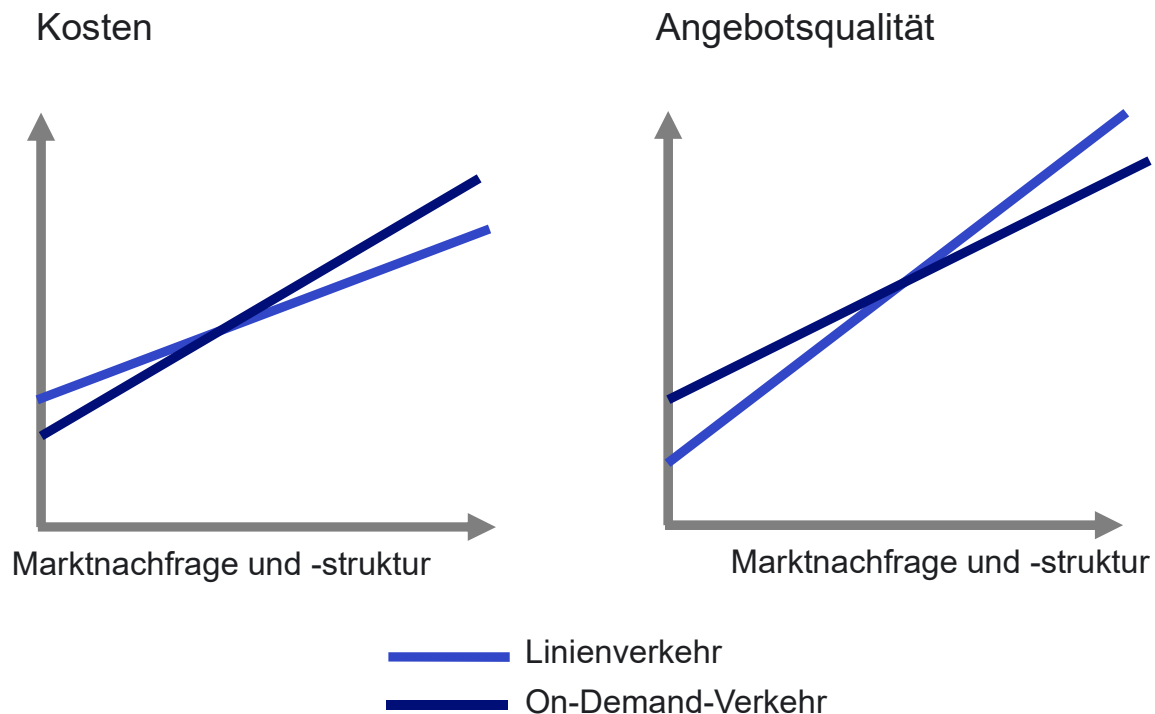
Linienverkehr



On-Demand Verkehr

- Grundlegende Unterschiede zwischen Linien- und On-Demand-Verkehren:
 - Fahrplangebunden vs. Flexibilität
 - Bündelung über Fahrplan vs. Algorithmus
 - Kosten und Kapazitäten
- Vor- und Nachteile von Linien- und Flächenverkehren werden heute stark emotional diskutiert.
- Bisher gibt es keine auf Zahlen und Fakten basierende Grundlage für die Optimierung der ÖPNV-Angebote durch On-Demand Verkehre.

Struktur des Verkehrsmarkts ist entscheidend für die effizienteste Bedienform hinsichtlich Kosten & Qualität



- Hypothese: Weder Linien- noch Flächenverkehre sind grundsätzlich “besser” – die Vorteile hängen stark von den lokalen Gegebenheiten ab.
- Durch ihre Massenleistungsfähigkeit sind Busverkehre eine effiziente Bedienform bei hoher Nachfrage. Bei geringer Nachfrage spielen On-Demand-Verkehre ihre Vorteile der räumlichen und zeitlichen Flexibilität aus.
- Über moderne Simulationsmethoden können die Systeme gegenübergestellt und das passende Angebotskonzept für Ihre Stadt ermittelt werden.

Ein hochdetailliertes Abbild der Verkehrsnachfrage im Status Quo ist notwendig, um passgenau zu planen



ioki Mobilitätssimulation

Eingangsdaten

- Soziodemografische und geografische Daten (z.B. Bebauungsdaten)
- Wegetagebücher aus Haushaltsbefragungen (MiD)
- Personenströme aus Mobilfunkdaten

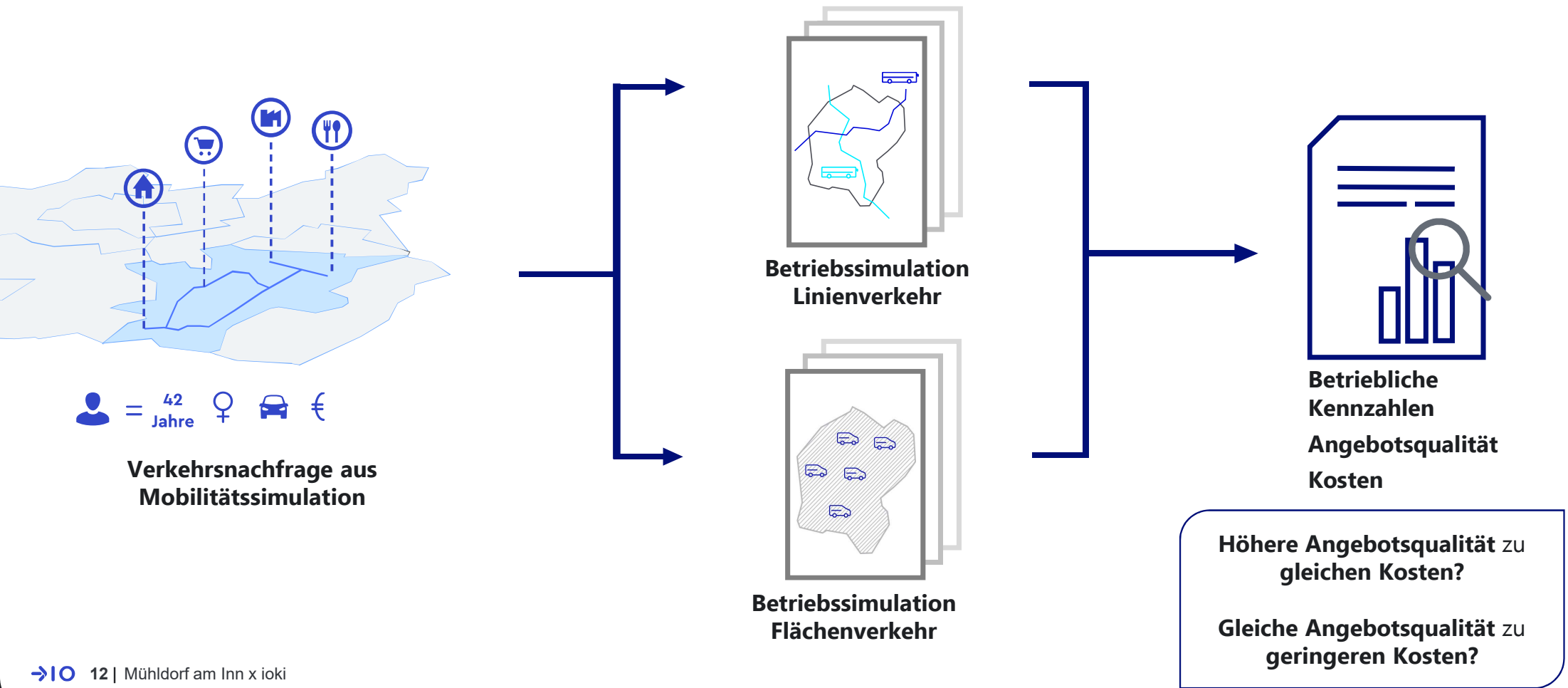
Verfahren

- Modellierte Personen mit soziodemografischen Merkmalen erzeugen
- Wohnorte gebäudescharf zuweisen
- Mobilitätsverhalten zuordnen (Wegekettens, -häufigkeit, -länge, Abfahrtszeiten, Verkehrsmittel)
- Start- und Zielorte von Fahrten koordinatenscharf bestimmen

Ergebnis

- Hochdetailliertes, mikroskopisches Abbild der Verkehrsnachfrage
- Bewertungsgrundlage für die Identifikation von Schwachstellen im ÖPNV sowie die Planung von On-Demand Angeboten

Kosten und Nutzen der verschiedenen Systeme werden auf Basis der gleichen Nachfrage ermittelt und verglichen




Für den Vergleich wurde dieses Bediengebiet...



- Stadtgrenze
- Bediengebiet

... sowie die vier Stadtbuslinien berücksichtigt

Innenstadt/Bahnhof:
Alle Linien verkehren in diesem Gebiet



Linie 1
Möbling - Gabelsbergerstr. - Bahnhof - Stadtplatz

Linie 2
Altmühldorf - Globus - Bahnhof - Krankenhaus - Stadtplatz

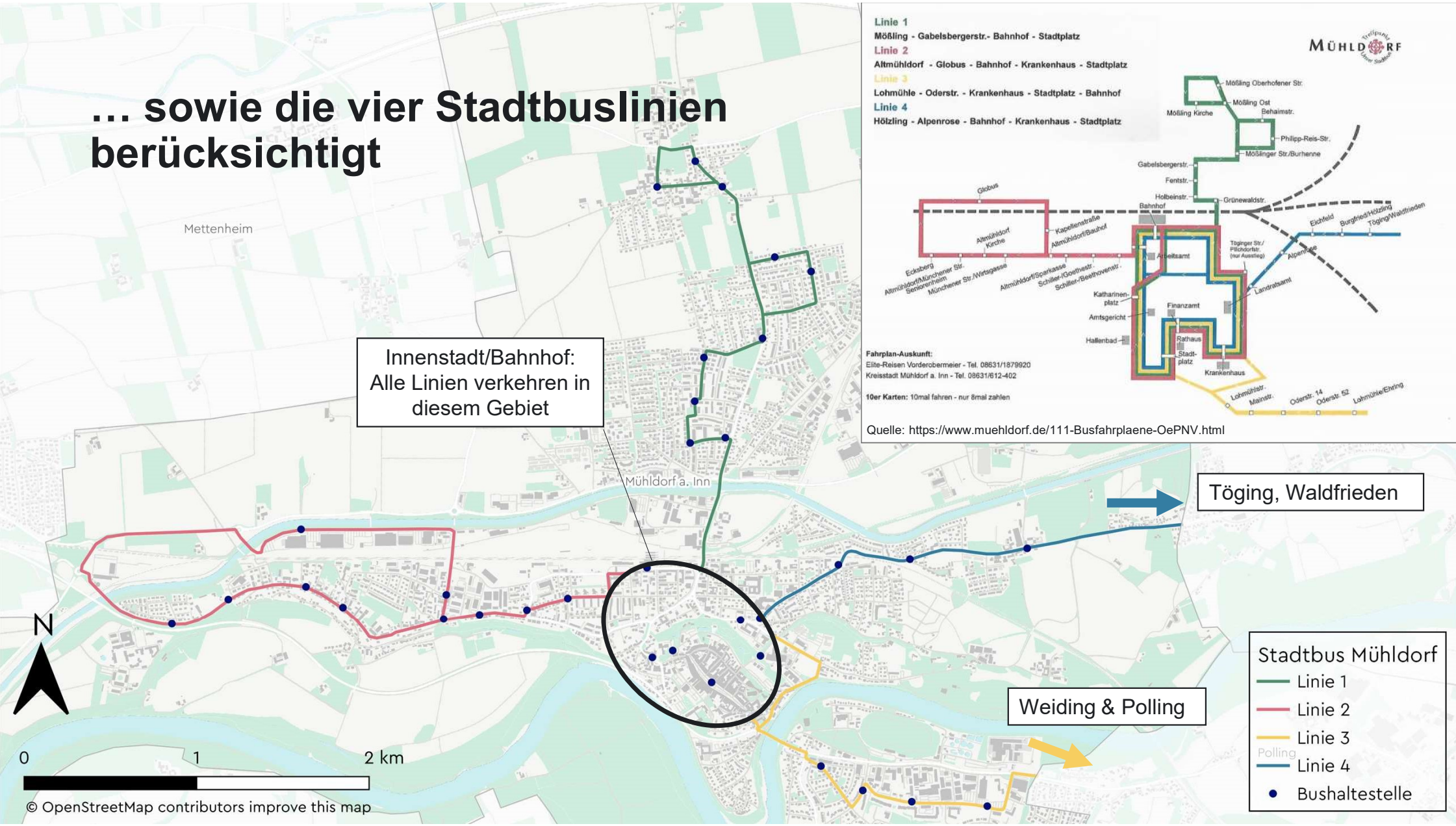
Linie 3
Lohmühle - Oderstr. - Krankenhaus - Stadtplatz - Bahnhof

Linie 4
Hözlzing - Alpenrose - Bahnhof - Krankenhaus - Stadtplatz

Fahrplan-Auskunft:
Elite-Reisen Vorderobermeier - Tel. 08631/1879920
Kreisstadt Mühl Dorf a. Inn - Tel. 08631/612-402

10er Karten: 10mal fahren - nur 8mal zahlen

Quelle: <https://www.muehldorf.de/111-Busfahrplaene-OePNV.html>



Töging, Waldfrieden

Weiding & Polling

- Stadtbus Mühl Dorf**
- Linie 1
 - Linie 2
 - Linie 3
 - Linie 4
 - Bushaltestelle

Die Systeme unterscheiden sich primär in der veränderten Möglichkeit die Verkehrsnachfrage zu bedienen

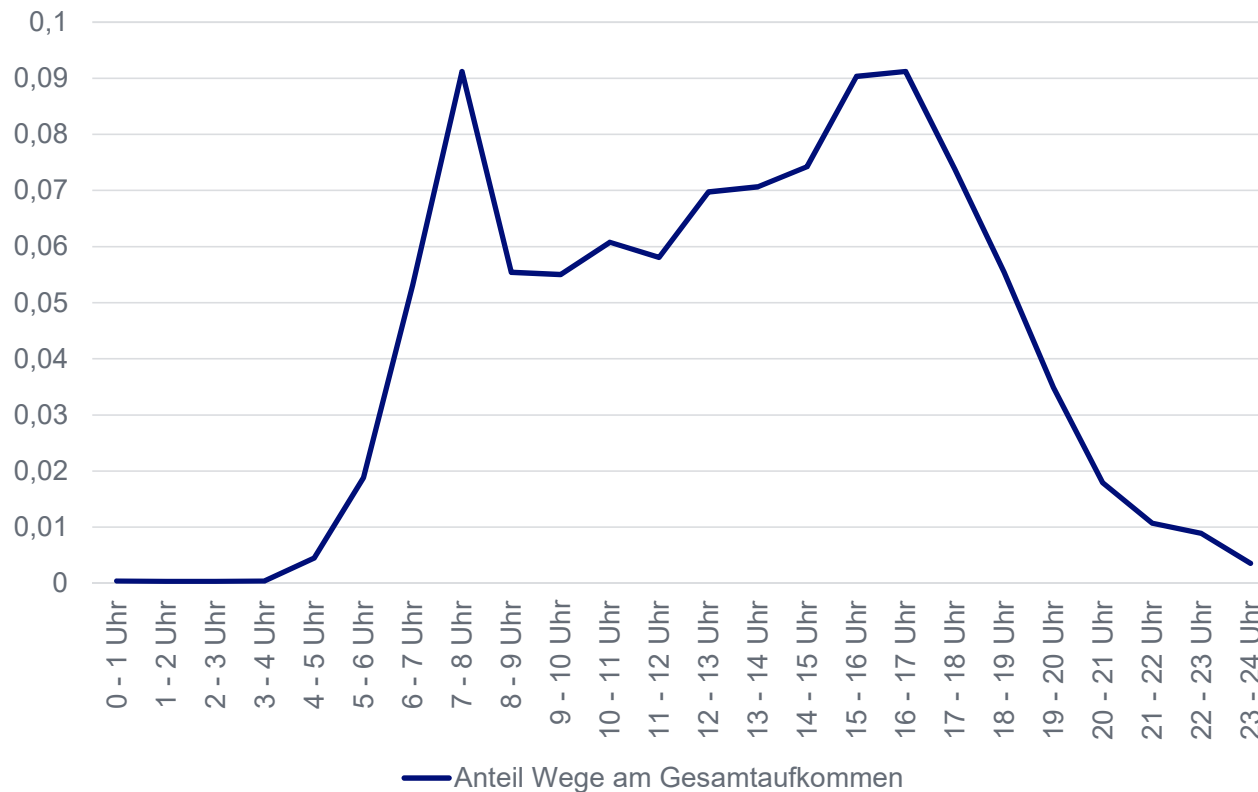
	Linienverkehr	Flächenverkehr
Verkehrsnachfrage	Identische Haustür-Haustür Wege mit unterschiedlichen Volumina	
Haltestellenanzahl	34 (4 Buslinien)	34 (existent) / 161 (virtuell)
Haltestellenauswahl	Beste Haltestelle im Fußwegradius von 300m um Start- / Zielort	
Bündelung der Nachfrage	Ja – über Fahrplan bzw. Algorithmus	
Fahrzeuganzahl	3 Fahrzeuge (+1 Ersatz)*	Je nach Zeitscheibe und gewünschter Kundenqualität 1-6 Fahrzeuge
Fahrzeugkapazität	28	7
Reihenfolge der Haltestellen	Fix durch Fahrplan	Flexibel

*Quelle: Stadtbus Mühldorf a. Inn- Ergänzungsdokument zur Vorabkennzeichnung:
„Direktvergabe von Personenverkehrsdiensten im Linienverkehr mit Kraftomnibussen
(Stadtbusverkehr) in der Kreisstadt Mühldorf a. Inn“
Abschnitt 2.2: „Ausstattung der Stadtbusse“

Vergleich Linienverkehr & On-Demand Ergebnisse

Die tägliche Verkehrsnachfrage Mühdorfs zeigt einen typischen Tagesverlauf

Anteil Wege am Gesamtaufkommen



Die Basis der Untersuchung stellt die Verkehrssimulation dar, welche sämtliche werktäglichen Haustür-Haustür Wege enthält.

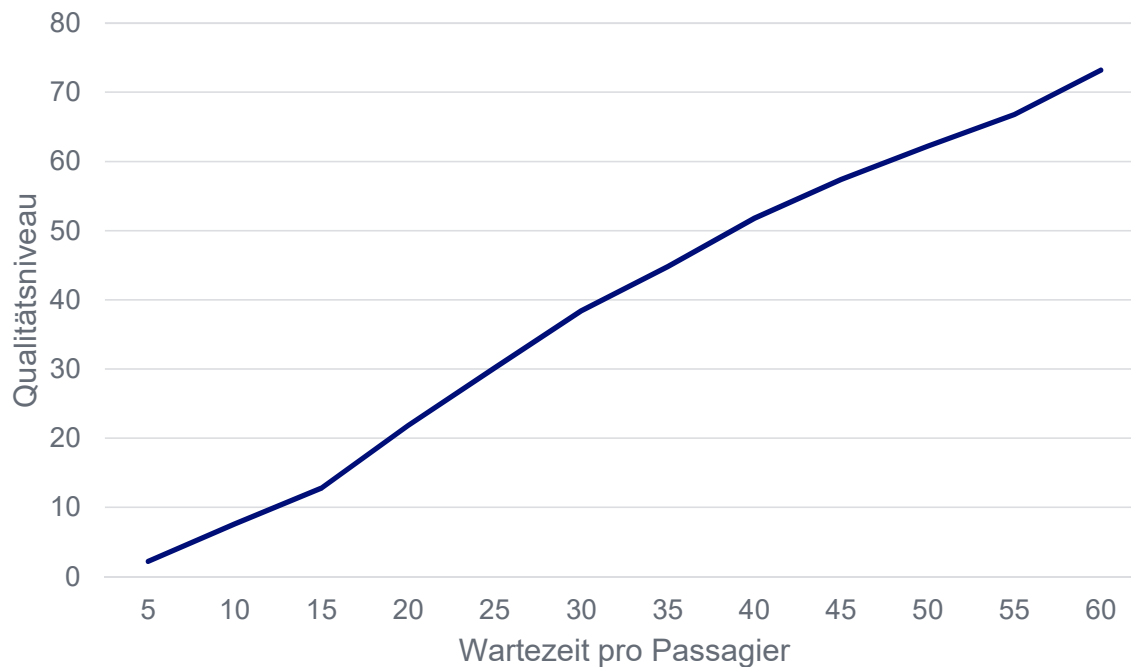
Für die anschließende Analyse wurden ausgeschlossen:

- Fuß- und Radwege
- Wege unter 500m

Ein- und auspendelnde Wege werden - wenn verkehrlich sinnvoll - zum / vom Bahnhof Mühdorf am Inn geführt.

Das Stadtbusnetz bietet je nach akzeptierter Wartezeit ein unterschiedliches Qualitätsniveau

Anteil der erfüllten Kundenwünsche im Bus nach Wartezeit



Erläuterung:

- Für jeden betrachteten Weg wird das beste Busangebot innerhalb definierter Parameter gesucht:
 - Innerhalb eines Radius von 300 m wird die beste Haltestelle ausgewählt
 - Innerhalb der maximalen Kundenwartezeit wird nach Busabfahrten an den gefundenen Haltestellen gesucht
- Für rund 25% der Wege steht kein Busangebot innerhalb von 300 m Fußwegdistanz zur Verfügung
- *Lesebeispiel: 20% der Mobilitätswünsche können mit dem geplanten Bussystem innerhalb der nächsten 20 min bedient werden*

Szenarien: Gleiche Kosten - veränderte Qualität vs. Gleiche Qualität zu niedrigeren Kosten

	Qualitätsvergleich bei gleichen Kosten	Kostenvergleich bei gleicher Qualität
Fix	Anzahl Fahrzeuge/Betriebskosten (Anzahl Fahrzeuge/Betriebskosten des Flächenverkehr entsprechend heutigem Bus-Angebot)	Heutige Qualität (Qualität des Flächenverkehrs entspricht jenem des heutigen Bus-Angebotes)
Variabel	Wartezeiten der Kunden Servicequalität	Wartezeiten der Kunden Anzahl Fahrzeuge

Für den Systemvergleich wurden zwei Nachfrageszenarien betrachtet

- **Basis-Nachfrage-Szenario:**

- Ermittlung der Nachfrage auf Basis der Daten aus den Ticketverkäufen

→ 150 Fahrgäste/Tag

- **Hohes Nachfrage-Szenario:**

- “Marktanteil” des Stadtbus von knapp 1%

→ 500 Fahrgäste/Tag

Qualitätsvergleich bei gleichen Kosten nur ÖV-Haltestellen

Die Systeme unterscheiden sich hinsichtlich der konkreten Kostengrößen

Kosten Linienbus

- Personal: ~ 30 Euro/Stunde
- Laufleistungsabhängig: ~ 1 Euro/Fz-km
→ ca. 20 Euro/Std*
- Fahrzeugkosten: ~ 18.000 Euro/Fz-Jahr
→ ca. 3,75 Euro/Std**

Kosten On-Demand

- Personal: ~ 23 Euro/Stunde
- Laufleistungsabhängig: ~ 0,16 Euro/Fz-km
→ ca. 4 Euro/Std*
- Fahrzeugkosten: ~ 12.000 Euro/Fz-Jahr
→ ca. 2,25 Euro/Std***

* Annahme: 20km/Std

** Annahme: 15 Std/Tag; 320 Tage/Jahr

*** Annahme: 15 Std/Tag; 30 Tage/Monat

Die Kosten des Stadtbus werden auf etwa 495.600 € pro Jahr geschätzt

- Tägliche Laufleistungen der Stadtbuslinien (geschätzt):

Linie	1	2	3*	4*	Summe
Laufleistung [km/Tag]	120	80	95	95	390

- Fahrzeuganzahl im Regelbetrieb: 3
- Betriebsstunden**: ca. 33 h/Werktag
- Hochrechnungsfaktor: 320 Tage/Jahr

Kostensätze	
Personal	30 €/Stunde
Laufleistungsabhängig	1 €/km
Fahrzeugkosten	18.000 €/Jahr

- Geschätzte jährliche Kosten: $3 * 18.000€ + 320 * 33 * 30€ + 320 * 390 * 1€ = \underline{\underline{495.600€}}$

*: Nur Anteil der Linien innerhalb der Stadtgrenzen

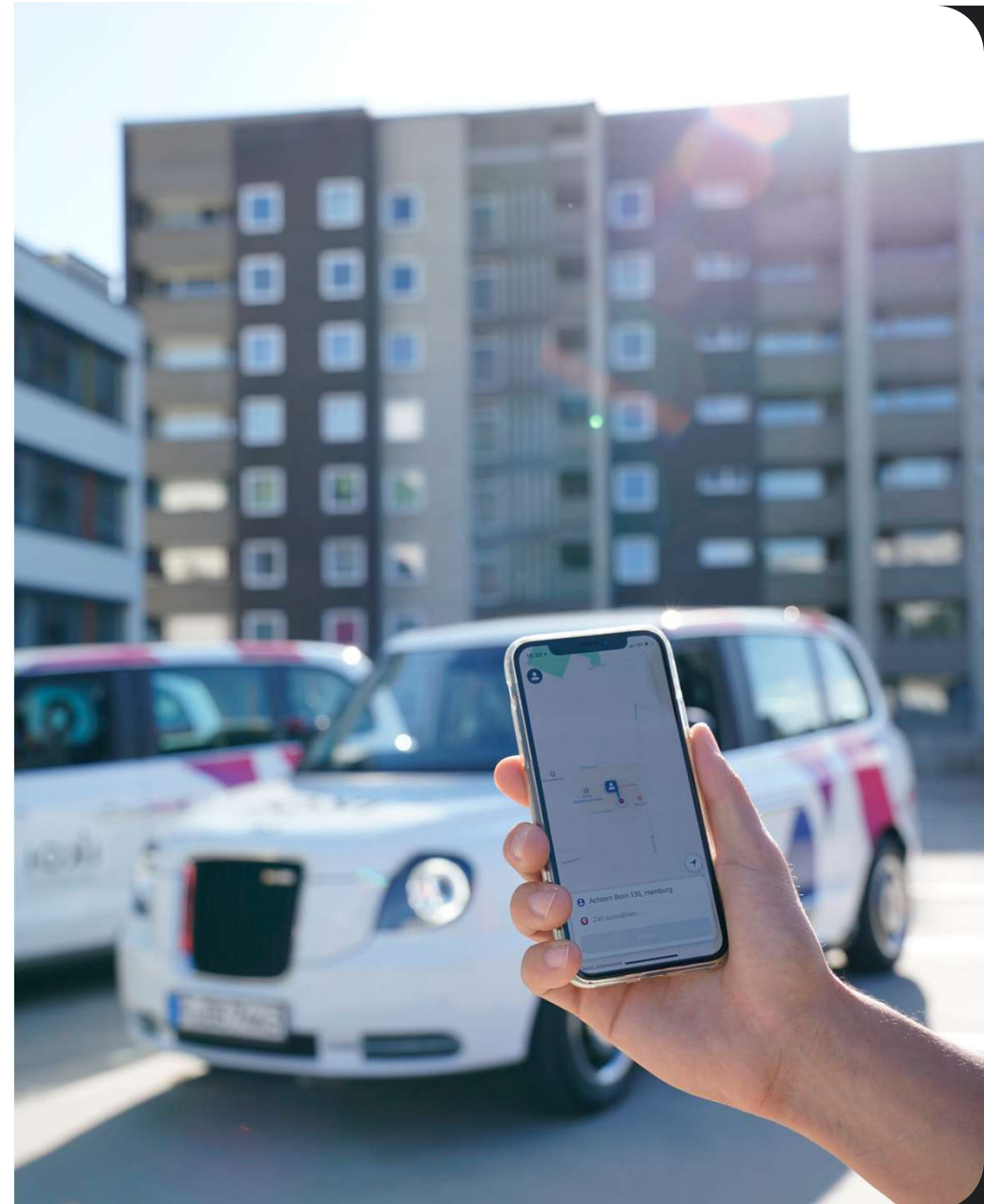
** : Geschätzt aus Fahrplan unter Berücksichtigung eingesetzter Fahrzeug

-> Annahme: Linie 1 & 2 werden von einem Fahrzeug gefahren

Grobschätzung,
Kosten sind regional
zu verifizieren

Folgende Kostensätze werden für die weiteren Auswertungen angenommen

- Fahrzeuge Pkw
 - Leasingkosten: 1.000 € / Monat (Diesel)
2.000 € / Monat (E-Fahrzeug)
 - Kraftstoffkosten: 0,16 € / Kilometer bzw.
2,00 € / Liter
 - Keine Reserve-Flotte
- Kosten Fahrerstunde: 23,00 €
- Disposition: 80.000 €
- Flottenmanagement: 20.000 €
- Kundendienst: 3,00 € / Anruf
(1% der gesamten Fahrgäste)
- Plattform 6.600 € / Fahrzeug / Jahr



Unter diesen Kostensätzen ergeben sich jährliche Kosten von etwa 530.000 € für einen Betrieb mit 3 DRT Fahrzeugen

Kostenpunkt	3 DRT Fahrzeuge
Fahrergehälter ^{1 2}	317.400
Fahrzeug- / Leasingkosten ²	36.000
Kraftstoffkosten ²	17.336
Plattformkosten ³	50.590
Flottenmanagement ²	20.000
Weitere flottenbasierte Kosten ²	5.250
Kundendienst ²	1.106
Disposition ²	80.000
Kostensumme [€]	527.683

¹ geschätzte Kosten, teilweise vom Kunden anzupassen

² Kosten bei gleichbleibendem Fahrzeugeinsatz über den ganzen Tag

→ **Kostenpunkt in der Praxis niedriger, da Fahrzeugganglinie im Tagesverlauf infolge von Nachfrageschwankung variiert**

³ geschätzte Kosten, inkl. einmaliger Einrichtungsgebühr

geschätzte Kosten,
vom Kunden
anzupassen

Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

Vergleich der Angebotsqualität von Bus und On-Demand Verkehr bei vergleichbaren Kosten

		Bus	On-Demand-Angebot		
			Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Prämissen	Anzahl Fahrgäste pro Tag	150 Fahrgäste	150 Fahrgäste	150 Fahrgäste	150 Fahrgäste
	maximale Kundenwartezeit	60 min	60 min	60 min	60 min
Kosten	Anzahl Fahrzeuge	3	3	3	2
	Betriebsstunden / Fahrerstunden	33 h	42 h	34 h	28 h
	Mittlere Kundenwartezeit	30 min	3 min	3 min	4 min
	Anteil bedienter Anfragen	70%	75%	75%	75%
	Mittlere Fahrzeit (ohne Wartezeit)	4 min	4 min	4 min	4 min
			<i>ca. gleiche Kosten</i>		<i>geringere Kosten</i>

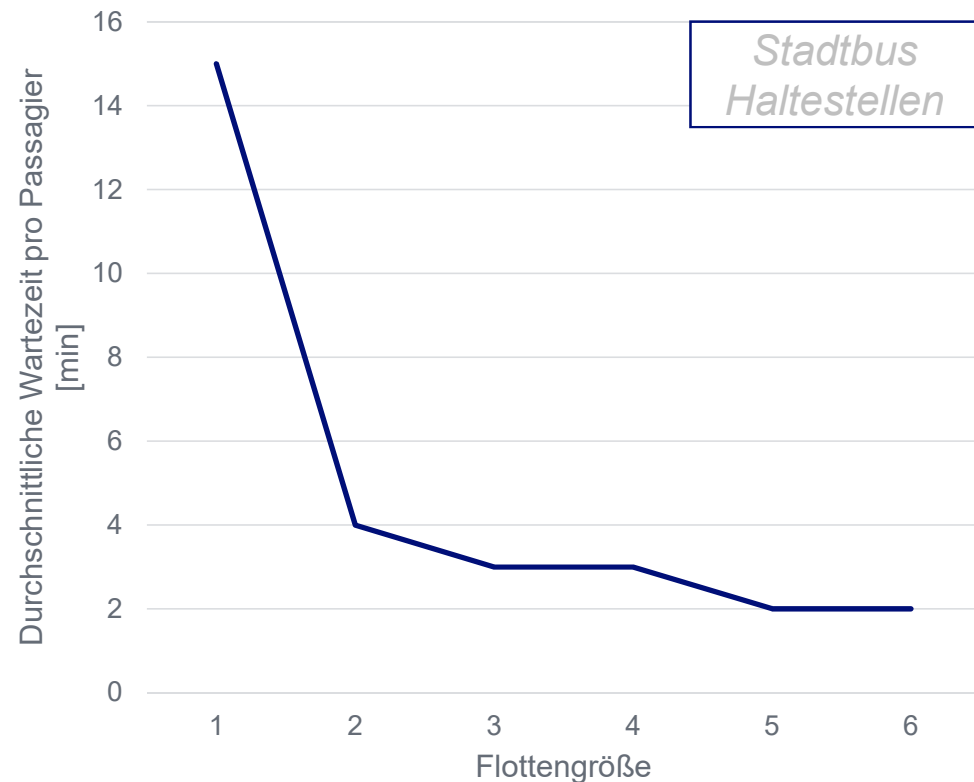
→ Der Einsatz von 3 Fahrzeugen bei einer Nachfrage von 150 Fahrgästen/Tag ist nicht notwendig

Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

Kostenvergleich bei gleicher Qualität nur ÖV-Haltestellen

Mit zunehmender Flottengröße nehmen die Wartezeiten deutlich ab

- Durchschnittliche Wartezeit Stadtbus:
30 Minuten
 - Servicequalität Stadtbus:
70%
 - Servicequalität On Demand:
75% (unabhängig von Flottengröße)
- Im Basis-Nachfrage-Szenario lässt sich theoretisch bereits mit **einem Fahrzeug** ein **qualitativ gleichwertiger** Ersatz für den Stadtbus schaffen



Stadtbus
Haltestellen

Problem: Sehr instabiler Betrieb bei nur einem Fahrzeug!

Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

Ein On-Demand System mit nur einem Fahrzeug würde eine Kosteneinsparung von etwa 45% bringen

Kostenpunkt	1 DRT Fahrzeuge
Fahrergehälter ¹	105.800
Fahrzeug- / Leasingkosten ¹	12.000
Kraftstoffkosten ¹	13.205
Plattformkosten ²	37.390
Flottenmanagement ¹	20.000
Weitere flottenbasierte Kosten ¹	1.750
Kundendienst ¹	1.039
Disposition ¹	80.000
Kostensumme	271.185
Kosten Stadtbus ¹	495.600
Differenz	- 224.415

¹ geschätzte Kosten, teilweise vom Kunden anzupassen

² geschätzte Kosten, inkl. einmaliger Einrichtungsgebühr

geschätzte Kosten,
vom Kunden
anzupassen

Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

Vor- und Nachteile beim Betrieb des On-Demand Verkehrs mit bestehenden Stadtbushaltestellen

VORTEILE

- Kürzere Wartezeiten
- Barrierefreiheit an den meisten Einstiegspunkten automatisch gegeben

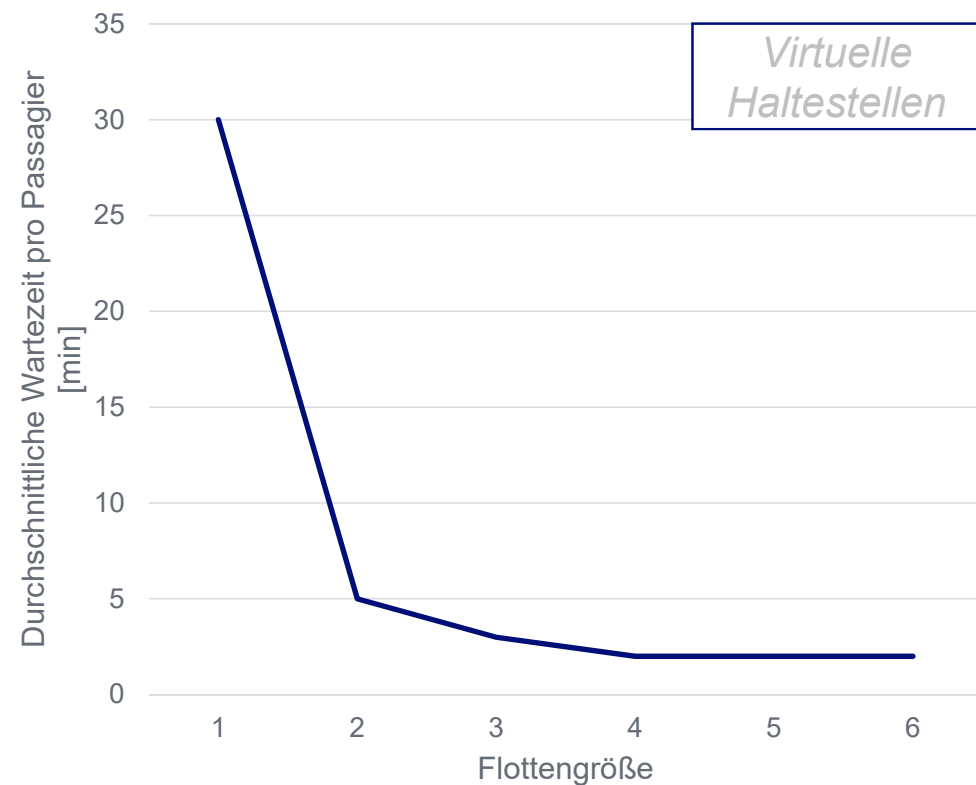
NACHTEILE

- Höhere Zu- und Abgangsweiten
- Geringere Flexibilität für Nutzer
- Geringere Servicequalität

Betrieb mit virtuellen Haltestellen

Auch beim Betrieb mit virtuellen Haltestellen nehmen die Wartezeiten mit zunehmender Flottengröße deutlich ab...

- Durchschnittliche Wartezeit Stadtbus:
30 Minuten
- Servicequalität Stadtbus:
70%
- Servicequalität On-Demand:
90% (1 Fahrzeug) bzw.
95% (2 oder mehr Fahrzeuge)



Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

... und ein Betrieb mit nur einem Fahrzeug wäre theoretisch möglich

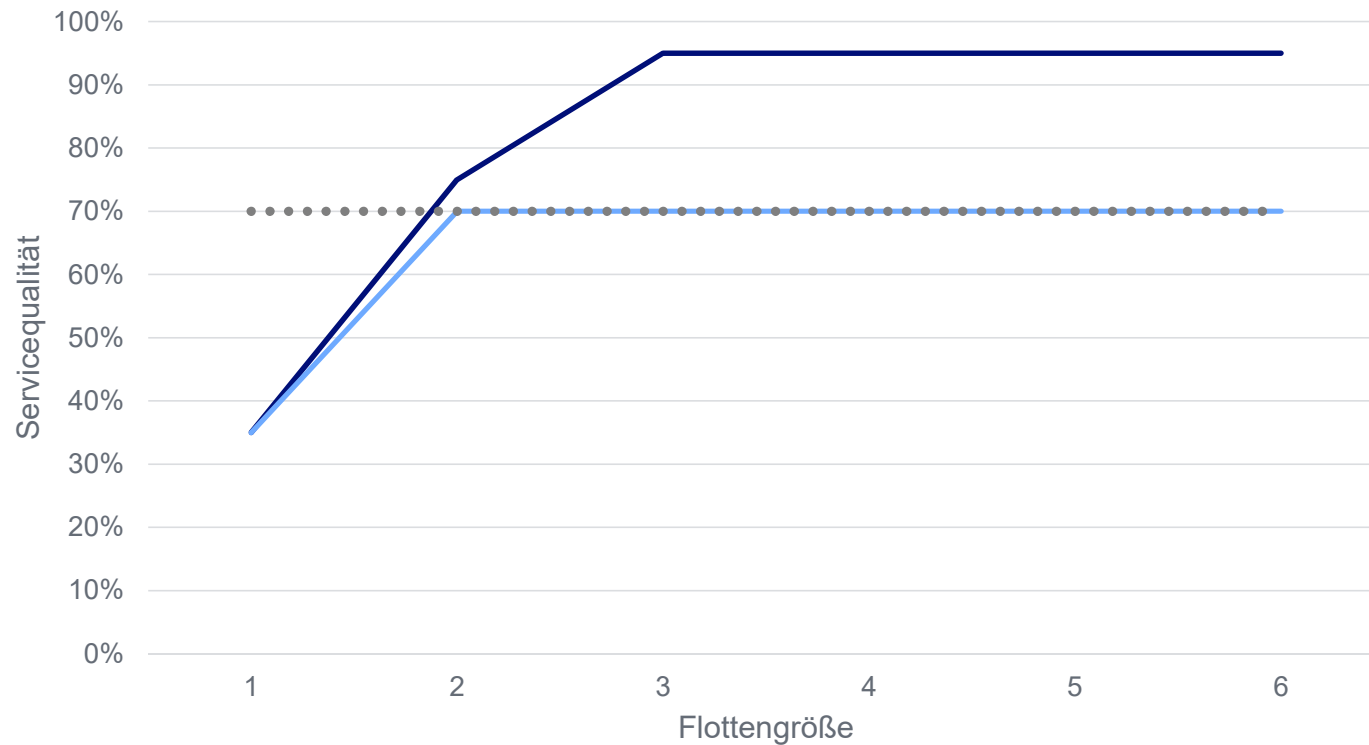
- Im Vergleich zum Betrieb mit den bestehenden Stadtbushaltestellen kann eine Servicequalität von bis zu **95%** erreicht werden - die **Servicequalität** ist ein **wesentlicher Einflussfaktor** auf die **Popularität** eines On-Demand-Verkehrs
- Im Basis-Nachfrage-Szenario kann im Betrieb mit virtuellen Haltestellen **theoretisch** bereits mit **einem Fahrzeug** und somit zu **geringeren Kosten** (ebenfalls ca -45%) ein **qualitativ gleichwertiger** Ersatz für den Stadtbushaltestellen geschaffen werden
- **Mit 2 Fahrzeugen** lässt sich allerdings eine **deutlich geringere durchschnittliche Wartezeit** sowie eine Servicequalität von **95%** erreichen – dies würde immernoch eine leichte Kosteneinsparung mit sich bringen und zudem die Stabilität des Betriebs sichern

Eingesetzte DRT Fahrzeuge	Servicequalität (Anteil bedienter Anfragen)	Mittlere Kundenwartezeit	Mittlere Fahrzeit (ohne Wartezeit)
1	90%	30 min	5 min
2	95%	5 min	5 min
3	95%	3 min	5 min
Stadtbushaltestellen	70%	30 min	4 min

Basis-Nachfrage-
Szenario:
150 Fahrgäste

Systemvergleich im Szenario mit hoher Nachfrage

Durch erhöhten Fahrzeugeinsatz kann eine Servicequalität von bis zu 95% bei virtuellen Haltestellen erreicht werden...



— DRT Virtuelle Haltestellen

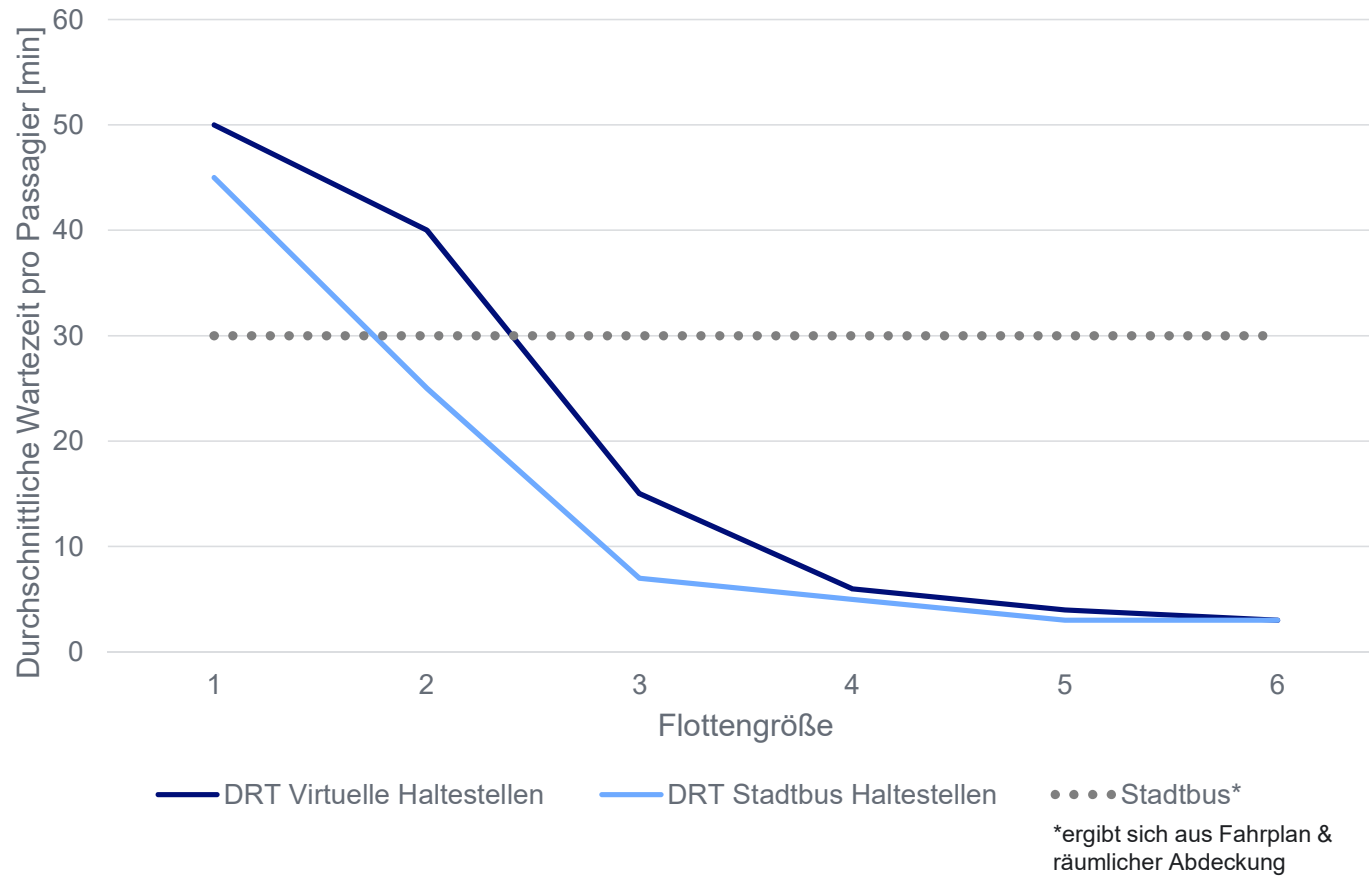
— DRT Stadtbus Haltestellen

•••• Stadtbus*

*ergibt sich aus Fahrplan & räumlicher Abdeckung

Hohes Nachfrage-
Szenario:
500 Fahrgäste

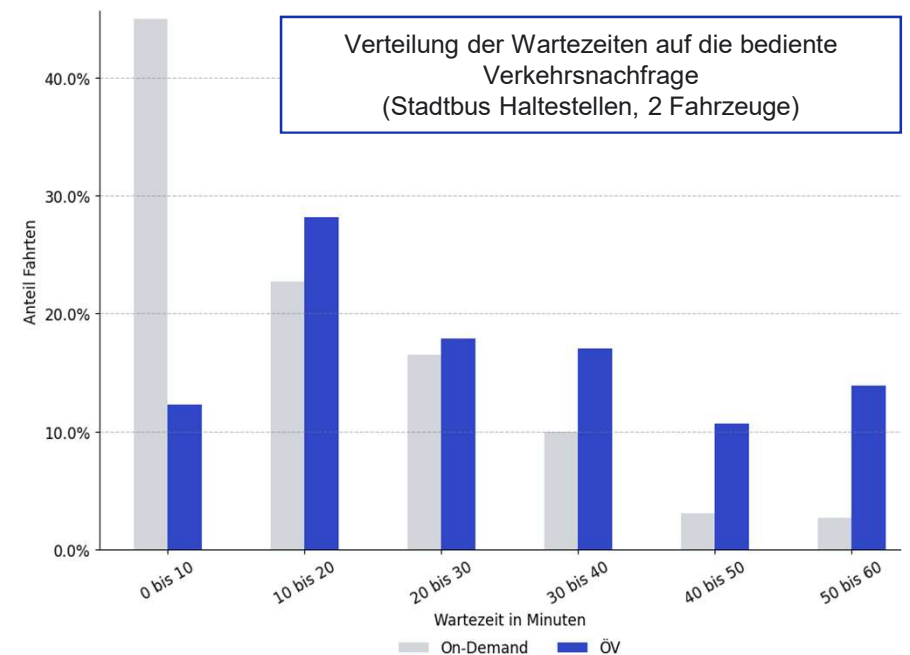
... während sich die Wartezeiten mit steigender Flottengröße deutlich reduzieren



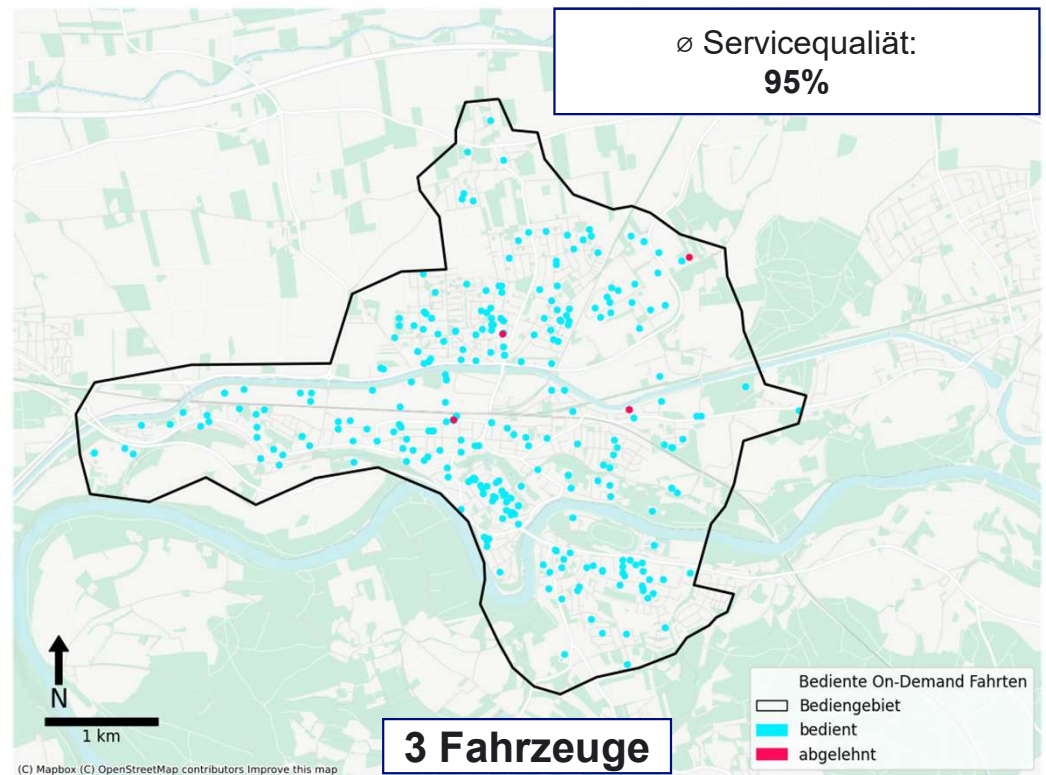
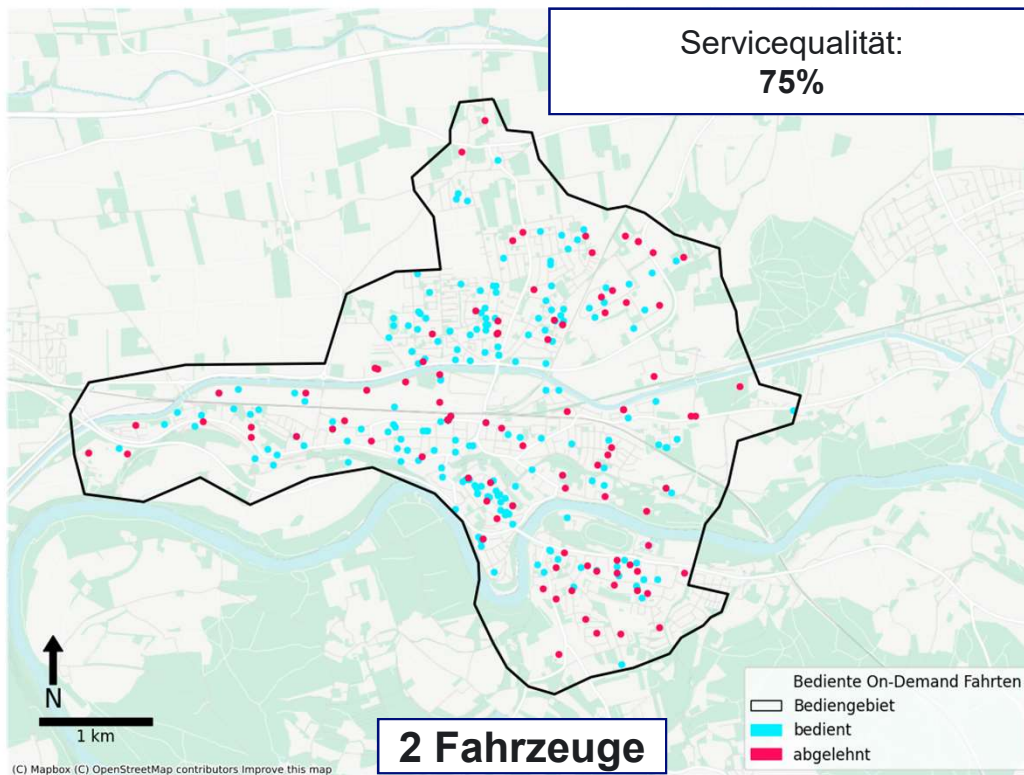
Hohes Nachfrage-
Szenario:
500 Fahrgäste

Im hohen Nachfrage-Szenario steigt die Notwendigkeit für ein drittes Fahrzeug

- Beim Betrieb mit virtuellen Haltestellen wird eine Servicequalität von **95%** sowie eine im Vergleich zum Stadtbus **niedrigere durchschnittliche Wartezeit** erst bei **3 Fahrzeugen** erreicht
- Bei der Nutzung der bestehenden Haltestellen sind **2 Fahrzeuge theoretisch** noch ausreichend, allerdings hätten in diesem Fall schon knapp **20%** der Fahrgäste Wartezeiten von mehr als **30 Minuten**
- Ein viertes Fahrzeug würde vor allem beim Betrieb mit virtuellen Haltestellen deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Wartezeiten bringen - der **Einsatz von 5 oder mehr Fahrzeugen** ist im hohen Nachfrage-Szenario aber nicht notwendig



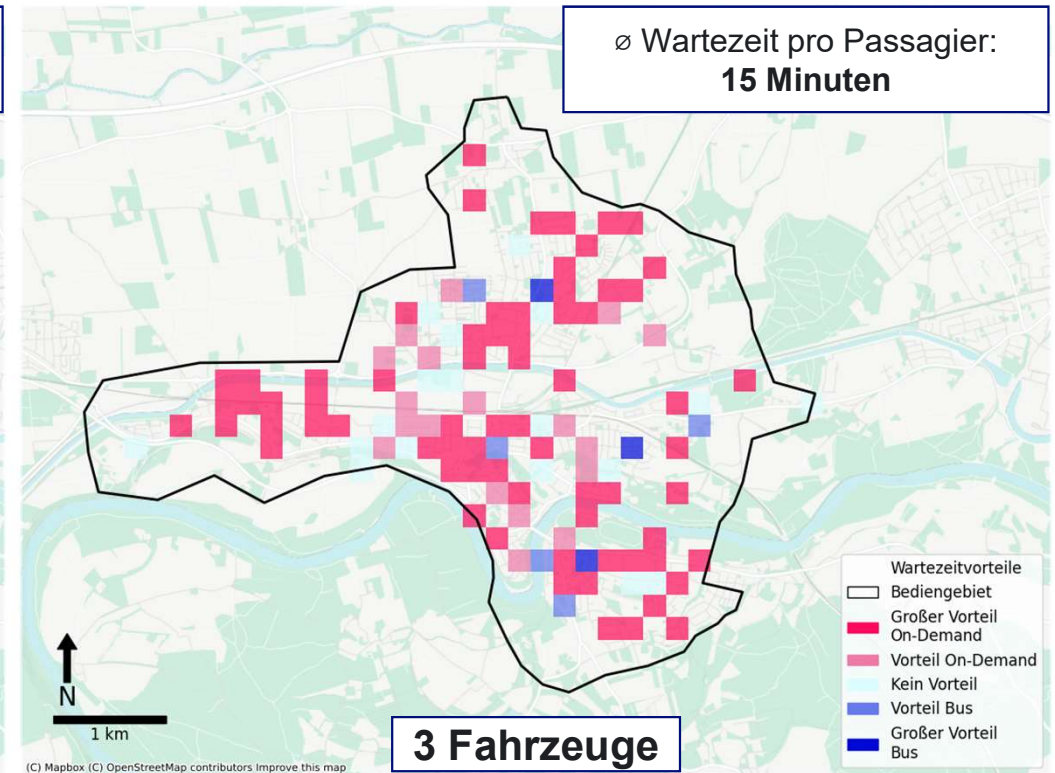
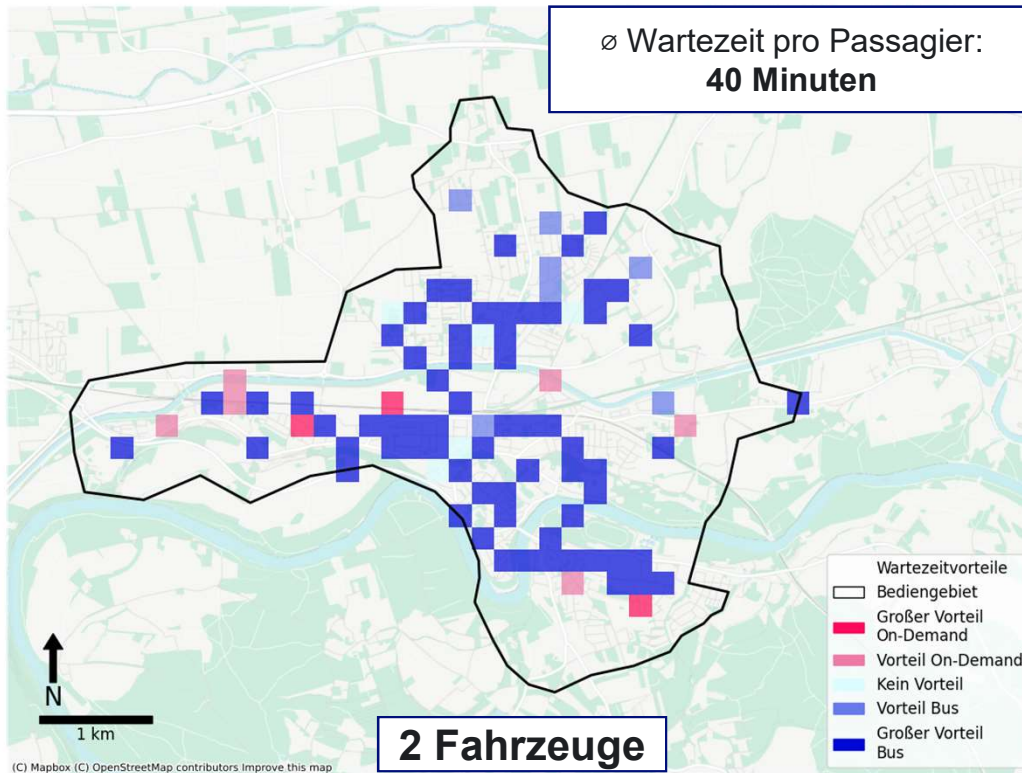
Räumliche Darstellung der bedienten und abgelehnten Fahrtanfragen (virtuelle Haltestellen)



Servicequalität Stadtbus:
70%

Hohes Nachfrage-
Szenario:
500 Fahrgäste

Räumliche Darstellung der Wartezeitvorteile (virtuelle Haltestellen)



∅ Wartezeit pro Passagier Stadtbus:
30 Minuten

Hohes Nachfrageszenario:
500 Fahrgäste

Fazit und Ausblick

Fazit



Im **Basis-Nachfrage-Szenario** zeigt sich, dass bereits mit **einem Fahrzeug** theoretisch ein dem Stadtbus **qualitativ gleichwertiges** Angebot geschaffen werden könnte, wodurch deutliche **Kosteneinsparungen** möglich wären – hierbei muss allerdings mit **mangelnder Stabilität** des Service gerechnet werden



Im **hohen Nachfrage-Szenario** wäre ein **Betrieb mit nur 1-2 Fahrzeug nicht zu empfehlen** – zudem ist unklar, ob das Basis-Nachfrage-Szenario die typische Nachfrage der Realität abbildet



Basierend auf den Ergebnissen wird daher ein **Einstieg** in den On-Demand-Betrieb mit **mindestens 2-3 Fahrzeugen** empfohlen – hierdurch würden im Vergleich zum Stadtbus immer noch **Kosten eingespart** werden



Die meisten Services weisen mit der Zeit **wachsende Nachfrage** auf, perspektivisch wird daher ein **drittes und viertes Fahrzeug notwendig** werden



Vielen Dank!

KPIs nach Flottengröße

	Stadtbus Haltestellen			Virtuelle Haltestellen		
	Servicequalität [%]	∅ Wartezeit pro Passagier [min]	∅ Reisezeit pro Passagier [min]	Servicequalität [%]	∅ Wartezeit pro Passagier [min]	∅ Reisezeit pro Passagier [min]
Bus	70	30	4	70	30	4
1 DRT	75	15	3	90	30	5
2 DRT	75	4	3	95	5	5
3 DRT	75	3	3	95	3	5
4 DRT	75	3	3	95	2	5
5 DRT	75	2	3	95	2	5
6 DRT	75	2	3	95	2	5

KPIs nach Flottengröße

	Stadtbus Haltestellen			Virtuelle Haltestellen		
	Servicequalität [%]	∅ Wartezeit pro Passagier [min]	∅ Reisezeit pro Passagier [min]	Servicequalität [%]	∅ Wartezeit pro Passagier [min]	∅ Reisezeit pro Passagier [min]
Bus	70	30	4	70	30	4
1 DRT	35	45	2	35	50	2
2 DRT	70	25	3	75	40	4
3 DRT	70	7	3	95	15	5
4 DRT	70	5	3	95	6	5
5 DRT	70	3	3	95	4	5
6 DRT	70	3	3	95	3	5